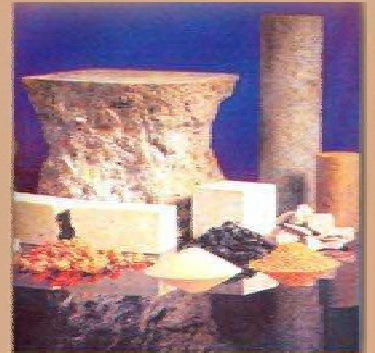
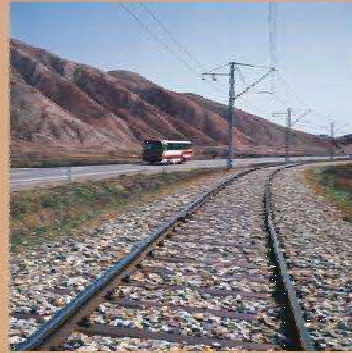
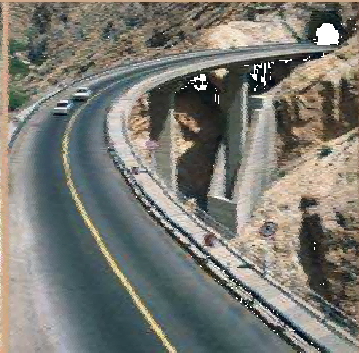


وزارت راه و ترابری
آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مجموعه استانداردهای ترجمه شده شرکت
مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



آسفالت

۶	AASHTO T30	آزمایش دانه بندی مکانیک سنگدانه حاصله از اکستراکشن
۹	AASHTO T164	تعیین مقدار قیر استخراج شده از مخلوطهای آسفالتی گرم
۲۲	AASHTO T166	تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم با استفاده از نمونه های اشباع شده با سطح خشک
۲۸	AASHTO T168	نمونه گیری از آسفالت جاده
۳۵	AASHTO T245	مقاومت مخلوطهای آسفالتی در آستانه تغییر شکل پلاستیک با استفاده از دستگاه مارشال
۴۹	AASHTO T275	تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم با پارافین
۵۴	AASHTO T283	پایداری مخلوط های آسفالتی متراکم شده در برابر خرابی های رطوبتی
۶۲	ASTM D5	تعیین درجه نفوذ مواد قیری
۷۲	ASTM D36	تعیین نقطه نرمی قیر
۸۲	ASTM D70	تعیین دانسیته مواد قیری نیمه جامد
۸۹	ASTM D88	تعیین کند روانی سیبوت
۱۰۵	ASTM D92	تعیین نقطه اشتعال و نقطه شعله ور شدن قیر
۱۱۴	ASTM D95	تعیین مقدار آب در فرآورده های نفتی و مواد قیری به واسطه تقطیر
۱۲۲	ASTM D113	تعیین میزان انگمی مواد قیری
۱۲۷	ASTM D139	شناوری مواد قیری
۱۳۴	ASTM D140	نمونه گیری مواد قیری
۱۴۷	ASTM D402	تقطیر فرآورده های قیر محلول
۱۶۰	ASTM D979	نمونه گیری از مخلوطهای آسفالتی
۱۶۶	ASTM D1075	تأثیر آب بر مقاومت فشاری مخلوطهای آسفالتی متراکم شده
۱۶۹	ASTM D1188	تعیین وزن مخصوص و دانسیته حقیقی مخلوطهای آسفالتی کوبیده شده با پارافین
۱۷۳	ASTM D1559	مقاومت مخلوطهای آسفالتی در برابر تغییر شکل پلاستیک با دستگاه مارشال
۱۸۷	ASTM D1664	آزمایش پوشش و عریان شدگی مخلوطهای قیر مصالح سنگی
۱۹۴	ASTM D1754	آزمایش اثر حرارت و هوا بر مواد قیری
۲۰۲	ASTM D2041	تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوطهای آسفالتی
۲۲۰	ASTM D2042	تعیین حلالیت مواد قیری در تری کلرواتیلن
۲۲۶	ASTM D2170	تعیین کند روانی کینما تیک قیرها
۲۵۰	ASTM D2171	تعیین کند روانی قیرها به وسیله کندروانی سنج مؤین دارای سیستم خلاء
۲۶۹	ASTM D2172	تعیین میزان کمی قیر در مخلوطهای روسازی
۲۸۲	ASTM D2726	تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوطهای آسفالتی متراکم به روش اشباع سطح خشک
۲۹۰	ASTM D2872	اثر حرارت و هوا بر قشر نازک متحرک قیر (آزمایش قیرگردان قیر در گرمخانه RTFO)
۳۰۰	ASTM D2995	تعیین میزان پخش مواد قیری
۳۰۷	ASTM D3625	تأثیر آب بر پوشش قیری مصالح سنگی با استفاده از آب جوش
۳۱۰	ASTM D4123	آزمایش کشش غیر مستقیم جهت تعیین مدول برجهندگی مخلوط آسفالتی
۳۱۵	ASTM D4469	محاسبه درصد جذب قیر مصالح سنگی در مخلوطهای روسازی آسفالتی
۳۲۶	ASTM D5361	نمونه گیری از مخلوطهای آسفالتی متراکم شده برای آزمایش آزمایشگاهی
۳۳۰	ASTM E102	آزمایش برای تعیین ویسکوزیته سیبوت فورول مواد قیری در دمای بالا

بتن

۳۳۶	ASTM C31	روش عمل آوری نمونه های بتن
۳۳۹	ASTM C39	تعیین مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای بتن
۳۵۰	ASTM C42	روش استاندارد اخذ نمونه های مغزه و تیرهای منشوری و آزمایش آنها
۳۶۲	ASTM C109	مقاومت فشاری ملات سیمان هیدرولیک

۳۷۳.....	روشهای آزمایش برای تجزیه شیمیایی سیمان هیدرولیک	ASTM C114
۳۹۹.....	استاندارد آزمایش افت (اسلامپ) بتن سیمان هیدرولیکی	ASTM C143
۴۰۳.....	مشخصات استاندارد برای سیمان پرتلند	ASTM C150
۴۱۵.....	انبساط اتو کلاو سیمان پرتلند	ASTM C151
۴۲۰.....	دستورالعمل استاندارد نمونه برداری از بتن تازه مخلوط شده	ASTM C172
۴۲۴.....	مقدار هوای ملات سیمان هیدرولیک	ASTM C185
۴۳۰.....	روش آزمایش استاندارد برای حرارت هیدراتاسیون سیمان هیدرولیک	ASTM C186
۴۴۴.....	تعیین غلظت نرمال سیمان هیدرولیکی	ASTM C187
۴۴۸.....	روش آزمایش برای تعیین دانسیته سیمان هیدرولیکی	ASTM C188
۴۵۷.....	روش استاندارد برای تعیین مقاومت کششی ملاتهای سیمان هیدرولیک	ASTM C190
۴۶۱.....	تعیین زمان گیرش سیمان هیدرولیک به وسیله سوزن ویکات	ASTM C191
۴۶۵.....	تعیین نرمی سیمان پرتلند توسط دستگاه نفوذپذیری هوا	ASTM C204
۴۷۸.....	تعیین مقدار هوای مخلوط بتن تازه با روش فشار	ASTM C231
۴۹۷.....	مشخصات استاندارد مربوط به افزودنی های هوازا برای بتن	ASTM C260
۵۰۳.....	روش آزمایش استاندارد تعیین زمان گیرش خمیر سیمان هیدرولیکی توسط سوزنهای گلیمور	ASTM C266
۵۰۷.....	روش استاندارد برای مخلوط کردن خمیر ملات سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری	ASTM C305
۵۱۱.....	تعیین مقاومت خمشی ملاتهای سیمان هیدرولیکی	ASTM C348
۵۲۲.....	تعیین زمان گیرش بتن به طریق مقاومت در برابر نفوذ	ASTM C403
۵۳۱.....	اندازه گیری قابلیت انبساط ملات سیمان پرتلند که در معرض سولفات قرار دارد	ASTM C452
۵۳۷.....	تعیین مدول الاستیسیته و نسبت پواسون بتن در در آزمایش فشاری	ASTM C469
۵۴۶.....	افزودنیهای شیمیایی به بتن	ASTM C494
۵۶۳.....	تعیین مقاومت کششی نمونه های استوانه ای بتن به روش دو نیم شدن	ASTM C496
۵۷۰.....	اندود کردن نمونه های استوانه ای بتن	ASTM C617
۵۸۱.....	تعیین مقاومت بتن در برابر یخ زدن و ذوب شدن سریع	ASTM C666
۵۹۷.....	تعیین انبساط منشورهای ملاتی ساخته شده از سیمان هیدرولیکی نگهداری شده در آب	ASTM C1038
۶۰۲.....	تعیین دمای مخلوط تازه بتن سیمان پرتلند	ASTM C1064
۶۰۵.....	تعیین مقدار سیمان در مخلوط بتن تازه	ASTM C1078
۶۲۵.....	تعیین مقدار آب بتن تازه	ASTM C1079
۶۴۰.....	تعیین روانی ملات سیمان هیدرولیکی	ASTM C1437
۶۴۴.....	تعیین دانسیته و وزن مخصوص خاک در محل به وسیله بالن پلاستیکی	ASTM D2167
۶۵۶.....	تعیین خواص تحکیم یک بعدی خاکها با استفاده از بارگذاری یا کرنش کنترل شده	ASTM D4186
۶۶۸.....	آزمایش بارگذاری ثقلی سقف های صاف و کف ها	ASTM E196
۶۷۴.....	BS1881part101 نمونه برداری از بتن تازه در کارگاه	
۶۸۱.....	BS1881part102 روش اندازه گیری اسلامپ	
۶۸۷.....	BS1881part108 روش تهیه نمونه های مکعبی از بتن	
۶۹۳.....	BS1881part111 روش عمل آوری نمونه های بتن	
۶۹۷.....	BS1881part116 اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه های مکعبی بتن	
۷۰۴.....	BS1881part125 روشهای اختلاط و نمونه گیری از بتن تازه در آزمایشگاه	

خاک و سنگ و مصالح سنگی

۷۱۲.....	روش استاندارد نمونه برداری از مصالح سنگی	AASHTO T2
۷۲۲.....	دانه بندی مصالح سنگی ریزدانه و درشت دانه بالک	AASHTO-T27
۷۳۳.....	آزمایش دانه بندی مکانیک سنگدانه حاصله از اکستراکشن	AASHTO T30
۷۳۶.....	تعیین حد روانی خاک	AASHTO T89

۷۵۰.....	تعیین حد خمیری و نشانه خمیری خاکها	AASHTO T90
۷۵۶.....	تعیین افت وزنی مصالح سنگی در برابر یخبندان و گرما	AASHTO T103
۷۶۴.....	آزمایش ارزش ماسه ای	AASHTO T176
۷۷۹.....	آزمایش تراکم خاک	AASHTO T180
۷۹۴.....	آزمایش دانسیته در محل بروش مخروط ماسه	AASHTO T191
۸۰۲.....	تصحیح حداکثر دانسیته خاکهای حاوی ذرات درشت دانه در آزمایش تراکم خاک	AASHTO T224
۸۰۹.....	کاهش مقدار نمونه های مصالح سنگی به مقدار مورد نیاز برای آزمایش	AASHTO T248
۸۱۶.....	تعیین وزن مخصوص و درصد فضای خالی مصالح سنگی	ASTM C29
۸۲۸.....	ناخالصی های آلی در مصالح ریزدانه که برای ساختن بتن به کار می رود	ASTM C40
۸۳۱.....	اندازه گیری رطوبت سطحی سنگدانه های ریز	ASTM C70
۸۳۵.....	تعیین افت وزنی در مقابل سولفات سدیم یا منیزیم	ASTM C88
۸۴۵.....	مصالح ریزتر از ۷۵ میکرومتر در مصالح دانه ای معدنی	ASTM C117
۸۵۲.....	تعیین مقدار دانه های سبک در مصالح سنگی	ASTM C123
۸۵۷.....	آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آن سنگدانه های درشت	ASTM C127
۸۶۹.....	آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب سنگدانه های ریز	ASTM C128
۸۸۱.....	آزمایش تعیین مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح سنگی ریز دانه	ASTM C131
۸۸۶.....	تعیین مقدار کلوخه های رسی و ذرات ترد در مصالح سنگی	ASTM C142
۸۹۰.....	آزمایش فعل و انفعال قلیایی مصالح	ASTM C289
۹۰۰.....	پتروگرافی در مصالح سنگی بتن	ASTM C295
۹۲۲.....	آزمایش تعیین مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح سنگی درشت دانه	ASTM C535
۹۲۸.....	تعیین مقاومت خراشی درشت دانه ها	ASTM C851
۹۳۲.....	اندازه گیری یون سولفات در آب	ASTM D516
۹۳۸.....	تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی استاندارد	ASTM D698
۹۷۲.....	آزمایش تعیین وزن مخصوص خاکها	ASTM D854
۹۸۸.....	ظرفیت باربری خاک برای بارگذاری استاتیکی و پی های منفرد	ASTM D1194
۹۹۲.....	آزمایش بارگذاری صفحه ای استاتیکی مکرر خاکها و اجزای روسازی های انعطاف پذیر	ASTM D1195
۹۹۷.....	آزمایش بارگذاری صفحه ای استاتیکی غیر مکرر خاکها و اجزای روسازی های انعطاف پذیر	ASTM D1196
۱۰۰۱.....	اندازه گیری کلروهای محلول در آب	ASTM D1411
۱۰۰۹.....	دانسیته در محل	ASTM D1556
۱۰۲۵.....	تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی اصلاح شده	ASTM D1557
۱۰۴۹.....	آزمایش نفوذ و نمونه گیری از خاکها با لوله شکافدار	ASTM D1586
۱۰۶۰.....	نمونه گیری خاکها با استفاده از لوله های جدار نازک	ASTM D1587
۱۰۶۶.....	روشهای استاندارد برای تعیین ذرات معلق، مواد محلول جامد، نامحلول	ASTM D1888
۱۰۸۰.....	روش استاندارد آزمایش برای تعیین مقاومت فشاری محدود نشده	ASTM D2166
۱۰۸۹.....	روش استاندارد آزمایش برای کالیبراسیون چکش مکانیکی آزمایشگاهی متراکم کننده های خاک	ASTM D2168
۱۱۰.....	تعیین درصد رطوبت خاک و سنگ بر مبنای جرم در آزمایشگاه	ASTM D2216
۱۱۱۱.....	روش استاندارد آزمایش نفوذپذیری خاکهای دانه ای ارتفاع ثابت	ASTM D2434
۱۱۲۱.....	آزمایش تعیین خصوصیات تحکیم یک بعدی خاکها	ASTM D2435
۱۱۴۶.....	برش پره ای صحرائی در خاکهای چسبنده	ASTM D2573
۱۱۵۳.....	مقاومت فشاری سه محوری زهکشی نشده مغزه سنگ بدون اندازه گیری فشار منفذی	ASTM D2664
۱۱۵۹.....	آزمایش مقاومت فشاری تحکیم شده زهکشی نشده خاکهای چسبنده در سه محوری	ASTM D2850
۱۱۷۵.....	تعیین دانسیته خاک در محل با استوانه پیشرو	ASTM D2937
۱۱۸۴.....	آزمایش مقاومت فشاری تک محوری نمونه های سنگ سالم	ASTM D2938
۱۱۹۰.....	آزمایش برش مستقیم خاکها تحت شرایط تحکیم یافته زهکشی شده	ASTM D3080
۱۲۰۶.....	روش استاندارد تعیین مقاومت فشاری تک محوری سنگ	ASTM D 3148

۱۲۱۷.....	اندیس شکل و بافت ذرات.....	ASTM D3398
۱۲۲۶.....	آزمایش نفوذ مخروط اصطکاکی و مخروط شبه استاتیک در عمق خاک.....	ASTM D3441
۱۲۴۱.....	شاخص دوام مصالح سنگی.....	ASTM D3744
۱۲۵۸.....	روش تعیین مقاومت کششی غیرمستقیم سنگ (برزیلین).....	ASTM D3967
۱۲۶۴.....	خاصیت واگرایی خاکهای رسی بوسیله هیدرومتری مضاعف.....	ASTM D4221
۱۲۷۰.....	تعیین دانسیته ماکزیمم خاکها با استفاده از میر مرتعش.....	ASTM D4253
۱۳۰۰.....	اندیس دانسیته حداقل خاکها و محاسبه دانسیته نسبی.....	ASTM D4254
۱۳۱۶.....	روش استاندارد تعیین حد روانی - خمیری و دامنه خمیری.....	ASTM D4318
۱۳۳۹.....	آزمایش دانسیته گل حفاری بنتونیت.....	ASTM D4380
۱۳۴۲.....	آزمایش درصد حجمی ماسه موجود در گل حفاری بنتونیت.....	ASTM D4381
۱۳۴۶.....	آزمایش CBR خاکها در محل.....	ASTM D4429
۱۳۵۵.....	استاندارد تهیه نمونه های استوانه ای از سنگ.....	ASTM D4543
۱۳۶۱.....	آزمایش تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاکهای چسبنده.....	ASTM D4546
۱۳۷۹.....	تعیین دانسیته خاک در محل با روش اسیلو.....	ASTM D4564
۱۳۹۸.....	تعیین درصد رطوبت خاک با گرمایش گرمخانه میکروویو.....	ASTM D4643
۱۴۰۷.....	تعیین دوام آبدیدگی شیل و سنگهای ضعیف مشابه.....	ASTM D4644
۱۴۱۲.....	شناسایی و طبقه بندی خاکهای واگرا (سوراخ سوزنی).....	ASTM D4647
۱۴۳۳.....	اصلاح وزن مخصوص و درصد رطوبت خاکهای حاوی ذرات درشت.....	ASTM D4718
۱۴۳۸.....	آزمایش پرسیومتری.....	ASTM D4719
۱۴۶۰.....	آزمایش سه محوری تحکیم یافته زهکشی نشده خاکهای چسبنده.....	ASTM D4767
۱۴۸۷.....	آزمایش شاخص تورم خاک.....	ASTM D4829
۱۴۹۶.....	آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل بروش جابجایی ماسه.....	ASTM D4914
۱۵۲۵.....	تعیین PH خاک.....	ASTM D4972
۱۵۳۱.....	دانسیته در محل به وسیله آزمایش جابجائی آب در یک چاله آزمایش.....	ASTM D5030
۱۵۶۷.....	روش استاندارد آزمایش تعیین شاخص مقاومت بار نقطه ای سنگ.....	ASTM D5731
۱۵۸۱.....	تعیین درصد ذرات شکسته در مصالح سنگی درشت دانه.....	ASTM D5821
۱۵۸۹.....	اندازه گیری خواص اصطکاکی سطح با استفاده از دستگاه پاندول انگلیسی.....	ASTM E303
۱۵۹۶.....	اندازه گیری صحرایی مقاومت الکتریکی خاکها با استفاده از روش چهار الکترودی و نر.....	ASTM G57
۱۶۰۶.....	تعیین ضریب تورق مصالح درشت دانه.....	BS 812-105.1
۱۶۱۴.....	تعیین ضریب تطویل مصالح درشت دانه.....	BS 812-105.2
۱۶۲۰.....	آزمایش ده درصد ریزدانه.....	BS 812part3
۱۶۲۳.....	تعیین انقباض خطی بخش عبوری از الک ۴۲۵ میکرون خاکها.....	BS 1377Part2
۱۶۲۶.....	آزمایشهای فشاری سه محوری CD , CU جهت تعیین پارامترهای مقاومتی خاک.....	BS 1377Part8
۱۶۷۵.....	بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری.....	
۱۶۹۴.....	روش پیشنهادی تعیین مقاومت فشاری سه محوری سنگ.....	ISRM
۱۶۹۸.....	روش پیشنهادی تعیین مقاومت کششی غیرمستقیم سنگ با آزمایش برزیلی.....	ISRM
۱۷۰۱.....	روش پیشنهادی تعیین مقاومت برش مستقیم آزمایشگاهی.....	ISRM
۱۷۰۸.....	تعیین شاخص دوام آبدیدگی.....	ISRM
۱۷۱۲.....	تعیین مقاومت فشاری تک محوری و تغییر شکل پذیری سنگ.....	ISRM
۱۷۱۹.....	دستورالعمل آزمایش نفوذ پذیری صحرایی به روش لوفران و لوژان.....	
۱۷۳۱.....	آزمایش تراکم برای خاک شن دار.....	USBR E38
۱۷۴۹.....	آزمایش VSS.....	VSS
۱۷۵۳.....	روش کانادایی استاندارد آزمایش یخبندان برای مصالح درشت دانه.....	

استانداردهای

آسفالت



AASHTO : T 30-84

روش استاندارد دانه بندی مکانیکی سنگدانه حاصله از اکستراکشن

۱- هدف

این روش بیانگر آزمایشی است که در آن با استفاده از الکهای دارای سوراخهای مربع شکل نحوه توزیع مصالح سنگی ریز و درشت حاصل از اکستراکشن مخلوطهای آسفالتی با توجه به ابعاد آنها تعیین می شود.

۲- استانداردهای بکارگرفته شده

۱-۲ استانداردهای آشتو :

M92 الکهای سیمی مورد استفاده در آزمایشات

M231 وزنه ها و ترازوهای مورد استفاده در آزمایشات راهسازی

T164 تجزیه کمی قیر استخراج شده از روسازی آسفالتی

۲-۲ استانداردهای ASTM :

C117 استخراج مواد ریزتر از $75 \mu\text{m}$ (الک شماره ۲۰۰) در سنگدانه های معدنی بوسیله شستشو

C136 دانه بندی مصالح سنگی ریز و درشت دانه با استفاده از الک

C670 استاندارد عملی برای تعیین صحت آزمایشات در مصالح ساختمانی

D2172 تجزیه کمی قیر استخراج شده از روسازی های آسفالتی

۳- اهمیت و کاربرد

۱-۳ این روش برای تعیین دانه بندی مصالح سنگی بدست آمده از تجزیه مخلوطهای آسفالتی بکارگرفته می شود. نتایج حاصله جهت مطابقت دانه بندی مصالح سنگی با مشخصات مورد نیاز استفاده می شود و همچنین اطلاعات ضروری جهت کنترل فرآیند تولید سنگدانه های مختلف که در مخلوطهای آسفالت مصرف می شوند ، بدست می آید.

۴- وسایل مورد نیاز

۱-۴ لوازم مورد نیاز عبارتند از :

۱-۱-۴ ترازوها یا باسکولها و وزنه های آنها بایستی براساس ضوابط استاندارد M231 و متناسب با وزن نمونه تهیه شوند.

۲-۱-۴ الک ها بایستی با سوراخ های مربع شکل و قاب مناسب اختیار شوند تا در حین الک کردن مصالح از آن به پیروزیخته نشوند. اندازه الکهای مورد استفاده براساس مشخصات مصالح تحت آزمایش انتخاب می شوند. الکهای سیمس باید شرایط استاندارد M92 را دارا باشند.



۵- نمونه

۱-۵ نمونه شامل کل یا بخشی از سنگدانه هایی است که با استفاده از بخش ۵ استاندارد آشتو T164، قسمت قیری آنها جدا شده است.

۶- طریقه عمل

۱-۶ نمونه باید تا حدی خشک شود که در اثر دوباره خشک کردن در دمای $(23.0 \pm 0.5 \text{ C}^\circ)$ $(73.4 \pm 0.9 \text{ F}^\circ)$ $11.0 \pm 0.5 \text{ C}^\circ$ تغییرات وزن آن از ۱/۱ درصد تجاوز نکند. وزن کل مصالح سنگی موجود در مخلوط آسفالتی آزمایش شده برابر مجموع وزن سنگدانه های خشک شده و مواد معدنی موجود در قیر استخراج شده می باشد. مواد معدنی موجود برابر مجموع وزن خاکستر قیر استخراج شده و افزایش وزن فیلتر است که براساس T164 تعیین می شود.

۲-۶ برای انجام آزمایش، نمونه را پس از آنکه خشک و توزین شد، در ظرف مورد نظر ریخته و سطح آن را با آب می پوشانیم. با افزودن مقدار کافی آب، می توان ذرات ریزتر از الک 0.075 mm را از ذرات، درشت تر تفکیک کرد. محتویات ظرف را به شدت تکان داده و بلافاصله آب شستشو را از بین دو الک $2/00$ یا $1/18$ میلیمتر و الک $0/075$ میلیمتر عبور می دهیم.

استفاده از یک قاشق بزرگ برای هم زدن و تکان دادن سنگدانه در آب شستشو مفید می باشد.

توجه: افزودن عامل پراکنده مانند Joy, Calgon یا سایر شوینده ها (دترجنت ها) جدا شدن ذرات ریز را تسریع خواهد کرد.

۳-۶ شدت و سرعت تکان باید برای تفکیک کامل ذرات درشت از ذرات ریز عبور کرده از الک $0/075 \text{ mm}$ کافی بوده و آنها را به شکل سوسپانسیون درآورد تا بتوان آنها را باخالی کردن آب شستشو جدا نمود. باید دقت کرد که آب ذرات درشت نمونه را بیرون نریزید و عمل شستشو باید ادامه یابد تا آب حاصل از شستشو زلال شود.

۴-۶ تمامی مصالح باقی مانده روی الک به ظرف بازگردانده می شوند و سنگدانه شستشو داده شده را در دمای $(23.0 \pm 0.5 \text{ C}^\circ)$ $(73.4 \pm 0.9 \text{ F}^\circ)$ تا وزن ثابت خشک نموده و با تقریب ۱/۱ درصد وزن کنید.

۵-۶ سپس سنگدانه را با الک هایی که اندازه آنها براساس مشخصات مخلوط تعیین می شود و شامل الک شماره $0/075 \text{ mm}$ می باشد الک می کنند مقدار عبور کرده از هر الک و مانده بر روی الک بعدی و مقدار عبوری از الک $0/075 \text{ mm}$ را وزن کرده و یادداشت می کنیم. مجموع وزن های بدست آمده بایستی با وزن خشک پس از شستشو با تقریب ۲/۰ درصد وزن کل مصالح تطبیق داشته باشد. وزن مصالح خشک عبوری از الک شماره $0/075 \text{ mm}$ عبارت است از وزن مواد معدنی موجود در قیر و وزن مصالحی است که در اثر شستشو بدست آمده و وزن مصالح خشکی که با دانه بندی خشک از الک شماره $0/075 \text{ mm}$ عبور



کرده است. اگر لازم است وزن مصالح عبوری از الک 0.075mm کنترل شود می توان مواد شسته شده از الک شماره 0.075mm را باعمل تبخیر خشک کرد و یا با کاغذ فیلتری که بلافاصله خشک و وزن می شود صاف کرد. درصد وزن مصالح مانده روی الکهای مختلف و درصد وزن کل عبور کرده از الک شماره 0.075mm نسبت به وزن کل سنگدانه موجود در مخلوط قیری، (بخش ۱-۶) از طریق محاسبه بدست می آید.

۷- گزارش

۱-۷ نتایج آنالیز با الکهای بشرح ذیل گزارش می گردد.

a) کل درصدهای عبوری هر الک یا b) کل درصد های مانده روی هر الک یا c) درصدهای مانده بین الکهای متوالی و پشت سرهم که انتخاب هریک از آنها بستگی به مشخصات مورد استفاده آزمایش دارد. درصدها باید به نزدیکترین عدد صحیح گزارش شوند. بااستثناء درصد عبوری الک شماره 0.075mm که باید با تقریب 0.1 درصد گزارش شود.

۸- دقت

۱-۸ انحراف استاندارد چند آزمایشگاه برای سنگدانه هایی که حداکثر اندازه اسمی ذرات درشت آن 19mm ($\frac{3}{4}\text{in}$) و درصد عبوری آن از الک $75\ \mu\text{m}$ (الک شماره ۲۰۰) از $1/5$ درصد کمتر است حدود 0.22 درصد می باشد. لذا اختلاف نتایج دو آزمایش صحیح بر روی نمونه هایی که سنگدانه های درشت آن یکسان است امام در دو آزمایشگاه انجام شده است نباید از 0.62 درصد تجاوز نماید. انحراف استاندارد تک اپراتوری 0.10 درصد است. بنابراین اختلاف نتایج دو آزمایش صحیح که توسط یک اپراتور بر روی مصالح سنگی درشت یکسان انجام شده است نباید از 0.28 درصد تجاوز نماید.



روش استاندارد آزمون

تعیین مقدار قیر استخراج شده از مخلوط‌های آسفالتی گرم (HMA)

AASHTO Designation: T164-06

ASTM Designation: D2172-01

۱ هدف

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین مقدار قیر در مخلوط‌های روسازی آسفالت گرم و نمونه‌های آسفالتی روسازی می‌باشد. مصالح سنگی به‌دست آمده از این روش‌ها ممکن است برای انجام آزمون دانه‌بندی مطابق با استاندارد T30 استفاده شود.

۲-۱ در این استاندارد، مقادیر بیان شده برحسب واحدهای SI می‌باشند.

۳-۱ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین استفاده‌کننده از این استاندارد موظف است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده، قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند. محدوده‌های احتیاط ویژه در بند ۷ ارائه شده است.

یادآوری ۱ - نتایج به‌دست آمده از این روش‌های آزمون ممکن است متاثر از سن مصالح مورد آزمون باشند. نمونه‌های قدیمی‌تر درصد قیر کمتری می‌دهند. بهترین نتایج کمی وقتی به‌دست می‌آید که آزمون بر روی مخلوط‌ها و روسازی‌ها پس از زمان کوتاهی بعد از آماده شدن انجام گیرد. در مورد برخی از مصالح سنگی، جدا کردن کل قیر مشکل است. ممکن است مقداری از محلول‌ها، درون مواد معدنی باقی مانده و بر روی مقدار قیر اندازه‌گیری شده، اثر بگذارد.

۲ مراجع

۱-۲ استانداردهای AASHTO

M 231، ابزار توزین مصالح.

R 16، ضوابط مقرر شده برای مواد شیمیایی مورد استفاده در آزمون‌های AASHTO.

T 30، آنالیزهای مکانیکی مصالح استخراج شده.

T 44، شناوری مواد قیری.

T 84، وزن مخصوص و جذب آب مصالح سنگی ریزدانه.

T 110، تعیین رطوبت یا عصاره‌های فرار در آسفالت مخلوط گرم (HMA).

T 168، نمونه‌گیری از آسفالت جاده.



T 170، بازیابی قیر از محلول به روش آبسون.

T 228، وزن مخصوص مواد قیری نیمه جامد.

T 248، کاهش مقدار نمونه‌های مصالح تا رسیدن به مقدار مورد نیاز برای انجام آزمون.

۲-۲ استانداردهای ASTM

C 670، دستورالعمل تعیین دقت و انحراف برای روش‌های آزمون مصالح ساختمانی.

D 604، مشخصه سیلکا دیاتومه.

D 2111، روش تعیین وزن مخصوص محلول‌های آلی هالوژنی و ترکیبات آنها.

D 4080، مشخصه استاندارد تری کلرواتیلن، طبقه‌بندی کلی و عمومی.

D 6368، مشخصه استاندارد بخار پاک‌کن برومید پروپیل، طبقه‌بندی کلی و عمومی، برومید پروپیل نرمال.

۳ خلاصه روش آزمون

مخلوط آسفالتی گرم با تری کلرواتیلن، برومید پروپیل نرمال یا متیلن کلراید و تجهیزات استخراج که برای روش مورد نظر کاربرد دارند، استخراج می‌شود. استخراج‌کننده تریپن در روش‌های A یا E ممکن است کاربرد داشته باشد. مقدار قیر از تفاوت جرم مصالح سنگی استخراج شده، مقدار رطوبت و مواد معدنی استخراج شده محاسبه می‌شود. مقدار قیر به صورت درصد جرمی مخلوط‌های عاری از رطوبت گزارش می‌شود.

۴ اهمیت و کاربرد

۱-۴ تمامی روش‌های آزمون ذکر شده، می‌توانند برای تعیین میزان قیر در مخلوط‌های روسازی آسفالتی گرم و نمونه‌های روسازی برای پذیرش مشخصات، ارزیابی سرویس‌دهی، کنترل و تحقیقات استفاده شوند. هر روش، حلال‌ها و هر واکنش‌گر دیگری را که بتوانند در روش آزمون استفاده شوند، توصیه می‌کند. در روش آزمون استاندارد T170 وقتی که قیر از حلال بازیابی می‌شود، ضروری است که از روش A یا E (یادآوری ۲) استفاده شود.

یادآوری ۲ (مربوط به روش E) - دستگاه استخراج خلاء (بند ۲۱-۱-۱) می‌تواند با یک تله هوا ضمیمه شده در بالای نقطه انتهایی لوله نشان، ارتقاء یابد. این عمل به منظور بهبود جمع‌آوری ماده استخراج شده به کار می‌رود.

۵ لوازم آزمون

۱-۵ گرم‌خانه، با توانایی نگهداری دما در 110 ± 5 درجه سلسیوس (9 ± 230 درجه فارنهایت).

۲-۵ ظرف مسطح، با اندازه مناسب جهت گرم کردن آزمون‌ها.

۳-۵ ترازو، ترازو باید دارای ظرفیت کافی، قابلیت قرائت تا 0.1 درصد جرم نمونه یا بیشتر و مطابقت با الزامات استاندارد M231 را داشته باشد.



۴-۵ گرمکن صفحه داغ، برقی، با نرخ قابل تنظیم گرم کردن.

۵-۵ استوانه مدرج، با ظرفیت ۱۰۰۰ یا ۲۰۰۰ میلی لیتر (و یا استوانه مدرج اختیاری با ظرفیت ۱۰۰ میلی لیتر).

۶-۵ ظرف احتراق، دست کم با ظرفیت حداقل ۱۲۵ میلی لیتر.

۷-۵ دسیکاتور.

۶ معرفها

۱-۶ محلول کربنات آمونیوم، محلول اشباع معرف گروه آمونیوم کربنات $[(NH_4)_2CO_3]$.

۲-۶ متیلن کلراید، گروه صنعتی (هشدار - بند ۷ را ببینید).

۳-۶ برومید پروپیل نرمال مطابق ASTM D6368.

۴-۶ تری کلرو اتیلن، گروه صنعتی (یادآوری ۳)، مطابق ASTM D4080.

۵-۶ ترپن، ماده استخراج کننده، باید غیرسمی، غیر هالوژن دار بوده، بلافاصله قیر خالص مخلوطهای روسازی را حل کرده، محلول یکنواختی تشکیل دهد. ماده استخراج کننده باید به راحتی از مصالح باقی مانده بدون تشکیل ژل شسته شود. ماده استخراجی شسته شده از مصالح باید بلافاصله از خاک دیاتومه یا فیلتر عبور داده شود.

یادآوری ۳- تری کلرو اتیلن در هنگام بازیافت آسفالت از محلول ممکن است نیاز باشد (به T170 و یادآوری ۱ مراجعه شود).

یادآوری ۴- در هنگام استفاده از ترپن از گرمخانه‌های دارای هواکش استفاده شود.

۷ خطرات

۱-۷ محلول‌هایی که در بند ۶ ذکر شده‌اند از آنجایی که همه سمی هستند (استاندارد R16)، فقط باید زیر هواکش یا یک سیستم مناسب با تهویه خوب هوا استفاده شوند. تری کلرو اتیلن، متیلن کلراید و برومید پروپیل نرمال ممکن است در مجاورت گرما و رطوبت تولید اسید کنند که این اسید برای برخی فلزات به شدت خوردنده است، به‌ویژه اگر مدت زمان طولانی با هم در تماس باشند. باید دقت نمود تا این محلول‌ها حتی به مقدار کم در مخزن‌های برون‌ریز دستگاه استخراج کننده خلاء آلومینومی، باقی نمانند.

۲-۷ تری کلرو اتیلن، زمانی که در ظرف فولادی نگهداری می‌شود و به‌طور مداوم در مجاورت رطوبت باشد ممکن است تجزیه شده، تشکیل مایعات هیدروکربنی غیراشباع و کلرید هیدروژن دهد. ظروف فولادی حاوی تری کلرو اتیلن باید در محل خنک و خشک نگهداری شوند. درب ظرف‌ها باید بسته و به ندرت باز شوند. تری کلرو اتیلن باید در ظرف‌های تمیز و خشک با جداره شیشه‌ای قهوه‌ای تیره در آزمایشگاه نگهداری شود. کلرید هیدروژنی که از تجزیه تری کلرو اتیلن تولید می‌شود، ممکن است آسفالت را در طی استخراج و روش بازیافت آفسون (T170) سخت کند.



۳-۷ باید از قوانین فدرال و محلی هنگام حمل و نقل، استفاده، نگهداری و دور ریختن ماده استخراج شده و شستن با آب پیروی شود. این مورد قوانین آتش‌نشانی و همچنین آیین‌نامه عملکرد با فاضلاب را نیز شامل می‌شود. برچسبی که حاوی اطلاعاتی در مورد بی‌خطر بودن مواد است باید بر روی آنها نصب شوند. این مواد باید از مواد منفجره و آتش دور نگه‌داشته شوند. بهتر است از نگهداری پارچه آغشته به ماده استخراج‌شده پرهیز شود.

۸ نمونه‌گیری

۸-۱ نمونه‌گیری باید مطابق T168 باشد.

۸-۲ آماده‌سازی آزمونه‌ها

۸-۲-۱ اگر مخلوط به‌قدر کافی برای جدا کردن با یک کاردک یا ماله (کمچه) نرم نباشد، آن را در یک ظرف مسطح بزرگ قرار داده، در گرم‌خانه‌ای تا دمای 5 ± 110 درجه سلسیوس (9 ± 230 درجه فارنهایت) فقط تا زمانی که آن را بتوان مخلوط یا استفاده نمود، گرم کنید. مصالح را نصف یا چهار قسمت کنید تا مقدار جرم مصالح لازم برای آزمون به‌دست آید.

۸-۲-۲ اندازه آزمونه آزمون باید از حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی مخلوط پیروی کرده، با مقادیر جرم مندرج در جدول شماره ۱ مطابقت داشته باشد (یادآوری ۵).

یادآوری ۵- وقتی جرم آزمونه از ظرفیت تجهیزات بیشتر باشد (برای یک روش خاص)، آزمونه می‌تواند به قسمت‌های مناسب تقسیم و آزمون شود. نتایج برای محاسبه مقدار قیر به نحو مقتضی ترکیب شوند (بند ۱۲).

جدول شماره ۱ - اندازه نمونه

حداقل جرم نمونه (کیلوگرم)	حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی	
	اینچ	میلی‌متر
۰٫۵	شماره ۴	۴٫۷۵
۱	$\frac{3}{8}$ اینچ	۹٫۵
۱٫۵	$\frac{1}{2}$ اینچ	۱۲٫۵
۲	$\frac{3}{4}$ اینچ	۱۹٫۰
۳	۱ اینچ	۲۵٫۰
۴	$1\frac{1}{2}$ اینچ	۳۷٫۵



۳-۲-۸ اگر مخلوط آسفالتی حاوی رطوبت باشد (یادآوری ۷)، یک نمونه برای تعیین رطوبت در مخلوط (بند ۹) لازم است. بلافاصله پس از اخذ نمونه استخراجی، این نمونه را از باقی مانده نمونه مخلوط، بگیرید. یادآوری ۶- اگر آزمون استخراج تنها برای بازیابی قیر از مخلوط بوده، درصد قیر معین نمی‌شود، تعیین درصد رطوبت لازم نیست.

۹ مقدار رطوبت

۱-۹ در صورت لزوم، مقدار رطوبت مخلوط را (بند ۳-۲-۸ را ببینید) مطابق T110 تعیین کنید.

یادآوری ۷- اگر بازیابی قیر از محلول به دست آمده از روش استخراج نیاز نباشد، به جای تعیین مقدار رطوبت قبل از استخراج، تمام نمونه‌ها در گرم‌خانه با حرارت ۱۴۹ تا ۱۶۳ درجه سلسیوس (۳۰۰ تا ۳۲۵ درجه فارنهایت) به مدت ۲ تا ۲٫۵ ساعت خشک می‌شوند.

۲-۹ جرم آب نمونه استخراجی را، W_2 (بند ۱-۱۲) با ضرب کردن درصد آب، (بند ۱-۹) در جرم نمونه استخراجی، W_1 (بند ۱-۱۲) محاسبه کنید.



جدول ۲- معادل واحدهای اندازه‌گیری شکل‌ها

میلی‌متر	اینچ	میلی‌متر	اینچ	میلی‌متر	اینچ
۰/۸	$\frac{1}{32}$	۴۲/۹	$1\frac{1}{16}$	۱۵۵/۶	$6\frac{1}{8}$
۱/۶	$\frac{1}{16}$	۴۴/۵	$1\frac{3}{4}$	۱۵۷/۲	$6\frac{3}{16}$
۲/۰	$\frac{5}{64}$	۴۷/۶	$1\frac{7}{8}$	۱۵۸/۸	$6\frac{1}{4}$
۳/۲	$\frac{1}{8}$	۵۰/۸	۲	۱۶۳/۵	$6\frac{7}{16}$
۴/۰	$\frac{5}{32}$	۵۵/۶	$2\frac{3}{16}$	۱۶۵/۱	$6\frac{1}{2}$
۴/۸	$\frac{3}{16}$	۵۶/۴	$2\frac{7}{32}$	۱۸۷/۳	$7\frac{3}{8}$
۵/۶	$\frac{7}{32}$	۵۷/۲	$2\frac{1}{4}$	۲۰۳/۲	۸
۶/۴	$\frac{1}{4}$	۵۸/۷	$2\frac{5}{16}$	۲۴۷/۷	$9\frac{3}{4}$
۷/۹	$\frac{5}{16}$	۶۳/۵	$2\frac{1}{2}$	۲۵۴/۰	۱۰
۹/۵	$\frac{3}{8}$	۶۶/۷	$2\frac{5}{8}$	۲۵۷/۲	$10\frac{1}{8}$
۱۲/۷	$\frac{1}{2}$	۷۱/۴	$2\frac{13}{16}$	۲۶۰/۴	$10\frac{1}{4}$
۱۵/۹	$\frac{5}{8}$	۷۶/۲	۳	۲۷۹/۴	۱۱
۱۹/۱	$\frac{3}{4}$	۸۸/۹	$3\frac{1}{2}$	۳۰۴/۸	۱۲
۲۵/۴	۱	۹۵/۳	$3\frac{3}{4}$	۳۲۰/۷	$12\frac{5}{8}$
۲۸/۶	$1\frac{1}{8}$	۱۰۱/۶	۴	۳۳۰/۲	۱۳
۳۰/۲	$1\frac{3}{16}$	۱۰۸/۰	$4\frac{1}{4}$	۳۴۲/۹	$13\frac{1}{2}$
۳۵/۷	$1\frac{13}{32}$	۱۲۷/۰	۵	۳۵۵/۶	۱۴
۳۸/۱	$1\frac{1}{2}$	۱۳۸/۱	$5\frac{7}{16}$	۳۶۸/۳	$14\frac{1}{2}$
۴۰/۵	$1\frac{19}{32}$	۱۴۹/۲	$5\frac{7}{8}$	۳۸۴/۲	$15\frac{1}{8}$
۴۱/۳	$1\frac{5}{8}$	۱۵۲/۴	۶	۳۹۳/۷	$15\frac{1}{2}$
۴۷/۶	$1\frac{7}{8}$	۱۵۴/۸	$6\frac{3}{32}$	۴۰۶/۴	۱۶
۰/۹ میلی‌متر ۱/۲ میلی‌متر	۲۰ gage ۱۸ gage	۳/۲ میلی‌متر ۴/۷۵ میلی‌متر	# ۸B&S چشمه شماره ۴	۲۶qt	۲۴/۶L



روش A

۱۰ لوازم آزمون

۱-۱۰ علاوه بر لوازم ذکر شده در بند ۵، برای روش A لوازم زیر لازم است:

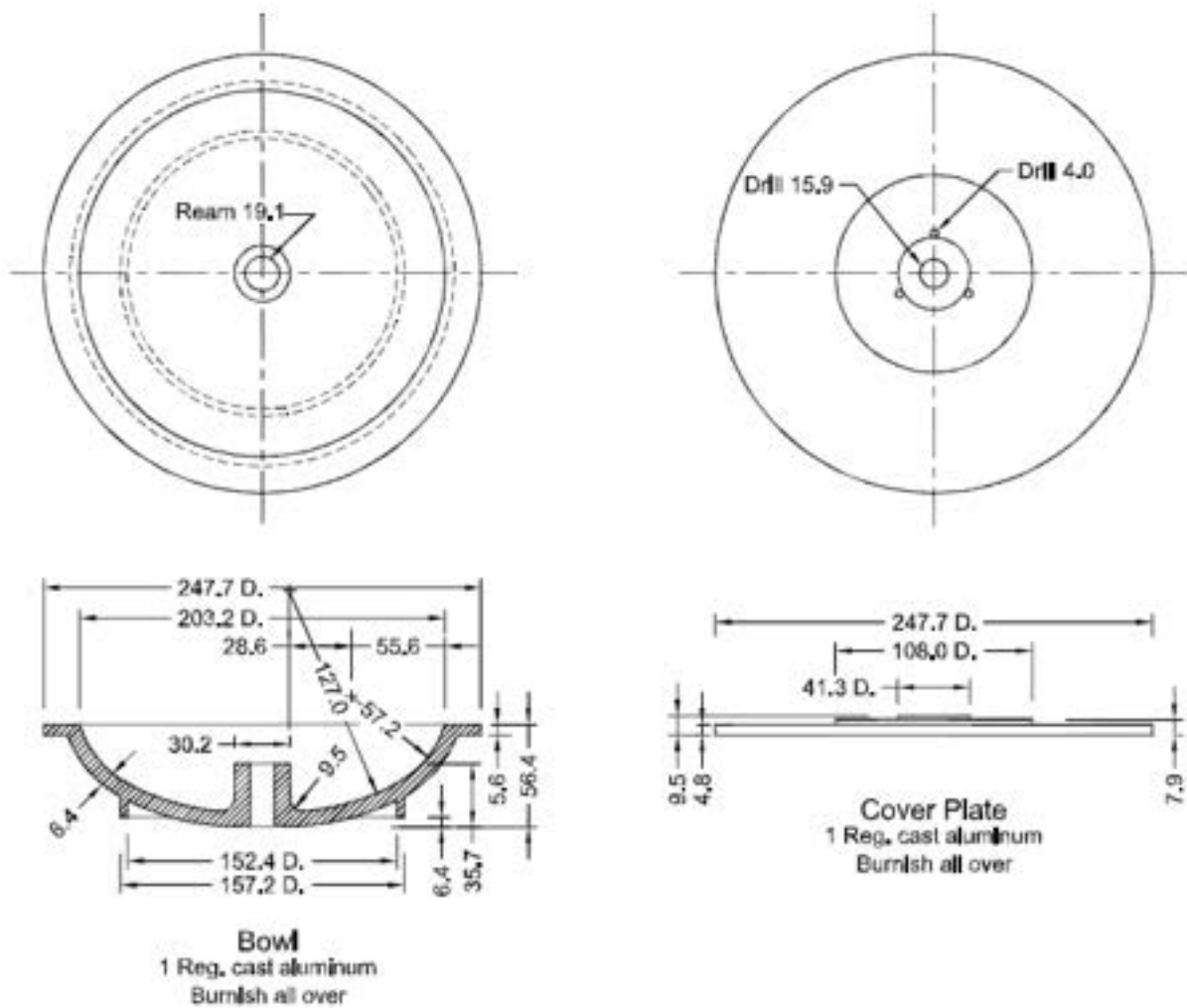
۱-۱-۱۰ وسایل استخراج، شامل یک کاسه تقریباً مشابه به آنچه در شکل ۱ نشان داده شده است و وسایل داخل کاسه که می‌توانند با سرعت متغیر قابل کنترل تا ۳۶۰۰ دور در دقیقه بچرخند. سرعت چرخش می‌تواند دستی یا با یک سرعت چرخش از قبل تنظیم شده، کنترل شود. وسایل استخراج باید به ظرفی برای جمع کردن حلال که به اطراف پاشیده می‌شوند و نیز به یک لوله تخلیه برای انتقال حلال مجهز باشد. وسایل ترجیحاً باید ویژگی ضد انفجاری داشته و در زیر هواکش که مجهز به سیستم خروجی تهویه هوا باشد، نصب شوند.

یادآوری ۸- از وسایل مشابه با اندازه بزرگتر می‌تواند استفاده شود.

۱-۱-۱۰ حلقه‌های صافی، کاغذی یا نمدی متناسب با شیارهای کاسه.

۱-۱-۱۰ حلقه‌های صافی کاغذی با خاکستر کم مجاز است بجای حلقه صافی نمدی (۱-۱-۱۰) استفاده شود. چنین حلقه‌های صافی باید شامل کاغذ صافی کم خاکستری که در ضخامت 0.3 ± 1.27 میلی‌متر (0.05 ± 0.105 اینچ) جای گرفته، باشند. وزن اسمی کاغذ برای یک دسته (۵۰۰ برگه - ۶۳۵ در ۹۶۵ میلی‌متر) (۲۵ در ۳۸ اینچ) باید 150 ± 14 کیلوگرم (30 ± 330 پوند) باشد. مقدار خاکستر کاغذ نباید از ۰٫۲ درصد (تقریباً ۰٫۰۳۴ گرم برای هر حلقه) بیشتر باشد.

یادآوری ۹- در مواقعی که از ترپن به عنوان استخراج کننده استفاده می‌شود، لوازم و ستون باید مکرراً چرب شوند.



یادآوری: ابعاد برحسب میلی‌متر است (جدول شماره ۲ را برای معادل‌های واحدهای اندازه‌گیری ببینید).

شکل ۱- کاسه استخراج (روش A)

۱۱ روش آزمون

۱-۱- رطوبت مصالح را طبق بند ۹ تعیین کنید.

۲-۱۱ آزمون‌ها را داخل کاسه قرار دهید.

۳-۱۱ روی آزمون‌ها را با تری‌کلرو اتیلن، برومید پروپیل نرمال، متیلن کلراید و یا استخراج‌کننده‌ترین بپوشانید. زمان کافی (حداکثر یک ساعت) برای جدا کردن آزمون‌ها توسط حلال را منظور کنید. کاسه محتوی آزمون‌ها و حلال را در دستگاه استخراج قرار دهید. حلقه صافی را در گرم‌خانه‌ای با دمای 110 ± 5 درجه سلسیوس (230 ± 9 درجه فارنهایت) تا رسیدن به جرم ثابت خشک کرده، سپس در شیار کاسه جای دهید. درپوش روی کاسه را محکم کرده، ظرف مناسبی را زیر قسمت لوله تخلیه برای جمع‌آوری مواد خروجی قرار دهید.



۴-۱۱ سانتریفوژ را با سرعت کم شروع و بتدریج سرعت را تا حداکثر ۳۶۰۰ دور در دقیقه یا تا وقتی که حلال دیگر تخلیه نشود، افزایش دهید. اجازه دهید دستگاه متوقف شده، ۲۰۰ میلی‌لیتر تری‌کلرواتیلن، برومید پروپیل نرمال، متیلن کلراید و یا استخراج‌کننده ترپن اضافه و همان عمل را تکرار کنید. از حلال اضافی به میزان کافی (حداقل سه مقدار) به طوری که مواد خروجی تیره‌تر از رنگ کاهی روشن نباشد، استفاده کنید. مواد خروجی و شسته شده را در یک ظرف مدرج مناسب برای تعیین مواد معدنی جمع کنید.

۵-۱۱ با دقت حلقه صافی و تمام مصالح در ظرف سانتریفوژ را به یک ظرف فلزی تخت با وزن مشخص منتقل کنید. ظرف را در زیر هواکش تا زمانی که بخارات آن محو شود، خشک کنید و سپس در گرم‌خانه یا روی صفحه داغ با دمای 110 ± 5 درجه سلسیوس (230 ± 9 درجه فارنهایت) تا رسیدن به جرم ثابت قرار دهید (یادآوری ۱۰ و ۱۱). جرم مصالح سنگی استخراج شده (W_3) برابر با جرم مصالح سنگی داخل ظرف فلزی منهای جرم اولیه حلقه‌های صافی است. مواد معدنی چسبیده روی سطح حلقه صافی را تراشیده و به مصالح استخراجی برای آزمون بعدی اضافه کنید.

یادآوری ۱۰- صافی و مصالح ممکن است در کاسه سانتریفوژ باقی بمانند آنها را تا رسیدن به جرم ثابت در گرم‌خانه 110 ± 5 درجه سلسیوس (230 ± 9 درجه فارنهایت) خشک و وزن کنید.

یادآوری ۱۱- ممکن است صافی حلقه‌ای به طور جداگانه در گرم‌خانه 110 ± 5 درجه سلسیوس (230 ± 9 درجه فارنهایت) تا رسیدن به جرم ثابت خشک شوند، دقت نمائید تا در این قسمت مواد ریز چسبیده به صافی از بین نروند. در این حالت، مصالح را در گرم‌خانه یا صفحه داغ با حرارت 110 ± 5 درجه سلسیوس (230 ± 9 درجه فارنهایت) تا رسیدن به جرم ثابت خشک کنید.

۵-۱۱-۱ وقتی از حلقه‌های صافی کم خاکستر استفاده می‌شود، این روش را به کار برید: مصالح سنگی و حلقه‌های صافی را در یک ظرف فلزی تمیز قرار داده، به روش تشریح شده در بند ۵-۱۱ خشک کنید. حلقه صافی را به دقت تازده و روی مصالح سنگی قرار دهید. حلقه صافی را با افروختن آتش کبریت یا فندک بسوزانید. جرم مصالح سنگی استخراج شده در ظرف را تعیین کنید، W_3 .

یادآوری ۱۲- از آنجائیکه مصالح سنگی خشک وقتی که در معرض هوای مرطوب قرار می‌گیرند، رطوبت جذب می‌کنند جرم مصالح سنگی استخراجی را بلافاصله پس از سرد شدن و رسیدن به دمای مناسب تعیین کنید.



۱۱-۶ مقدار مواد معدنی خارج شده را به یکی از روش‌های آزمون زیر تعیین کنید:

۱۱-۶-۱ روش خاکستر

۱۱-۶-۱-۱ حجم یا جرم کل مواد استخراج شده را تعیین کنید (W_1). ظرف مخصوص احتراق^۱ را در کوره قرار دهید، در یک دسیکاتور خنک کرده، جرم آن را تا نزدیک ۰٫۰۰۱ گرم تعیین کنید. مواد استخراج شده را کاملاً هم‌زده و بلافاصله حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر یا ۱۰۰ گرم از آن را داخل ظرف مخصوص احتراق بریزید. برای خشک شدن از صفحه داغ یا حمام بخار استفاده کنید. خاکستر باقی مانده در حرارت قرمز تیره (۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سلسیوس) (۹۳۲ تا ۱۱۱۲ درجه فارنهایت) را خنک کنید. جرم خاکستر را تعیین کنید و ۵ میلی‌لیتر محلول کربنات آمونیوم اشباع برای هر گرم خاکستر اضافه کنید. آن را به مدت یک ساعت در دمای اتاق نگاه دارید. در گرم‌خانه با دمای 110 ± 5 درجه سلسیوس (230 ± 9 درجه فارنهایت) تا رسیدن به جرم ثابت خشک نموده، در یک دسیکاتور خنک کرده و جرم (G) آن را تا نزدیک ۰٫۰۰۱ گرم تعیین کنید.

۱۱-۶-۱-۲ جرم مواد معدنی، W_4 ، در کل حجم استخراجی را به روش زیر محاسبه کنید:

$$W_4 = G (W_1/100) \quad (1)$$

که در آن:

G خاکستر باقی مانده در ظرف احتراق، تا نزدیک ۰٫۰۰۱ گرم؛

W_1 حجم کل استخراج بر حسب میلی‌لیتر (یا جرم کل استخراج بر حسب گرم).

۱۱-۶-۲ روش سانتریفوژ

۱۱-۶-۲-۱ برای این روش آزمون می‌توان از هر نوع سانتریفوژ پر سرعت مناسب (با سرعت ۳۰۰۰ دور بر دقیقه یا بیشتر) از نوع جریان پیوسته استفاده کرد.

۱۱-۶-۲-۲ جرم جام تمیز (کاسه) سانتریفوژ را تا ۰٫۰۱ گرم تعیین و آن را در دستگاه سانتریفوژ قرار دهید. یک ظرف به شکل ناودانی برای جمع‌آوری مواد استخراج شده از سانتریفوژ قرار دهید. همه مواد استخراج شده (از روش‌های آزمون A، B، D یا E) را به ظرف تغذیه مناسب که به سوپاپ کنترل (شیر یا فلکه) مجهز است، منتقل کنید. برای اطمینان از کیفیت انتقال مواد استخراج شده به ظرف تغذیه، ظرف باید چندین بار با مقدار کمی حلال، تمیز شده، مواد شسته شده نیز به ظرف تغذیه اضافه گردد. عمل سانتریفوژ را شروع کرده، اجازه دهید تا به یک سرعت ثابت برسد (برای مثال ۹۰۰۰ دور در دقیقه برای نوع SMM و بیش از ۲۰۰۰۰ دور در دقیقه برای نوع



Sharples) شیر ظرف تغذیه را باز کرده و مواد استخراج شده را به داخل دستگاه سانتریفوژ به میزان ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی لیتر در دقیقه وارد کنید. بعد از اینکه همه مواد استخراج شده از داخل دستگاه سانتریفوژ عبور کرد، دستگاه تغذیه را (در حالیکه سانتریفوژ هنوز می چرخد) با افزودن چندین مرتبه حلال، تمیز شسته و آنها را از داخل سانتریفوژ عبور داده، شستن را تا زمانی که خروجی بی رنگ شود، ادامه دهید.

۱۱-۶-۲-۳ اجازه دهید که سانتریفوژ متوقف شده و جام (یا کاسه) را بردارید. اطراف جام را با حلال تازه تمیز کنید. اجازه دهید حلال باقی مانده در زیر دودکش یا سیستم هواکش تبخیر شده، سپس محتویات جام را در گرم خانه ای با دمای کنترل شده 5 ± 110 درجه سلسیوس (9 ± 230 درجه فارنهایت) خشک کنید. ظرف را خنک کرده، فوراً جرم آن را دوباره تعیین کنید. افزایش جرم جام، جرم مواد معدنی (W_4 ، طبق بند ۱۲-۱) در مواد استخراج شده می باشد.

۱۱-۶-۳ روش حجمی

۱۱-۶-۳-۱ مواد استخراج شده را در فلاسکی که قبلاً توزین و کالیبره شده قرار دهید. فلاسک را در حمام با دمای ثابت کنترل شده در $0.1 \pm$ درجه سلسیوس ($2 \pm$ درجه فارنهایت) قرار داده و اجازه دهید تا به دمایی که در آن واسنجی شده (کالیبره) برسد. وقتی دمای مورد نظر حاصل شد، فلاسک را با حلالی به همان دما پر کنید. سطح مایع داخل فلاسک را تا گلولی بالا آورده، درپوش را قرار دهید، مطمئن شوید که مایع از لوله موئین سرریز شود، فلاسک را از حمام خارج کنید. فلاسک را به آهستگی پاک کرده، خشک کنید و جرم آن را تا نزدیک 0.1 گرم تعیین و این جرم را به عنوان «جرم فلاسک + جرم مواد استخراج شده» یادداشت کنید.

یادآوری ۱۳ - به جای استفاده از حمامی با دمای قابل کنترل، ممکن است که دمای مواد استخراج شده اندازه گیری شود. در این صورت لازم است که حجم فلاسک، چگالی قیر و حلال اصلاح شود.

۱۱-۶-۳-۲ حجم قیر و ریزدانه ها را در مواد استخراج شده به صورت زیر محاسبه کنید:

$$V_1 = V_2 - \frac{(M_1 - M_2)}{G_1} \quad (2)$$

که در آن:

V_1 حجم قیر و ریزدانه ها در مواد استخراج شده؛

V_2 حجم فلاسک؛

M_1 جرم محتویات فلاسک؛

M_2 جرم قیر و ریزدانه ها در مواد استخراج شده (یا جرم کل آزمون ها منهای جرم مصالح سنگی استخراجی)؛

G_1 وزن مخصوص حلال که طبق استاندارد ASTM D 2111 با دقت 0.001 تعیین شده است.



۱۱-۶-۳-۳ جرم ریزدانه‌ها را در مواد استخراج شده به صورت زیر محاسبه کنید:

$$M_3 = k(M_2 - G_3 V_1) \quad (۳)$$

که در آن:

M_3 جرم ریزدانه‌ها در مواد استخراج شده؛

G_2 وزن مخصوص ریزدانه‌ها که طبق استاندارد T84 تعیین شده؛

G_3 وزن مخصوص قیر که طبق استاندارد T228 تعیین شده است.

K طبق معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{G_2}{G_2 - G_3}$$

V_1 مطابق بند ۱۱-۶-۳-۲

M_2 مطابق بند ۱۱-۶-۳-۲

۱۲ محاسبه مقدار قیر

$$\text{مقدار قیر بر حسب درصد} = \left[\frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{W_1 - W_2} \right] \times 100 \quad (۴)$$

که در آن:

W_1 جرم آزمون؛

W_2 جرم آب در آزمون؛

W_3 جرم مصالح سنگی معدنی استخراج شده؛

W_4 جرم مواد معدنی در مواد استخراج شده.

یادآوری ۱۴- وقتی حلقه‌های صافی بدون خاکستر استفاده نمی‌شوند، افزایش جرم حلقه صافی نمدی را به W_4 اضافه کنید.

یادآوری ۱۵- زمانی که می‌خواهید مقدار قیر را به عنوان درصد جرمی مصالح سنگی عاری از رطوبت بیان کنید، جرم $W_3 + W_4$

را جایگزین جرم $W_1 - W_2$ که در مقسوم علیه معادله ۴ آمده است، کنید.



۲۶ دقت و انحراف

۱-۲۶ انحراف استاندارد یک آزمایشگاه ۰٫۱۸ درصد است. بنابراین نتایج آزمون به وسیله همان کاربر بر روی آزمون همان بچ نباید بیشتر از ۰٫۵۲ درصد اختلاف داشته باشد. مقادیر انحراف استاندارد مواد استخراج شده زمانی که حاوی ۸۵ درصد ترپین می‌باشند به ترتیب ۰٫۲۱، ۰٫۵۸ است (یادآوری ۲۶ و ۲۷).

۲-۲۶ انحراف استاندارد چند آزمایشگاه ۰٫۲۹ درصد است. بنابراین، نتایج دو آزمون از دو آزمایشگاه مختلف بر روی آزمون‌های از یک بچ نباید بیشتر از ۰٫۸۱ درصد اختلاف داشته باشند. این مقادیر زمانی که مواد استخراج شده حاوی ۸۵ درصد ترپین می‌باشد به ترتیب ۰٫۲۹ و ۰٫۸۳ هستند (یادآوری ۲۶ و ۲۷).

یادآوری ۲۶- این مقادیر به ترتیب بیانگر محدوده های ۱s و d2s تشریح شده در ASTM C670 باشند.

یادآوری ۲۷- این دقت‌ها بر مبنای یک جفت آزمون مرجع در ۵۹ آزمایشگاه که نتیجه سه آزمایشگاه حذف شده است می‌باشند. آزمون‌های مرجع حاوی ۹۸ درصد سنگدانه عبوری از الک ۹٫۵ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ اینچ) هستند. تمام روش‌های آزمون بر اساس برنامه آزمایش بین آزمایشگاهی استفاده شده‌اند.



روش استاندارد آزمون

تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم (HMA) متراکم

با استفاده از آزمونه‌های اشباع شده با سطح خشک

AASHTO Designation: T166-07

۱ هدف

۱-۱ این آزمون جهت تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم متراکم شده می‌باشد.

۲-۱ این روش، همان‌طور که در بند ۲-۷ و ۲-۱۰ به آن اشاره شده است، نباید برای آزمونه‌هایی که دارای فضاهای خالی باز یا فضاهای خالی به هم پیوسته بوده و یا جذب آب بیشتر از ۲٪ درصد حجمی دارند، مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۱ وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم ممکن است برای محاسبه جرم واحد مخلوط استفاده شود.

۴-۱ در این استاندارد، مقادیر بیان شده برحسب واحدهای SI می‌باشند.

۵-۱ این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده، قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص کند.

۲ مراجع

۱-۲ استانداردهای AASHTO

M231، ابزار توزین مصالح

T275، روش استاندارد آزمون تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم (HMA) متراکم با استفاده از آزمونه‌های با پوشش پارافین

۳ اصطلاحات

۱-۳ تعاریف

۱-۱-۳ وزن مخصوص حقیقی برای جامدات- نسبت جرم در هوای یک حجم واحد از مصالح نفوذپذیر (شامل فضاهای خالی معمولی نفوذپذیر و نفوذناپذیر مصالح) در یک دمای مشخص به جرم در هوای معادل با چگالی یک حجم برابر از آب مقطر بدون هوا در یک دمای مشخص است که به شکل زیر بیان می‌شود:

وزن مخصوص حقیقی در X و Y برحسب درجه سلسیوس

که در آن:

x = دمای مصالح = y = دمای آب



۳-۱-۲ جرم ثابت- منظور از جرم ثابت این است که اگر آزمون را دوباره در گرمخانه به مدت ۲ ساعت قرار دهیم تغییراتی بیشتر از ۰/۰۵ درصد نداشته باشد.

۴ آزمون‌ها

۴-۱ آزمون‌ها می‌توانند مخلوط آسفالتی گرم متراکم آزمایشگاهی و یا نمونه‌گیری شده از روسازی‌های مخلوط آسفالتی گرم باشند.

۴-۲ اندازه آزمون‌ها - توصیه می‌شود که:

۱- قطر آزمون‌های استوانه‌ای یا مغزه یا طول سطوح جانبی آزمون اره شده، حداقل چهار برابر بزرگترین اندازه مصالح سنگی باشد.

۲- ضخامت آزمون‌ها حداقل یک تا یک و نیم برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد.

۴-۳ آزمون باید به وسیله مته مغزه‌گیر، اره الماسی و اره کربوراندوم و یا سایر ابزار مناسب اخذ شود.

۴-۴ مراقبت کافی برای جلوگیری از اعوجاج، خمیدگی و ترک خوردگی آزمون در حین و پس از برداشت از روسازی یا قالب باید به عمل آید. آزمون باید در محلی خنک و امن نگهداری شود.

۴-۵ آزمون باید عاری از مواد خارجی مانند آلوده‌های آب‌بند (سیل‌کت)، آلوده‌های سطحی (تک‌کت)، مصالح بستر (پی‌راه)، خاک، کاغذ و یا فویل باشد.

۴-۶ در صورت تمایل، می‌توان آزمون‌ها را با اره یا ابزار مناسب دیگر از سایر لایه‌های روسازی جدا نمود. بایستی دقت شود که در حین بریدن آسفالت توسط اره به آزمون‌ها آسیب وارد نشود.

روش A

۵ لوازم آزمون

۵-۱ ابزار توزین (ترازو)

ابزار توزین بایستی ظرفیت کافی داشته، تا ۰/۱ درصد جرم آزمون یا بیشتر قابل خواندن بوده، با الزامات M231 مطابقت داشته باشد. ابزار توزین باید به لوازم آویز و نگه‌دارنده‌ی مناسبی مجهز باشد تا امکان وزن کردن آزمون هنگامی که از مرکز کفه سنجش آویزان است وجود داشته باشد.

۵-۲ لوازم آویز

سیم آویز سبد آزمون باید به اندازه‌ای نازک باشد تا تاثیر تغییر طول غوطه‌وری به کمترین میزان برسد. لوازم آویز باید بگونه‌ای باشد که سبد آزمون را تا عمقی که جهت اندازه‌گیری وزن آزمون مورد نیاز است، درون آب غوطه‌ور سازد. این کار با دقت انجام گردد تا هیچ گونه حباب هوایی زیر آزمون باقی نماند.



۳-۵ حمام آب

از حمام آب برای غوطه‌وری آزمون داخل آب هنگامی که از ترازو آویزان شده است استفاده می‌شود. حمام آب دارای یک سرریز برای ثابت نگه داشتن سطح آب می‌باشد.

۶ روش آزمون

۱-۶ آزمون را تا رسیدن به جرم ثابت در دمای 52 ± 3 درجه سلسیوس (125 ± 5 درجه فارنهایت) خشک کنید. آزمون اشباع در آب ابتدا باید یک شب خشک شده، سپس هر دو ساعت یکبار وزن گردد. آزمون‌های آزمایشگاهی تازه متراکم شده که فاقد رطوبت است، احتیاج به خشک کردن ندارد.

۲-۶ آزمون را تا دمای اتاق 25 ± 5 درجه سلسیوس (77 ± 9 درجه فارنهایت) خشک کنید و جرم خشک (A) را یادداشت کنید (یادآوری ۱). سپس آزمون را در حمام آب با دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت) به مدت 1 ± 4 دقیقه غوطه‌ور ساخته و آنگاه جرم غوطه‌وری (C) را یادداشت کنید. آزمون را از آب خارج کرده، سریعاً (کمتر از ۵ ثانیه) آزمون را به وسیله حوله خشک کنید و جرم آزمون با سطح خشک (B) را تعیین کنید. هراندازه آبی که از آزمون در حین عملیات توزین به بیرون تراوش می‌کند، بخشی از آب اشباع آزمون است. آزمون‌ها باید به‌طور جداگانه غوطه‌ور شده و وزن گردند.

یادآوری ۱- در صورت تمایل، ترتیب انجام آزمون را می‌توان تغییر داد تا در نتایج آزمون تسریع شود، برای مثال، می‌توان اول جرم غوطه‌وری (C)، سپس جرم اشباع با سطح خشک (B) و نهایتاً جرم خشک (A) را بدست آورد.

یادآوری ۲- پارچه حوله‌ای اساساً به‌عنوان پارچه جاذب مناسب است. اگر آبی از یک حوله مچاله شده خارج نشود، در این صورت حوله نمدار است.

۷ محاسبات

۱-۷ وزن مخصوص حقیقی آزمون به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{B - C}$$

که در آن:

A: جرم آزمون در هوا برحسب گرم؛

B: جرم آزمون اشباع با سطح خشک در هوا برحسب گرم؛

C: جرم آزمون در آب برحسب گرم.

۲-۷ درصد آب جذب شده آزمون (براساس اندازه‌گیری حجم) به صورت زیر محاسبه می‌شود:



$$\text{درصد آب جذب شده براساس اندازه‌گیری حجم} = \frac{B - A}{B - C} \times 100$$

۳-۷ اگر درصد آب جذب شده به دست آمده در بند ۷-۲ بیش از ۲۰ درصد باشد، از روش T275 (برای اندازه‌گیری وزن مخصوص حقیقی) استفاده می‌شود.

روش B

۸ لوازم آزمون

۸-۱ ابزار توزین - ترازو باید ظرفیت کافی داشته باشد و تا ۰٫۱ درصد جرم آزمون یا بیشتر قابل خواندن باشد و با الزامات M231 مطابقت داشته باشد.

۸-۲ حمام آب - برای غوطه‌وری آزمون در آب.

۸-۳ دماسنج مطابق با رده ASTM 17C باشد. دارای محدوده دمایی ۱۹ تا ۲۷ درجه سلسیوس (۶۶ تا ۸۰ درجه فارنهایت) که با تقسیمات فرعی ۰٫۱ درجه سلسیوس (۰٫۲ درجه فارنهایت) مدرج شده است.

۸-۴ حجم‌سنج، که برای ۱۲۰۰ میلی لیتر یا ظرفیت مناسب دیگری با توجه به اندازه آزمون کالیبره شده است. حجم‌سنج باید دارای درپوش باریک شونده با سوراخ مویینه باشد.

۹ روش آزمون

۹-۱ آزمون را تا رسیدن به جرم ثابت در دمای 52 ± 3 درجه سلسیوس (125 ± 5 درجه فارنهایت) خشک کنید. آزمون اشباع در آب ابتدا باید یک شب خشک شده، سپس هر دو ساعت یکبار وزن گردد. آزمون‌های آزمایشگاهی تازه متراکم شده که فاقد رطوبت است، احتیاج به خشک کردن ندارد.

۹-۲ آزمون را تا دمای اتاق 25 ± 5 درجه سلسیوس (77 ± 9 درجه فارنهایت) خنک کنید و جرم خشک (A) آن را یادداشت نمایید (یادآوری ۱). آزمون را حداقل ۱۰ دقیقه در حمام آب 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت) غوطه‌ور کنید و اجازه دهید اشباع شود. بعد از مدت ۱۰ دقیقه، حجم‌سنج کالیبره را با آب مقطر که دارای درجه حرارت 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت) پر و وزن نمایید. آنگاه جرم به دست آمده را D بنامید. سپس آزمون را از آب خارج کرده، سریعاً (کمتر از ۵ ثانیه) آزمون را با حوله نم‌دار (یادآوری ۲) خشک کنید. آزمون را وزن کنید. جرم اشباع با سطح خشک آزمون (B) را یادداشت کنید. هر آبی از آزمون که در حین اندازه‌گیری وزن تراوش می‌شود، این آب بخشی از آب اشباع آزمون است.

۹-۳ آزمون را در ظرف حجم‌سنج قرار داده، اجازه دهید حداقل به مدت ۶۰ ثانیه در آن باقی بماند. دمای آب را در حدود 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت) برسانید و درپوش حجم‌سنج را طوری محکم ببندید که در



اثر بخار شدن آب، مقدار آب آن کم نشود. سپس جداره خارجی حجم سنج را با یک پارچه جاذب خشک، خشک کنید و وزن حجم سنج با محتویات را تعیین کنید (یادآوری ۳). این وزن (E) را یادداشت کنید.

یادآوری ۳- در صورت تمایل، ترتیب انجام آزمون را می توان تغییر داد تا در نتایج آزمون تسریع شود، برای مثال، ابتدا جرم با سطح خشک آزمون (B) را به دست می آوریم، سپس با استفاده از حجم سنج وزن آب و آزمون اشباع (E) به دست می آید و در نهایت جرم خشک آزمون (A) محاسبه می شود.

یادآوری ۴- روش B برای آزمون هایی که بیشتر از ۶٪ فضای خالی دارند، قابل پذیرش نیست.

۱۰ محاسبات

۱-۱۰ وزن مخصوص حقیقی آزمون را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{B + D - E}$$

که در آن:

A = جرم آزمون خشک بر حسب گرم؛

B = جرم آزمون اشباع با سطح خشک بر حسب گرم؛

D = جرم حجم سنج پر از آب در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1,8$ درجه فارنهایت) بر حسب گرم؛

E = جرم حجم سنج به همراه آب و آزمون درون آن در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1,8$ درجه فارنهایت) بر حسب گرم.

۱۰-۲ درصد آب جذب شده آزمون (براساس اندازه گیری حجمی) به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\text{درصد آب جذب شده براساس اندازه گیری حجمی} = \frac{B - A}{B + D - E} \times 100$$

۱۰-۳ اگر درصد آب جذب شده در بند ۱۰-۲ بیشتر از ۲۰ درصد باشد، از روش T275 (برای اندازه گیری وزن مخصوص حقیقی) استفاده می شود.



روش C (آزمایش سریع)

۱۱ روش آزمون

۱-۱۱ این روش آزمون برای آزمون‌هایی که نیاز به محافظت نداشته و دارای رطوبت قابل توجهی هستند استفاده می‌شود. با این روش آزمون‌های به‌دست آمده از مغزه‌گیری یا اره می‌توانند همان روز آزمون شوند.

۲-۱۱ روش آزمون بایستی همانند روش معین شده در بند ۶ یا ۹ باشد ولی ترتیب انجام آن مهم نیست. جرم خشک آزمون (A) مشابه قبل تعیین می‌گردد.

۳-۱۱ آزمون را داخل یک سینی بزرگ مسطح و خشک که جرم آن مشخص است بگذارید. آزمون و سینی را داخل گرم‌خانه‌ای با حرارت 110 ± 5 درجه سلسیوس (230 ± 9 درجه فارنهایت) قرار دهید. آزمون را زمانی از گرم‌خانه خارج کنید که ذرات ریزدانه آسفالتی که اندازه آنها بیشتر از $6/4$ میلی‌متر ($\frac{1}{4}$ اینچ) است به راحتی از همدیگر جدا شوند. آزمون‌های جدا شده را تا رسیدن به یک جرم ثابت در گرم‌خانه با درجه حرارت 110 سلسیوس (230 درجه فارنهایت) قرار دهید.

۴-۱۱ سینی و آزمون را تا دمای اتاق 25 ± 5 درجه سلسیوس (77 ± 9 درجه فارنهایت) خنک کنید. جرم سینی و آزمون را تعیین کنید، جرم سینی را کم کرده و جرم خشک آزمون (A) را یادداشت کنید.

۱۲ محاسبات

۱-۱۲ وزن مخصوص حقیقی را مطابق بندهای ۷-۱ و ۱۰-۱ تعیین کنید.

۱۳ گزارش

۱-۱۳ گزارش بایستی شامل موارد زیر باشد:

۱-۱-۱۳ روش استفاده شده (A, B یا C).

۲-۱-۱۳ وزن مخصوص حقیقی گزارش شده تا نزدیک یک هزارم.

۳-۱-۱۳ جذب آب گزارش شده تا نزدیک یکصدم.

۱۴ دقت

۱-۱۴ نتایج حاصل از تکرار آزمون اندازه‌گیری وزن مخصوص توسط همان شخص نباید مورد شک قرار گیرند، مگر اینکه اختلاف آنها بیش از 0.2% باشد.



نمونه‌گیری از آسفالت جاده
AASHTO T168-03 (2007)
ASTM Designation: D97901 (2006)^{e1}

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد ارائه روشی برای نمونه‌گیری از مخلوط‌های آسفالتی در محل تولید، انبار، تحویل، یا در محل می‌باشد. این روش برای نمونه‌گیری از آسفالت جاده کاربرد دارد.

۱-۲ در این استاندارد، مقادیر بیان شده برحسب واحدهای SI می‌باشند. مقادیر داخل پرانتز فقط جهت اطلاع ارایه شده است.

۱-۳ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده، قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲ مراجع

۱-۲ استانداردهای AASHTO

۱-۱-۲ T248، دستورالعمل کاهش نمونه‌های صحرایی مصالح سنگی تا رساندن به میزان مورد نیاز برای آزمون.

۲-۲ استانداردهای ASTM

۱-۲-۲ D2234، دستورالعمل جمع‌آوری نمونه ناخالص از زغال سنگ.

۲-۲-۲ D3665، دستورالعمل نمونه‌گیری تصادفی از مصالح ساختمانی.

۳-۲-۲ E105، دستورالعمل نمونه‌گیری احتمالاتی از مصالح.

۴-۲-۲ E122، دستورالعمل انتخاب تقریبی اندازه نمونه با یک خطای قابل قبول برای تخمین کیفیت متوسط از

یک بهر^۱ یا فرآیند.

۵-۲-۲ E141، دستورالعمل برای پذیرش دلیل بر اساس نتایج نمونه‌گیری احتمالاتی.

۳ اصطلاحات و تعاریف^۲

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳ نمونه میدانی (Field sample): مقدار کافی از مصالحی که باید آزمون شوند تا برآورد قابل قبولی از کیفیت متوسط یک واحد را ارائه دهند.

1- Lot

2- Terms and definitions



- ۲-۳ افزونه (Increment): زیرنمونه‌هایی که از تجمع آنها نمونه اصلی تشکیل می‌شود.
- ۳-۳ بهر (Lot): مقادیر جدا شده هم اندازه^۱ از توده مصالح که دارای یک منبع می‌باشند و براساس فرآیند مشابهی تولید می‌شوند (به عنوان مثال، تولید روزانه یا جرم مشخصی از حجم).
- ۴-۳ آزمون (Test portion): مقادیری از مصالح به میزان کافی که از یک نمونه میدانی بزرگتر، طراحی شده و نمایانگر دقیقی از آن می‌باشند. این مواد از یک واحد نمونه‌برداری شده‌اند.
- ۵-۳ واحد (Unit): یک پیچ^۱ یا یک حجم مشخص از یک توده مصالح (برای مثال، یک محموله کامیون یا یک مساحت مشخص).

۴ اهمیت و کاربرد

۱-۴ کلیات

- ۱-۱-۴ نمونه‌گیری اهمیتی معادل انجام آزمون دارد و شخص نمونه‌گیر باید دقت بسیاری در نمونه‌گیری به‌عمل آورد تا نمونه‌ها، نمایانگر ماهیت و شرایط مصالحی که از آنها نمونه گرفته شده است، باشند.
- ۲-۱-۴ در هنگام نمونه‌گیری باید دقت نمود تا از جداشدگی مصالح درشت دانه و مخلوط آسفالت اجتناب شود. همچنین باید دقت کرد تا از آلودگی با گرد و غبار و سایر مواد خارجی جلوگیری شود.
- ۳-۱-۴ برای کسب اطلاعات اولیه، نمونه‌ها باید توسط بخشی که مسئولیت تکمیل اطلاعات را دارد، گرفته شوند. نمونه‌ها، برای کنترل فرآورده تهیه شده در کارخانه یا انبار، یا در محل مصرف به‌وسیله تولیدکننده، پیمانکار یا مسئولین دیگر بخش‌ها برای حسن انجام کار، اخذ می‌شوند. نمونه‌هایی که برای آزمون‌هایی جهت پذیرش یا عدم پذیرش از نظر کارفرما، مورد استفاده واقع خواهند شد توسط کارفرما یا نماینده قانونی او گرفته می‌شوند.

۵ روش آزمون

- ۱-۵ بررسی - مصالح باید برای تعیین خروج از مشخصات بررسی شوند. تولیدکننده باید تجهیزات لازم برای بررسی و نمونه‌گیری مناسب و ایمن را فراهم کند.
- ۲-۵ نمونه‌گیری - روش‌های انتخاب محل و تعداد دفعات نمونه‌گیری مطابق روش کار D3665 می‌باشد.
- ۱-۲-۵ نمونه‌گیری از تسمه نقاله - تسمه نقاله را متوقف کرده، به‌طور تصادفی حداقل سه مساحت تقریباً هم‌اندازه را روی تسمه، برای نمونه‌گیری انتخاب کنید. در هر محل نمونه‌گیری صفحه‌ای را جای دهید، که شکل هر صفحه با شکل تسمه سازگار باشد. از محل‌های انتخابی، افزونه‌های تقریباً مساوی از مصالح بگیریید که در نهایت نمونه‌ای با



مقدار معادل یا بیش‌تر از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۵-۳-۲ داشته باشید. همه مصالح روی صفحات را به‌دقت در یک ظرف مناسب بریزید.

۵-۲-۲ نمونه‌گیری از کامیون - با یک روش تصادفی، بخش‌هایی را برای نمونه‌گیری از فرآورده حمل شده، انتخاب کنید. حداقل سه افزونه با مقادیر تقریباً مساوی بگیرید. از گرفتن نمونه از سطح فوقانی خودداری شود. به روش تصادفی از افزونه‌های نمونه‌گیری شده، انتخاب و با یکدیگر مخلوط کنید تا نمونه میدانی به مقدار معادل یا بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۵-۳-۲ داشته باشید. افزونه ممکن است به‌وسیله جمع‌آوری مقادیر با یک بیلچه یا بیل به‌دست آید.

۵-۲-۳ نمونه‌گیری از جاده قبل از تراکم - وقتی فقط یک نمونه باید گرفته شود، حداقل سه افزونه تقریباً مساوی به روش اتفاقی از واحدی که باید نمونه‌گیری شود به‌دست آورده، نمونه‌ها را با هم ترکیب کنید تا نمونه میدانی به میزان بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۵-۳-۲ داشته باشید.

۵-۲-۳-۱ وقتی تعداد سه نمونه یا بیشتر برای ارزیابی مقدار زیادی از مصالح باید گرفته شود، از روش تصادفی برای تعیین محل‌های نمونه‌گیری استفاده کنید. از هر محل یک نمونه که شامل تقریباً سه افزونه برابر است انتخاب کنید، اطمینان حاصل کنید که مقدار نمونه بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۵-۳-۲ باشد.

۵-۲-۳-۲ تمامی افزونه‌ها یا نمونه‌ها به‌طور کامل از عمق کامل مصالح جاده برداشت شود. دقت نمایید که مصالح برداشت شده شامل لایه زیرین نباشد. در صورت لزوم، هنگام نمونه‌برداری صفحاتی را روی لایه زیرین قرار دهید تا نمونه منحصراً شامل همه مصالحی که در لایه بالایی قرار می‌گیرند، باشد. به‌طور واضح، محل‌های معین شده را که باید از آنها نمونه یا افزونه گرفته شود علامت‌گذاری کنید. صفحاتی که قبل از پخش مخلوط قرار داده می‌شوند می‌توانند در دستیابی به افزونه‌های با مقادیر تقریباً مساوی کمک نمایند.

۵-۲-۳-۳ چنانچه مخلوط یک ریسه (مخلوط سرد) باشد، نمونه‌های تصادفی ریسه با فاصله‌های کمتر از ۱۵۰ متر باید به‌صورت جداگانه نگه‌داری و آزمون شوند. نمونه‌های ریسه باید به‌صورت یک لایه با ضخامت ۰٫۳ متر (۱ فوت) پخش و سه محل تصادفی یا بیشتر تعیین شود تا نمونه‌ای با اندازه مورد نظر مطابق جدول یک به‌دست آید.

۵-۲-۳-۴ اگر مخلوط به‌صورت یک لایه نسبتاً یکنواخت پخش شود، نمونه‌ها باید به‌صورت معین با فاصله‌های کمتر از ۱۵۰ متر اخذ شوند.

۵-۲-۳-۵ نمونه‌های مربوط به یک توده انباشته (دپو) باید از آمیختن مقادیر برابر گرفته شده از مخلوط با حفر گودال‌هایی نزدیک به بالا، میانه و پایین توده انباشته به‌دست آورد. کاهش نمونه‌ها به‌اندازه مورد نیاز باید مطابق بند ۵-۳-۲ باشد.



۴-۲-۵ نمونه‌گیری از یک نقاله متحرک که مخلوط را به مخزن نگهدارنده حمل می‌کند- واحدهایی را برای نمونه‌گیری از نقاله متحرک به روش تصادفی، بسته به ظرفیت مخزن نگهدارنده انتخاب کنید. به محض خالی شدن قیف تغذیه، نقاله متحرک را متوقف کنید. شیاری به پهنای ۱۵۰ میلی‌متر (۶ اینچ) از بالا تا پایین توده حفر کنید. تقریباً سه مقدار مساوی افزونه از بالا، میانه و ته‌شیار، برداشته و افزونه هر بخش را در یک ظرف بریزید. نمونه میدانی حاصل از ترکیب افزونه‌های مختلف باید به مقدار معادل یا بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۲-۳-۵ باشد.

۵-۲-۵ نمونه‌گیری از قیف تغذیه نقاله برای انتقال مخلوط به مخزن نگهدارنده- براساس حداکثر ظرفیت مخزن نگهدارنده به‌طور تصادفی واحدهایی را برای نمونه‌گیری از قیف انتخاب کنید. حداقل سه افزونه تقریباً مساوی از مصالح برای هر نمونه، با قرار دادن سینی، سطل و یا ظرف مناسب دیگری در مسیر کامل جریان مصالحی که از قیف بر روی نقاله می‌ریزد، تهیه کنید. نمونه میدانی حاصل از ترکیب افزونه‌های مختلف باید به مقدار معادل یا بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۲-۳-۵ باشد.

۶-۲-۵ نمونه‌گیری از آسفالت پخش شده پس از تراکم- واحدهایی را به روش تصادفی برای نمونه‌برداری از مصالح در محل انتخاب کنید. حداقل سه مقدار مساوی به‌طور تصادفی از واحدی که باید نمونه‌برداری شود، تهیه کنید. هر نمونه را آزمون کرده و برای تعیین قابلیت پذیرش، از نتایج آزمون‌ها میانگین بگیرید. همه نمونه‌ها را از ضخامت لایه تهیه و توجه کنید که تمام مواد یک لایه را شامل شود. هر افزونه باید به روش مغزه‌گیری، اره‌کردن و دیگر روش‌هایی که حداقل دستخوردگی را در مصالح ایجاد کند، گرفته شود.

۷-۲-۵ نمونه‌برداری از دپوی مخلوط آسفالت سرد- ممکن است قشری بر روی سطح مخلوط‌های سرد که برای مدتی دپو شده‌اند، تشکیل شود. این قشر باید تا عمق ۱۰۰ میلی‌متری در یک محدوده یک متر مربعی برداشته شود تا مخلوط غیر هوازده نمایان گردد. مخلوط نمایان شده را بهم زده و سه نمونه تقریباً مساوی به‌طور تصادفی از واحد انتخابی تهیه نمایید. نمونه‌ها را با هم ترکیب کنید تا نمونه میدانی به میزان بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۲-۳-۵ به‌دست آید.

۱-۷-۲-۵ هنگامی که سه نمونه یا بیشتر مورد نظر است، تهیه نمونه باید مطابق با بند ۱-۳-۲-۵ باشد.

۳-۵ تعداد و مقادیر نمونه‌های میدانی:

۱-۳-۵ تعداد نمونه‌های میدانی لازم (که به یکی از روش‌های تشریحی در بند ۲-۵ تهیه شده‌اند) بستگی به حساسیت و تنوع مشخصاتی که باید اندازه‌گیری شوند، دارد. هر واحدی را که باید یک نمونه میدانی از آن گرفته شود قبل از نمونه‌گیری، نشانه‌گذاری کنید. تعداد نمونه‌های میدانی تهیه شده باید کافی بوده تا نتایج آزمون قابل اعتماد باشند.



یادآوری ۱- راهنمایی برای تعیین تعداد نمونه‌های لازم برای کسب نتایج آزمون قابل اعتماد، را می‌توان در استانداردهای D2234, E105 و E122 و E141 یافت.

یادآوری ۲- واحدی که یک نمونه میدانی بیانگر آن می‌باشد، نباید به اندازه‌ای بزرگ باشد که تاثیر تغییرات عمده در آن نادیده گرفته شود. این واحد نباید آنقدر کوچک باشد که نتایج تحت تاثیر تفاوت‌های ذاتی بین قسمت‌های کوچک توده مصالح قرار گیرد.

یادآوری ۳- یک واحد توده مصالح عبارتست از مصالح سنگی یا مخلوط مصالح سنگی دانه‌بندی شده که می‌تواند به صورت یک کامیون کاملاً پر در نظر گرفته شود. در صورت امکان، کل بار کامیون آزمون شود. یک نمونه میدانی شامل سه افزونه یا بیشتر می‌باشد که به طور تصادفی از مصالحی که به کامیون بارگیری شده یا تخلیه شده است، تهیه می‌شود. تحقیقات نشان داده است که چنین روشی، تخمین قابل قبولی از دانه‌بندی میانگین را به دست می‌دهد که ممکن است با تهیه 15 یا 20 افزونه از کامیون اندازه‌گیری شود.

یادآوری ۴- ممکن است در مصالح با حجم زیاد تغییرات قابل توجهی وجود داشته باشد. در این صورت بایستی از روش‌های آماری نظیر انحراف استاندارد بین واحدهای انتخاب شده از بهره‌های تصادفی، استفاده شوند.

۲-۳-۵ مقدار مصالح در نمونه‌های میدانی به عنوان راهنما در جدول یک ارائه شده است. مقادیر نمونه‌ها بستگی به نوع و تعداد آزمون‌های لازم بر روی نمونه‌ها دارد و لذا مقدار کافی از مصالح باید برای انجام صحیح این آزمون‌ها تهیه شوند. روش‌های کنترلی و آزمون‌های قابل قبول در استانداردهای ASTM ارائه شده و مقداری از نمونه میدانی را که برای هر آزمون لازم است، در این استانداردها مشخص شده است.

به‌طور کلی، مقادیر مشخص شده در جدول یک مقدار کافی از مصالح را برای آزمون‌های متداول مهیا خواهد کرد. مقدار نمونه آزمون را می‌توان از نمونه‌های میدانی با روش چهار یا دو قسمت کردن مطابق با استاندارد T248 یا در صورت لزوم با دیگر روش‌های آزمون کاربردی به دست آورد.



جدول ۱- راهنمایی برای برآورد مقدار نمونه

حداقل جرم تقریبی مخلوط متراکم نشده کیلوگرم (پوند)	حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی*
۲(۴)	۲/۳۶ میلی متر (شماره ۸)
۲(۴)	۴/۷۵ میلی متر (شماره ۴)
۴(۸)	۹/۵ میلی متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)
۵(۱۲)	۱۲/۵ میلی متر ($\frac{1}{2}$ اینچ)
۷(۱۶)	۱۹/۰ میلی متر ($\frac{3}{4}$ اینچ)
۹(۲۰)	۲۵/۰ میلی متر (۱ اینچ)
۱۱(۲۵)	۳۷/۵ میلی متر ($1\frac{1}{2}$ اینچ)
۱۶ (۳۵)	۵۰ میلی متر (۲ اینچ)

* اندازه کوچکترین الکی که حداکثر ده درصد وزنی سنگدانه روی آن باقی بماند، حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی نامیده می‌شود.

۶ انتقال نمونه‌ها

۶-۱ جهت انتقال نمونه‌ها از ظروفی استفاده نمایید که ضمن حفظ نمونه مانع آلودگی آن گردد.

۶-۲ مشخصات هر نمونه باید جداگانه بر روی آن الصاق شود تا اطلاعات لازم را به استفاده کننده ارائه دهد. بخشی از اطلاعات مفید در زیر آمده است، لیکن اطلاعات فقط به این موارد محدود نمی‌شود:

۶-۲-۱ پروژه‌ای که مصالح برای آن به کار می‌رود، شماره قطعه پروژه، شماره مسیر راه، کیلومتر شهر و دیگر اطلاعات جغرافیایی؛

۶-۲-۲ این اطلاعات برای نمونه‌های کارخانه‌ای، شامل مسئول، محل و نوع کارخانه، اندازه پیمان، مشخصات قیر و مصالح سنگی استفاده شده در مخلوط آسفالتی می‌باشد؛

۶-۲-۳ برای نمونه‌های تهیه شده از جاده: محل نمونه‌گیری، شماره ایستگاه، موقعیت طولی در روسازی، و اینکه نمونه‌گیری از روسازی، دپو یا غیره انجام شده است؛

۶-۲-۴ شماره بهر؛

۶-۲-۵ مقدار نمونه معرف؛

۶-۲-۶ نام نمونه‌بردار؛



۷-۲-۶ چنانچه مخلوط آسفالت در محل باشد، تاریخ آخرین اختلاط؛

۸-۲-۶ تاریخ نمونه‌گیری؛

۹-۲-۶ مشخصات و آدرس درخواست کننده؛

۱۰-۲-۶ هدف از نمونه‌گیری؛

۱۱-۲-۶ مشخصات گزارش گیرنده.

۷ لغات کلیدی

۱-۷ مخلوط آسفالتی؛ نمونه‌برداری.

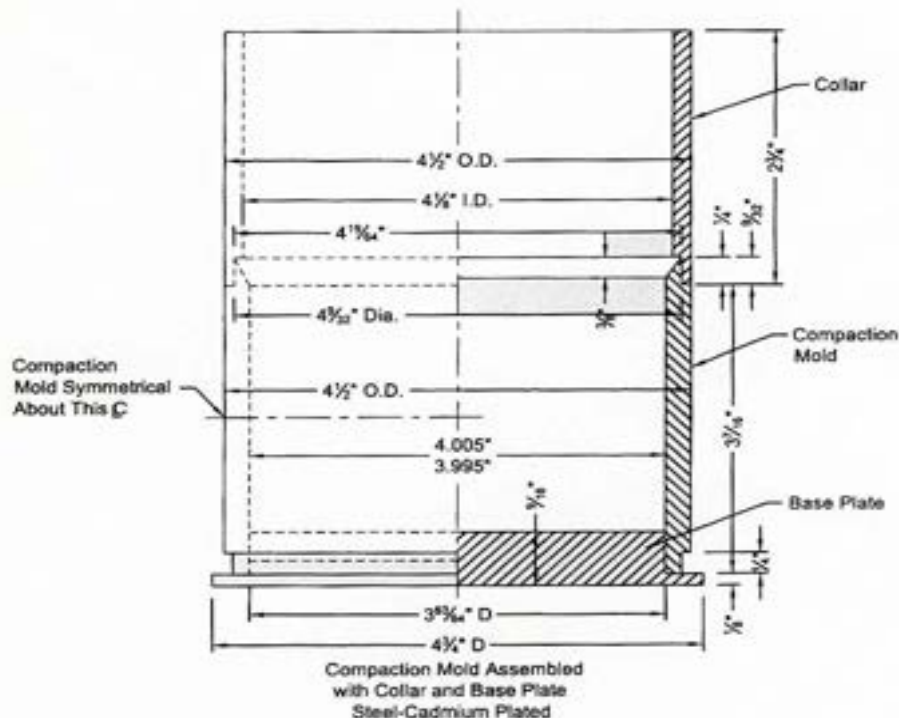
روش استاندارد برای آزمون
مقاومت مخلوط‌های آسفالتی
در آستانه تغییر شکل پلاستیک با استفاده از دستگاه مارشال
AASHTO T245-97(2004)

۱ هدف

۱-۱ این روش آزمون اندازه‌گیری مقاومت آزمون‌های استوانه‌ای مخلوط روسازی قیری را در آستانه تغییر شکل پلاستیک در حالتی که سطح جانبی آزمون با دستگاه مارشال تحت بارگذاری قرار گرفته، شامل می‌شود. این روش آزمون برای مخلوط‌هایی که با قیر خالص، قیر محلول یا قیر قطرانی و مصالح سنگی با حداکثر اندازه ۲۵/۴ میلی‌متر (یک اینچ) ساخته شده‌اند، کاربرد دارد.

۲ لوازم

۱-۲ مجموعه قالب آزمون (Specimen Mold Assembly) - قالب استوانه‌ای به قطر ۱۰۱/۶ میلی‌متر (۴ اینچ) با ارتفاع ۷۶/۲ میلی‌متر (۳ اینچ)، صفحات زیرین و گلوبی الحاقی، بایستی با جزئیات نشان داده شده در شکل ۱ مطابقت داشته باشند. سه قالب استوانه‌ای پیشنهاد می‌شود.



شکل ۱- قالب تراکم

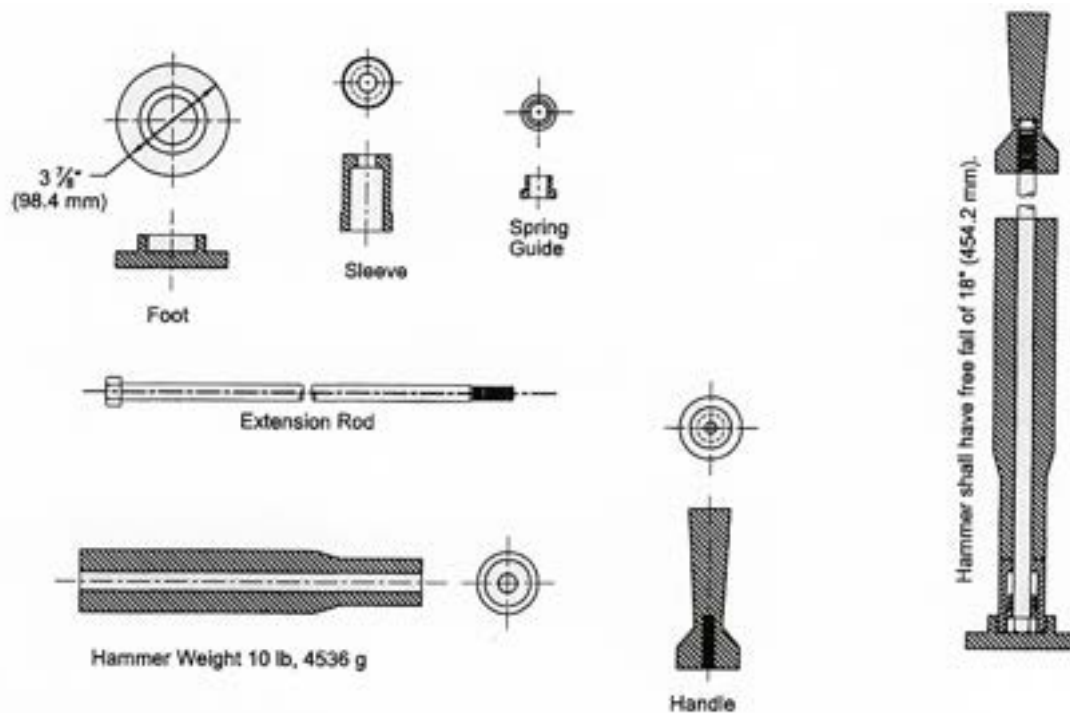


۲-۲ خارج کننده آزمون (Specimen Extractor) - صفحه‌ای فولادی به شکل قرص (دیسک) با قطر حداقل ۱۰۰ میلی‌متر (۳/۹۵ اینچ) و ضخامت ۱۲/۷ میلی‌متر (۱/۴ اینچ) برای خارج کردن آزمون متراکم شده از قالب آزمون استفاده از گلوبی قالب. یک میله مناسب برای انتقال بار از رابط حلقه نیروسنج به گلوبی الحاقی جهت خروج آزمون لازم است.

۳-۲ چکش تراکم (Compaction Hammer) - چکش تراکم (شکل ۲) باید دارای سطح ضربه گرد، مسطح و وزنه متحرک (کشویی) به وزن 4536 ± 9 گرم (10 ± 0.02 پوند) (شامل محافظ انگشت اگر چنین تجهیز شده باشد) با ارتفاع سقوط آزاد 457.2 ± 1.524 میلی‌متر (18 ± 0.06 اینچ) باشد.

یادآوری ۱- چکش تراکم می‌تواند مجهز به محافظ انگشت باشد، همانطوری که در شکل ۲ نشان داده شده است.

یادآوری ۲- بجای استفاده از چکش دستی و تجهیزات مرتبط که در بندهای ۲-۳، ۲-۴ و ۲-۵ توضیح داده شده‌اند می‌توان از چکش مکانیکی استفاده کرد، مشروط به اینکه کالیبره بوده تا نتایجی قابل مقایسه با چکش دستی فراهم آورد.



شکل ۲- چکش تراکم

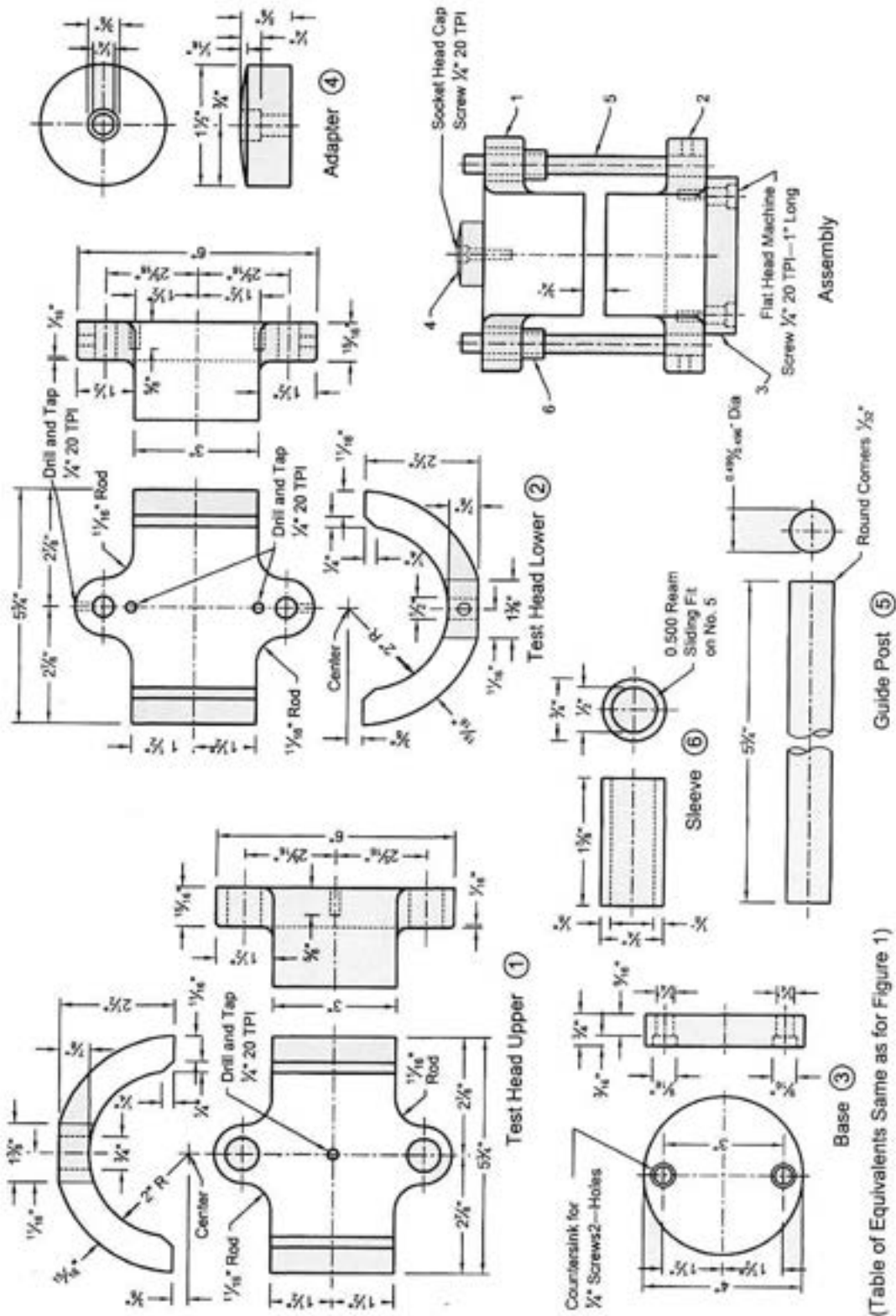


۴-۲ پایه تراکم (Compaction Pedestal) - پایه تراکم بایستی مرکب از کنده‌ای چوبی به ابعاد $203/2 \times 203/2 \times 457/2$ میلی‌متر ($8 \times 8 \times 18$ اینچ) که قسمت بالایی آن با یک صفحه فولادی به ابعاد $304/8 \times 304/8 \times 25/4$ میلی‌متر ($12 \times 12 \times 1$ اینچ) پوشیده (کلاهک‌گذاری) شده است، باشد. کنده چوبی باید از چوب بلوط، کاج یا چوب دیگری با میانگین وزن خشک حدود $0/67$ تا $0/77$ گرم بر سانتی‌متر مکعب (42 تا 48 پوند بر فوت مکعب) باشد. کنده چوبی باید به وسیله چهار قطعه نبشی در دال صلب بتنی محافظت شود. کلاهک فولادی بایستی به طور محکم به کنده بسته شود. مجموعه پایه بایستی بی‌حرکت بوده به نحوی که کنده شاغول بوده و کلاهک تراز باشد.

۵-۲ نگه‌دارنده قالب آزمون (Specimen Mold Holder) - نگه‌دارنده قالب آزمون روی پایه تراکم، به نحوی سوار می‌شود که مرکز قالب تراکم به مرکز پایه منطبق باشد. نگه‌دارنده باید قالب تراکم، گلولی و صفحه زیرین را در حین تراکم آزمون، به طور مطمئن نگه دارد.

۶-۲ فک شکست (Breaking Head) - (شکل ۳)، باید شامل بخش‌های استوانه‌ای بالایی و پایینی باشد و شعاع انحنای داخلی فک‌های آزمون برابر با $50/8$ میلی‌متر (2 اینچ) بوده که به صورت دقیق تراش خورده باشند. بخش پایینی باید روی سطحی که دارای دو میله راهنمای عمودی یا پایه‌هایی که به سمت بالا امتداد دارند، نصب شود. مفصل‌های راهنمای بخش بالایی باید به نحوی باشند که دو بخش را مستقیم و بدون اتصال گیردار (با اصطکاک ناچیز) یا حرکت شل روی میله‌های راهنما قرار دهند.

۷-۲ جک بارگذاری (Loading Jack) - جک بارگذاری (شکل ۴) باید شامل یک جک دنده‌ای (پیچی) نصب شده روی یک قاب دستگاه آزمون باشد به طوری که حرکت قائم یکنواخت $50/8$ میلی‌متر (2 اینچ) بر دقیقه را فراهم نماید. یک موتور الکتریکی ممکن است به دستگاه جک الحاق شود.



شکل ۳- فک شکست



جدول ۱- جدول اندازه‌ها معادل برای شکل‌های ۱ و ۳

اندازه‌های مرسوم آمریکایی، اینچ	معادل‌های متریک، میلی‌متر	اندازه‌های مرسوم آمریکایی، اینچ	معادل‌های متریک، میلی‌متر	اندازه‌های مرسوم آمریکایی، اینچ	معادل‌های متریک، میلی‌متر	اندازه‌های مرسوم آمریکایی، اینچ	معادل‌های متریک، میلی‌متر
۰/۱۱	۰/۵۰	۵/۱۷	۱۱/۱۶	۷/۵۸	۲/۱۶	۸/۱۰۴	۴/۸
۰/۸	۱/۳۲	۰/۱۹	۳/۴	۵/۶۳	۲/۲	۷/۱۰۸	۴/۳۲
۱/۶	۱/۱۶	۲/۲۲	۷/۸	۸/۶۹	۳/۴	۱/۱۰۹	۴/۶۴
۲/۳	۱/۸	۸/۲۳	۱۵/۱۶	۰/۷۳	۲/۸	۳/۱۱۴	۴/۲
۸/۴	۳/۱۶	۴/۲۵	۱	۲/۷۶	۳	۵/۱۱۷	۴/۸
۴/۶	۱/۴	۶/۲۸	۱/۸	۶/۸۲	۳/۴	۶/۱۲۰	۳/۴
۱/۷	۹/۳۲	۸/۳۱	۱/۴	۳/۸۷	۳/۱۶	۶/۱۲۸	۵/۱۶
۵/۹	۳/۸	۹/۳۴	۳/۸	۴/۹۸	۳/۸	۲/۱۳۰	۵/۸
۶/۱۲	۴۹۶/۰	۱/۳۸	۱/۲	۲/۱۰۱	۳/۶۴	۰/۱۴۶	۵/۴
۶۷/۱۲	۴۹۹/۰	۳/۴۱	۵/۸	۳۵/۱۰۱	۹۹۰/۳	۴/۱۵۲	۶
۷/۱۲	۱/۲	۴/۴۴	۳/۴	۴۷/۱۰۱	۹۹۵/۳	۸/۱۵۸	۶/۴
۳/۱۴	۹/۱۶	۸/۵۰	۲	۶/۱۰۱	۴	۷/۱۹۳	۷/۸
۹/۱۵	۵/۸	۲/۵۷	۲/۴	۷۳/۱۰۱	۰۰۵/۴	۸/۶۸۵	۲۷



یادآوری ۳- به جای جک بارگذاری ممکن است از دستگاه آزمون مکانیکی یا هیدرولیکی استفاده کرد، مشروط به آنکه در هنگام بارگذاری بتوان نرخ حرکت آن را ۵۰/۸ میلی‌متر (۲ اینچ) بر دقیقه حفظ نمود.

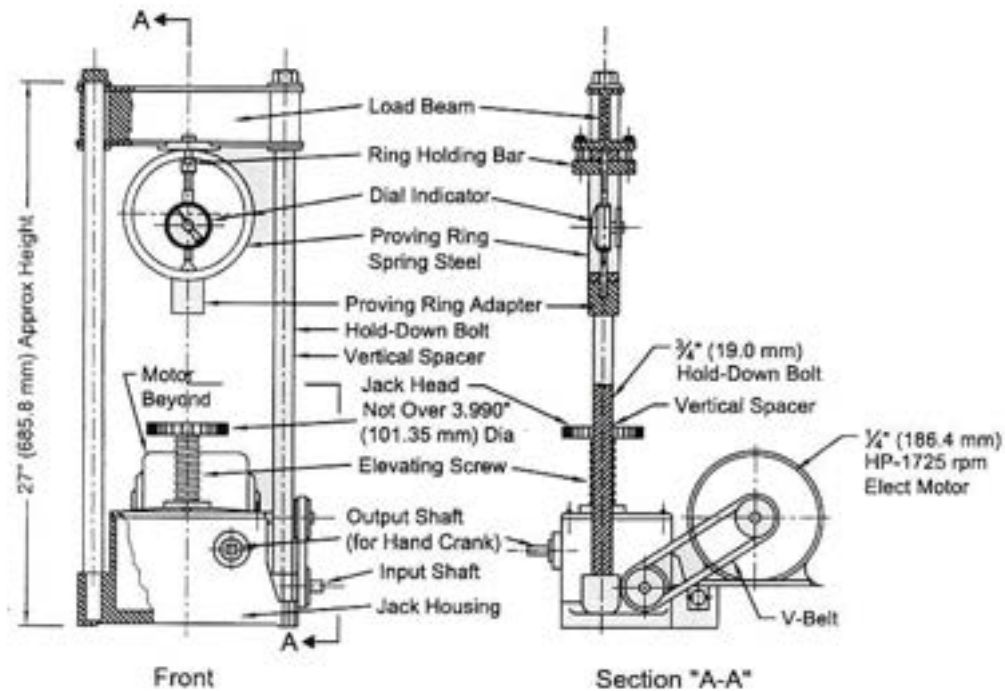
۸-۲ مجموعه حلقه نیروسنج (Ring Dynamometer Assembly) - یک حلقه نیروسنج (شکل ۴) با ظرفیت ۲۲/۲ کیلو نیوتن (۵۰۰۰ پوند نیرو) برای ظرفیت تا ۴/۴۵ کیلو نیوتن (۱۰۰۰ پوند) با حساسیت به میزان ۴۴/۵ نیوتن (۱۰ پوند) و برای ظرفیت‌های بین ۴/۴۵ تا ۲۲/۲ کیلو نیوتن (۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ پوند) با حساسیت ۱۱۱/۲ نیوتن (۲۵ پوند) می‌باشد. که باید به یک ریزسنج مدرج، مجهز باشند. ریزسنج باید با تقسیمات ۰/۰۰۲۵ میلی‌متر (۰/۰۰۰۱ اینچ) مدرج شده باشد. اتصالات بالا و پایین حلقه نیروسنج برای بستن حلقه نیروسنج به قاب آزمون و انتقال بار به فک شکست لازم می‌باشد.

یادآوری ۴- به جای مجموعه حلقه نیروسنج، از هر وسیله مناسب برای اندازه‌گیری بار ممکن است استفاده شود، مشروط به آن که ظرفیت و حساسیت ذکر شده فوق را دارا باشند.

۹-۲ روانی‌سنج (Flowmeter) - روانی‌سنج باید شامل یک گیره اتصالی (غلاف) راهنما و یک اندازه‌سنج (گیج) باشد. بین متحرک اندازه‌سنج (گیج)، باید داخل گیره راهنمایی که مقاومت اصطکاکی ناچیزی دارد، قرار گیرد. گیره راهنما، باید آزادانه بالای میله راهنمای فک شکست بلغزد. گیج روانی‌سنج را باید در حالی که روی فک شکست قرار گرفته و آزمون نیز بین فک‌های شکست قرار دارد، صفر کنید. گیج روانی‌سنج بایستی با تقسیمات ۰/۲۵ میلی‌متر (۰/۰۱ اینچ) باشد.

یادآوری ۵- به جای روانی‌سنج ممکن است از صفحه مدرج ریزسنج یا ثابت تنش - کرنش با تقسیمات ۰/۲۵ میلی‌متر (۰/۰۱ اینچ)، برای اندازه‌گیری تغییر شکل استفاده شود.

۱۰-۲ گرم‌خانه، یا گرمکن‌های صفحه داغ (Ovens or Hot Plates) - گرم‌خانه، یا گرمکن‌های صفحه داغ باید گرمایش لازم برای مصالح سنگی، مواد قیری، قالب‌های آزمون، چکش‌های تراکم و دیگر وسایل را تا دماهای مورد نظر مخلوط کردن و قالب‌گیری فراهم نمایند. توصیه می‌شود واحدهای گرمایشی با ترموستاتی که قابلیت ثابت نگه‌داشتن دمای مورد نیاز را در گام‌های ۲/۸ درجه سلسیوس (۵ درجه فارنهایت) دارد، کنترل شوند. سپرهای مناسب، صفحات تیغه‌ای یا حمام‌های ماسه باید روی سطوح گرمکن‌های صفحه داغ قرار گیرند تا حرارت‌های زیاد موضعی را به حداقل برسانند.



شکل ۴- دستگاه آزمون تراکم

۱۱-۲ وسیله گرمایش (Heating Device) - یک گرمکن صفحه داغ کوچک با نرخ گرمایشی متغیر به طور پیوسته، یک حمام ماسه، لامپ مادون قرمز یا وسایل مناسب دیگر باید جهت تامین حرارت مناسب زیر جام اختلاط در دسترس باشند تا مصالح و مواد قیری را در مدت اختلاط در دمای دلخواه حفظ کنند. اگر از یک گرمکن صفحه داغ استفاده می شود، باید یک تور سیمی یا ماده مشابه دیگری را بین گرمکن صفحه داغ و جام مخلوط کن برای جلوگیری از حرارت مستقیم قرار داد.

۱۲-۲ وسایل اختلاط - اختلاط مکانیکی توصیه می شود. هر نوع مخلوط کن مکانیکی می تواند استفاده شود مشروط به آنکه بتواند دمای لازم برای مخلوط کردن را حفظ کند، مخلوط یکنواخت با پوشش مناسب و مقدار لازم را در زمان مجاز فراهم آورد و ضرورتاً بتوان از کل پیمانانه استفاده کرد. همچنین ممکن است، یک ظرف یا جام فلزی با ظرفیت کافی و مخلوط کن دستی نیز مورد استفاده قرار گیرند.

۱۳-۲ حمام آب - حمام آب باید حداقل ۱۵۲٫۴ میلی متر (۶ اینچ) عمق داشته و باید با ترموستات دمای آن کنترل شود به طوری که دمای حمام را در 60 ± 1 درجه سلسیوس (140 ± 2 درجه فارنهایت) یا (37.8 ± 1) درجه سلسیوس (100 ± 2 درجه فارنهایت) ثابت نگه دارد. مخزن باید یک صفحه مشبک موقتی داشته یا اینکه به یک قفسه برای نگهداری آزمونها به اندازه ۵۰٫۸ میلی متر (۲ اینچ) بالاتر از کف حمام مجهز باشد.



۱۴-۲ حمام هوا - حمام هوا برای مخلوط‌های آسفالتی با قیر محلول، بایستی با ترموستات کنترل شده، بتواند دمای هوا را در 1 ± 25 درجه سلسیوس (2 ± 77 درجه فارنهایت) ثابت نگه دارد.

۱۵-۲ سایر وسایل

۱-۱۵-۲ ظرف برای گرم کردن مصالح سنگی، تابه‌های فلزی با کف مسطح یا ظروف مناسب دیگر.

۲-۱۵-۲ ظرف برای گرم کردن مواد قیری، هر نوع پیمانۀ حلی، بشرها، ظروف ریختن یا روغن‌دان، ممکن است استفاده شوند.

۳-۱۵-۲ وسایل مخلوط کردن - هر نوع بیلچه فولادی (نوع باغبانی) یا کاردک، برای هم زدن و مخلوط کردن دستی.

۴-۱۵-۲ دماسنج‌ها - برای تعیین دمای مصالح سنگی، قیر و مخلوط‌های آسفالتی. دماسنج‌های محفظه شیشه‌ای، نوع عقربه‌ای یا رقمی با بدنه فلزی، توصیه می‌شوند. محدوده $9/9$ تا $20/4$ درجه سلسیوس (50 تا 400 درجه فارنهایت) با حساسیت $2/8$ درجه سلسیوس (5 درجه فارنهایت) لازم است.

۵-۱۵-۲ دماسنج‌هایی برای حمام آب و حمام هوا با دقت $0/2$ درجه سلسیوس ($0/4$ درجه فارنهایت) با محدوده دمایی کافی جهت تعیین دمای هر حمام.

۶-۱۵-۲ ترازو با ظرفیت 2 کیلوگرم، حساسیت $0/1$ گرم، برای توزین آزمون‌های قالب‌گیری شده.

۷-۱۵-۲ ترازو با ظرفیت 5 کیلوگرم، حساسیت $1/0$ گرم، برای پیمانۀ کردن مخلوط‌ها.

۸-۱۵-۲ دستکش - برای جابجایی وسایل داغ.

۹-۱۵-۲ دستکش لاستیکی - برای خارج کردن آزمون‌ها از حمام آب.

۱۰-۱۵-۲ مداد شمعی علامت‌گذاری - برای مشخص کردن آزمون‌ها.

۱۱-۱۵-۲ کمچه - با کف مسطح، برای پیمانۀ کردن مصالح سنگی.

۱۲-۱۵-۲ بیلچه - بزرگ، برای ریختن مخلوط در قالب‌های آزمون.

۳ آزمون‌ها

۳-۱ تعداد آزمون‌ها - حداقل سه آزمون برای هر ترکیبی از مصالح سنگی و هر مقدار قیر، آماده کنید.

۳-۲ آماده کردن مصالح سنگی - مصالح سنگی را در دمای $10/5$ تا $11/0$ درجه سلسیوس (221 تا 230 درجه فارنهایت) تا رسیدن به وزن ثابت خشک کرده، به بخش‌هایی با توجه به اندازه مصالح سنگی مورد نیاز به روش دانه‌بندی خشک، جدا کنید.



اندازه بخش‌ها در زیر توصیه شده است:

- ۱۹،۰ تا ۲۵،۰ میلی‌متر ($\frac{3}{4}$ تا ۱ اینچ)
- ۹،۵ تا ۱۹ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ)
- ۴،۷۵ تا ۹،۵ میلی‌متر (الک شماره ۴ تا $\frac{3}{8}$ اینچ)
- ۲،۳۶ تا ۴،۷۵ میلی‌متر (از الک شماره ۸ تا الک شماره ۴)
- کوچکتر از ۲،۳۶ میلی‌متر (عبوری از الک شماره ۸)

۳-۳ تعیین دماهای مخلوط کردن و متراکم نمودن

۳-۳-۱ دماهایی که در آن کندروانی قیر خالص و قیر محلول به 20 ± 170 سانتی‌استوکس برسد می‌تواند به عنوان دمای مخلوط کردن در نظر گرفته شوند.

۳-۳-۲ دماهایی که در آن کندروانی قیر خالص به 30 ± 280 سانتی‌استوکس برسد می‌تواند به عنوان دمای متراکم نمودن در نظر گرفته شوند.

۳-۳-۳ از یک نمودار ترکیبی برای قیر محلول استفاده کرده، درصد وزنی حلال را در کندروانی با دمای ۶۰ درجه سلسیوس (۱۴۰ درجه فارنهایت) تعیین کنید. از این نمودار همچنین کندروانی در ۶۰ درجه سلسیوس (۱۴۰ درجه فارنهایت) را پس از آنکه قیر محلول ۵۰ درصد حلال خود را از دست داد، تعیین کنید. دمای تعیین شده از نمودار دما-کندروانی برای قیر محلول، که پس از کاهش ۵۰ درصد مقدار حلال اولیه دارای کندروانی معادل 30 ± 280 سانتی‌استوکس باشد باید به عنوان دمای متراکم نمودن در نظر گرفته شود.

۳-۳-۴ دمایی که در آن کندروانی ویژه انگلر (Engler) قیر قطرانی برابر 3 ± 25 و 5 ± 40 می‌شود به ترتیب دمای مخلوط کردن و متراکم نمودن می‌باشد.

۴-۳ آماده‌سازی مخلوط‌ها

۴-۳-۱ اولین پیمانانه به منظور آغشته نمودن جام مخلوط‌کن و همزن‌ها باید مخلوط شود. این پیمانانه باید پس از اختلاط، خالی شده، سطوح جام و همزن تمیز گردد. باقیمانده مخلوط داخل جام مخلوط‌کن و همزن را با یک کاردک خمیده کوچک تمیز کنید اما نباید با پارچه پاک کرد یا با حلال شست، مگر زمانی که تغییری هنگام آماده‌سازی در ماده چسباننده بوده، یا پایان کار باشد.

۴-۳-۲ در درون ظرف‌های مجزا، وزن هر بخش از مصالح مورد نیاز یک پیمانانه برای هر آزمون به میزانی باشد که ارتفاع آزمون متراکم شده 1.27 ± 63.5 میلی‌متر (0.5 ± 2.5 اینچ) به دست آید (حدود ۱۲۰۰ گرم). مصالح را



در هر ظرف مخلوط کنید و ظروف را روی یک گرمکن صفحه داغ یا در گرم‌خانه قرار دهید و مخلوط را حداکثر تا دمای اختلاط مقرر شده در بخش ۳-۳ تقریباً دمای اختلاط ۲۸ درجه سلسیوس (۵۰ درجه فارنهایت) برای قیر خالص و قیر قطرانی و دمای اختلاط ۱۴ درجه سلسیوس (۲۵ درجه فارنهایت) برای قیر محلول حرارت دهید. به میزان کافی مواد قیری برای هر پیمانانه در هر ظرف را تا دمای اختلاط مقرر شده، حرارت دهید. جام اختلاط را با مصالح سنگی گرم شده پر کنید. شکل قیف در مصالح سنگی خشک مخلوط شده ایجاد نمایید و مقدار مورد نیاز از مواد قیری از پیش گرم شده با وزن معلوم را در مخلوط بریزید. برای مخلوط‌هایی که با قیر محلول تهیه می‌شوند، تیغه مخلوط‌کن را داخل ظرف مخلوط‌کن قرار داده، قبل از عمل مخلوط کردن، وزن کل مخلوط را همراه با وزن ظرف و تیغه مخلوط‌کن تعیین کنید. مراقب باشید تا هنگام مخلوط کردن و جابجایی، از بیرون ریختن مخلوط جلوگیری شود. در این موقع دمای مصالح سنگی و مواد قیری، باید در محدوده دمای مخلوط کردن که در بند ۳-۳ مقرر شده باشد. مصالح سنگی و مواد قیری را تا پوشش کامل، با سرعت مخلوط کنید. برای حفظ دمای مناسب اختلاط، می‌توان از یکی از روش‌های شرح داده شده در بند ۲-۱۱ استفاده نمود.

۳-۴-۳ پس از مخلوط کردن، مخلوط‌های ساخته شده با قیر محلول را در یک گرم‌خانه تهویه‌دار با دمای تقریباً ۱۱/۱ درجه سلسیوس (۲۰ درجه فارنهایت) بیشتر از دمای تراکم، عمل آورید. عمل‌آوری را در جام مخلوط‌کن ادامه دهید تا زمانی که وزن حلال از قبل تعیین شده به میزان ۵۰ درصد یا بیش‌تر کاهش یابد. مخلوط ممکن است، در جام مخلوط‌کن در مدت عمل‌آوری، به‌هم‌زده شود تا کاهش حلال سریع‌تر صورت گیرد. در این صورت باید مراقب باشید تا از هدر رفتن مخلوط جلوگیری شود. در مدت عمل‌آوری مخلوط را، ابتدا در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه‌ای و سپس بعد از رسیدن به کاهش ۵۰ درصدی وزن حلال در فواصل زمانی متوالی کمتر از ۱۰ دقیقه وزن کنید.

۳-۵-۵ متراکم نمودن آزمون‌ها

۳-۵-۱-۵ مجموعه قالب آزمون و سطح چکش تراکم را کاملاً تمیز کنید و آنها را در داخل آب جوش، روی صفحه داغ یا در یک گرم‌خانه، در دمای بین ۹۳/۳ و ۱۴۸/۹ درجه سلسیوس (۲۰۰ و ۳۰۰ درجه فارنهایت) گرم کنید. یک قطعه کاغذ صافی یا حوله کاغذی که به اندازه ته قالب بریده شده، قبل از ریختن مخلوط در ته قالب قرار دهید. تمام پیمانانه را در قالب بریزید و با یک بیلچه یا کاردک گرم‌شده با نیروی زیاد تعداد ۱۵ بار به اطراف مخلوط و ۱۰ ضربه به داخل آن بزنید. گلوبی قالب را برداشته و سطح مخلوط را با بیلچه صاف کرده، سطح آن را گرد کنید. دمای مخلوط بلافاصله قبل از تراکم باید در محدوده دمای تراکم که در بند ۳-۳ مقرر شده است باشد.

۳-۵-۲ گلوبی قالب را دوباره در جای پیشین قرار داده، سپس یک تکه از کاغذ صافی یا حوله کاغذی به اندازه بریده شده بالای مخلوط قرار دهید و مجموعه قالب را روی پایه تراکم، در نگه‌دارنده قالب قرار دهید، مگر به گونه‌ای دیگر تعیین شده باشد. با چکش تراکم که از ارتفاع ۴۵۷/۲ میلی‌متر (۱۸ اینچ) سقوط آزاد می‌کند، تعداد ۵۰ یا ۷۵ ضربه



اعمال کنید. در حین تراکم، محور چکش تراکم را عمود بر پایه مجموعه قالب تراکم نگه دارید. صفحه زیرین و گلوبی را بردارید، قالب را برگردانید و آنرا مجدداً سوار کنید و همان تعداد ضربات تراکم را به پشت آزمون نیز وارد کنید. بعد از تراکم، صفحه زیرین را برداشته و ته آزمون را روی خارج کننده آزمون، قرار دهید. مجموعه را با گلوبی الحاقی آن در دستگاه آزمون قرار داده، به گلوبی قالب با میله انتقال دهنده بار، فشار اعمال کنید. آزمون را از درون گلوبی الحاقی به بیرون برانید، گلوبی را از آزمون بالا کشیده، آزمون را به دقت روی یک سطح صاف و تخت به مدت یک شب در دمای اتاق نگهدارید. آزمون را وزن کرده، ابعاد آن را اندازه گرفته و آزمون کنید.

یادآوری ۶- در حالت کلی، آزمون‌ها باید مطابق با آنچه که در بند ۳-۵-۲ تشریح شده، سرد شوند. در صورتی که سریعتر سرد شدن مورد نظر باشد، ممکن است از پنکه‌های رومیزی استفاده شود. مخلوط‌هایی که فاقد چسبندگی کافی هستند و در نتیجه پس از خارج کردن سریع از قالب، شکل استوانه‌ای لازم را به دست نیاورده باشند، ممکن است در داخل قالب و در هوا تا حصول چسبندگی کافی و به دست آوردن شکل استوانه‌ای سرد شوند.

۴ روش کار

۴-۱ آزمون‌های آماده شده با قیر خالص یا قیر قطرانی را، با غوطه‌ور کردن در حمام آب به مدت ۳۰ تا ۴۰ دقیقه یا با قراردادن در گرم‌خانه به مدت ۲ ساعت به دمای مورد نظر برسانید. دمای حمام یا گرم‌خانه را برای آزمون‌های آماده شده با قیر خالص 1 ± 60 درجه سلسیوس ($1/8 \pm 140$ درجه فارنهایت) و برای آزمون‌های آماده شده با قیر قطرانی ($1 \pm 37/8$) درجه سلسیوس ($1/8 \pm 100$ درجه فارنهایت) ثابت نگه دارید. برای رساندن آزمون‌های آماده شده با قیر محلول به دمای مورد نظر، آنها را در حمام هوا به مدت حداقل دو ساعت قرار دهید. دمای حمام هوا را در 1 ± 25 درجه سلسیوس ($1/8 \pm 77$ درجه فارنهایت) ثابت نگه دارید. میله‌های راهنما و سطوح داخلی فک‌های آزمایش را قبل از انجام آزمون کاملاً تمیز کرده، میله‌های راهنما را چرب کنید، به قدری که فک بالایی آزمون آزادانه روی آنها بلغزد. دمای فک آزمون باید بین $21/1$ تا $37/8$ درجه سلسیوس (70 تا 100 درجه فارنهایت) باشد، در صورت لزوم از حمام آب استفاده کنید. آزمون را از حمام آب، گرم‌خانه یا حمام هوا خارج کرده، در قسمت پایینی فک شکست قرار دهید. قسمت بالایی فک شکست را روی آزمون قرار داده، کل مجموعه را در محل خود روی دستگاه آزمون قرار دهید. روانی‌سنج را در محل خود قرار دهید، در محلی روی یکی از میله‌های راهنما قرار داده، در حالی که پایه آن محکم بر روی قسمت بالایی فک شکست قرار گرفته، روانی‌سنج را روی صفر تنظیم کنید. در حین شروع اعمال بار، پایه قائم روانی‌سنج را به‌طور ثابت بر روی قسمت بالایی فک شکست نگه دارید.

۴-۲ توسط جک بارگذاری یا فک دستگاه آزمون که قابلیت حرکت با نرخ ثابت $50/8$ میلی‌متر در دقیقه (دو اینچ در دقیقه) دارند، به آزمون بار اعمال کنید تا بار به حداکثر رسیده و کاهش بار در عقبه مشاهده شود. حداکثر بار مورد ملاحظه بر روی دستگاه آزمون را با تبدیل حداکثر مقدار قرائت شده از اندازه‌سنج، ثبت کنید. به محض اینکه حداکثر



بار شروع به کاهش کرد، پایه روانی سنج یا ثبات اندازه سنج عقربه‌ای را آزاد کنید. اگر از اندازه سنج برای قرائت تغییر شکل استفاده می‌شود، میزان تغییر شکل نشان داده شده یا معادل آنرا برحسب بیست و پنج صدم میلی‌متر (یک صدم اینچ) قرائت و یادداشت کنید. زمان سپری شده برای انجام آزمون، از هنگام خروج آزمون از حمام آب تا تعیین بیشترین مقدار بار، نباید از ۳۰ ثانیه بیشتر شود.

یادآوری ۷- برای آزمون‌های مغزه‌گیری شده، وقتی ضخامت آنها غیر از ۶۳/۵ میلی‌متر (۲/۵ اینچ) است، بار را با استفاده از ضرب ضریب مناسبی از جدول ۲ تصحیح کنید.

۵ گزارش

۱-۵ گزارش باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۱-۵ نوع آزمون آزمون شده (آزمون آزمایشگاهی یا آزمون مغزه‌گیری شده از جاده).

یادآوری ۸- برای آزمون‌های مغزه‌گیری شده، ارتفاع هر آزمون برحسب میلی‌متر (اینچ) باید گزارش شود.

۲-۱-۵ میانگین حداکثر بار حداقل سه آزمون، که در صورت لزوم تصحیح شده است، برحسب پوند نیرو (یا نیوتن).

۳-۱-۵ مقدار میانگین روانی سه نمونه برحسب بیست و پنج صدم میلی‌متر (صدم اینچ).

۴-۱-۵ دمای آزمون.

جدول ۲- نسبت همبستگی استحکام^a

ضریب همبستگی	ضخامت تقریبی آزمون (میلی متر)	ضخامت تقریبی آزمون (اینچ) ^b	حجم آزمون (سائتی متر مکعب)
۵,۵۶	۲۵,۴	۱	۲۰۰ تا ۲۱۳
۵,۰۰	۲۷,۰	$\frac{1}{16}$	۲۱۴ تا ۲۲۵
۴,۵۵	۲۸,۶	$\frac{1}{8}$	۲۲۶ تا ۲۳۷
۴,۱۷	۳۰,۲	$\frac{3}{16}$	۲۳۸ تا ۲۵۰
۳,۸۵	۳۱,۸	$\frac{1}{4}$	۲۵۱ تا ۲۶۴
۳,۵۷	۳۳,۳	$\frac{5}{16}$	۲۶۵ تا ۲۷۶
۳,۳۳	۳۴,۹	$\frac{3}{8}$	۲۷۷ تا ۲۸۹
۳,۰۳	۳۶,۵	$\frac{7}{16}$	۲۹۰ تا ۳۰۱
۲,۷۸	۳۸,۱	$\frac{1}{2}$	۳۰۲ تا ۳۱۶
۲,۵۰	۳۹,۷	$\frac{9}{16}$	۳۱۷ تا ۳۲۸
۲,۲۷	۴۱,۳	$\frac{5}{8}$	۳۲۹ تا ۳۴۰
۲,۰۸	۴۲,۹	$\frac{11}{16}$	۳۴۱ تا ۳۵۳
۱,۹۲	۴۴,۴	$\frac{3}{4}$	۳۵۴ تا ۳۶۷
۱,۷۹	۴۶,۰	$\frac{13}{16}$	۳۶۸ تا ۳۷۹
۱,۶۷	۴۷,۶	$\frac{7}{8}$	۳۸۰ تا ۳۹۲
۱,۵۶	۴۹,۲	$\frac{15}{16}$	۳۹۳ تا ۴۰۵
۱,۴۷	۵۰,۸	۲	۴۰۶ تا ۴۲۰
۱,۳۹	۵۲,۴	$\frac{1}{8}$	۴۲۱ تا ۴۳۱
۱,۳۲	۵۴,۰	$\frac{1}{4}$	۴۳۲ تا ۴۴۳
۱,۲۵	۵۵,۶	$\frac{3}{16}$	۴۴۴ تا ۴۵۶
۱/۱۹	۵۷,۲	$\frac{1}{4}$	۴۵۷ تا ۴۷۰

ادامه جدول ۲- نسبت همبستگی استحکام^a

ضریب همبستگی	ضخامت تقریبی آزمون (میلی متر)	ضخامت تقریبی آزمون (اینچ) ^b	حجم آزمون (سانتی متر مکعب)
۱/۱۴	۵۸/۷	$2\frac{5}{16}$	۴۷۱ تا ۴۸۲
۱/۰۹	۶۰/۳	$2\frac{3}{8}$	۴۸۳ تا ۴۹۵
۱/۰۴	۶۱/۹	$2\frac{7}{16}$	۴۹۶ تا ۵۰۸
۱/۰۰	۶۳/۵	$2\frac{1}{2}$	۵۰۹ تا ۵۲۲
۰/۹۶	۶۵/۱	$2\frac{9}{16}$	۵۲۳ تا ۵۳۵
۰/۹۳	۶۶/۷	$2\frac{5}{8}$	۵۳۶ تا ۵۴۶
۰/۸۹	۶۸/۳	$2\frac{11}{16}$	۵۴۷ تا ۵۵۹
۰/۸۶	۶۹/۹	$2\frac{3}{4}$	۵۶۰ تا ۵۷۳
۰/۸۳	۷۱/۴	$2\frac{13}{16}$	۵۷۴ تا ۵۸۵
۰/۸۱	۷۳/۰	$2\frac{7}{8}$	۵۸۶ تا ۵۹۸
۰/۷۸	۷۴/۶	$2\frac{15}{16}$	۵۹۹ تا ۶۱۰
۰/۷۶	۷۶/۲	۳	۶۱۱ تا ۶۲۵

a - استحکام اندازه گیری شده آزمون ضرب در ضریب مربوط به ضخامت آزمون معادل استحکام تصحیح شده برای آزمون به ارتفاع ۶۳/۵ میلی متر ($2\frac{1}{4}$ اینچ) است.

b - رابطه حجم - ضخامت براساس آزمون به قطر ۱۰۱/۶ میلی متر (۴ اینچ) است.

۱- جزئیات مورد نظر برای این الکها در استاندارد AASHTO M92 (ASTM E11) تعیین شده است، الک تور سیمی برای این آزمون مورد نیاز است.



روش استاندارد آزمون

تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم (HMA) متراکم با استفاده از آزمون‌های با

پوشش پارافین

AASHTO Designation: T275-07

۱ هدف

۱-۱ این آزمون جهت تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم متراکم شده می‌باشد.

۲-۱ تعاریف

۱-۲-۱ وزن مخصوص حقیقی برای جامدات- نسبت جرم در هوای یک حجم واحد از مصالح نفوذپذیر (شامل فضاهای خالی معمولی نفوذپذیر و نفوذناپذیر مصالح) در یک دمای مشخص به جرم در هوای معادل با چگالی یک حجم برابر از آب مقطر بدون هوا در یک دمای معین است که به شکل زیر بیان می‌شود:

وزن مخصوص حقیقی در X و Y برحسب درجه سلسیوس

که در آن:

x = دمای مصالح

y = دمای آب

۱-۳ این روش، همانطور که در استاندارد T166 بیان شده است، باید برای نمونه‌هایی که دارای فضاهای خالی باز یا فضاهای خالی به هم پیوسته و یا جذب آب بیشتر از ۲٫۰ درصد حجمی دارند، مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۴ وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم ممکن است برای محاسبه جرم واحد مخلوط استفاده شود.

۲ مراجع

۱-۲ استانداردهای AASHTO

M231، ابزار توزین مصالح.

T166، روش استاندارد آزمون تعیین وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم (HMA) متراکم با استفاده از آزمون‌های اشباع شده با سطح خشک.

۳ آزمون‌ها

۱-۳ آزمون‌ها می‌تواند مخلوط آسفالتی گرم متراکم آزمایشگاهی و یا نمونه‌گیری شده از روسازی مخلوط آسفالتی گرم باشند. مخلوط‌ها می‌توانند مربوط به لایه سطحی یا قشر رویه، لایه آستر یا لایه تسطیح‌کننده، یا مخلوط‌های اساس آسفالتی گرم باشند.



۲-۳ اندازه آزمون‌ها - توصیه می‌شود که:

۱- قطر آزمون‌های استوانه‌ای متراکم شده یا مغزه، یا طول سطوح جانبی آزمون‌اره شده، حداقل چهار برابر بزرگترین اندازه مصالح سنگی باشد.

۲- ضخامت آزمون‌ها حداقل یک و نیم برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد.

۳-۳ آزمون باید به وسیله مته مغزه‌گیر، اره الماسی و اره کربورانوم و یا سایر ابزار مناسب اخذ شود.

۳-۴ برای جلوگیری از اعوجاج، خمیدگی و ترک‌خوردگی آزمون در حین و پس از برداشت از روسازی یا قالب باید مراقبت کافی به عمل آید. آزمون باید در محلی خنک و امن نگهداری شود.

۳-۵ آزمون باید عاری از مواد خارجی مانند اندودهای آب‌بند (سیل‌کت)، اندودهای سطحی (تک‌کت)، مصالح پیستر (پی‌راه)، خاک، کاغذ و یا ورق آلومینیومی (فویل) باشد.

۳-۶ در صورت تمایل، می‌توان آزمون‌ها را می‌توان با اره یا ابزار مناسب دیگر از سایر لایه‌های روسازی جدا نمود.

روش A

۴ لوازم آزمون

۴-۱ ترازو

ترازو بایستی ظرفیت کافی داشته، تا ۰٫۱ درصد جرم آزمون یا با دقت بیشتری قابل خواندن بوده، با الزامات M231 مطابقت داشته باشد. ترازو باید به لوازم آویز و نگه‌دارنده‌ی مناسبی مجهز باشد تا امکان توزین آزمون هنگامی که از مرکز کفه سنجش آویزان است وجود داشته باشد.

۴-۲ لوازم آویز

سیم آویز سبد آزمون باید به اندازه‌ای نازک باشد تأثیر تغییر طول غوطه‌وری به کمترین میزان برسد. لوازم آویز باید بگونه‌ای باشد که سبد آزمون را تا عمقی که جهت اندازه‌گیری وزن آزمون مورد نیاز است، درون آب غوطه‌ور سازد.

۴-۳ حمام آب

از حمام آب برای غوطه‌وری آزمون داخل آب هنگامی که از ترازو آویزان شده است، استفاده می‌شود، که مجهز به یک سرریز برای ثابت نگه داشتن سطح آب می‌باشد. بنابراین به‌منظور ثابت نگه‌داشتن دمای آب در 25 ± 0.5 درجه سلسیوس (77 ± 0.9 درجه فارنهایت)، حمام آب به صورت ترموستاتیکی کنترل می‌شود.



۵ روش آزمون

۱-۵ جرم آزمون اندود نشده:

آزمونه را بعد از اینکه تا جرم ثابتی خشک شد، توزین کنید. این جرم را با A نشان دهید. منظور از جرم ثابت جرمی است که در صورت ادامه روند خشک کردن در دمای 52 ± 3 درجه سلسیوس (5 ± 125 درجه فارنهایت) تغییرات جرم بیشتر از 0.05 درصد نباشد. نمونه ابتدا باید در دمای 52 ± 3 درجه سلسیوس (5 ± 125 درجه فارنهایت) در مدت یک شب خشک شده، سپس در بازه‌های زمانی دو ساعته توزین شود.

۲-۵ جرم نمونه اندود شده در هوا:

تمام سطوح آزمون را به وسیله پارافین مذاب با ضخامت کافی پوشش دهید تا تمام فضاهای خالی آن آب‌بندی شود. اجازه دهید که پوشش پارافینی در هوای محیط با دمای 25 ± 5 درجه سلسیوس (9 ± 77 درجه فارنهایت) به مدت حداقل ۳۰ دقیقه خنک شود و سپس آزمون توزین گردد. این جرم را با D نشان دهید.

یادآوری ۱- در مواقع لزوم به استفاده از آزمون در آزمون‌های بعدی که نیاز به برداشت پوشش پارافینی دارند، لازم است پیش از پوشاندن سطح به وسیله پارافین روی آزمون با پودر تالک پوشانده شود.

یادآوری ۲- جهت استفاده از پارافین می‌توان آزمون را در یک واحد سردکننده تا دمای تقریبی $4/5$ درجه سلسیوس (40 درجه فارنهایت) به مدت حداقل ۳۰ دقیقه خنک نمود و سپس آزمون را در پارافین گرم ($5/5$ درجه سلسیوس یا 10 درجه فارنهایت) بیشتر از نقطه ذوب پارافین) فرو برد. ممکن است لازم شود که سطح پارافین به وسیله پارافین اضافی داغ برس زده شود تا همه سوراخهای ریز موجود پر شوند.

۳-۵ جرم آزمون اندود شده در آب:

آزمون اندود شده را در حمام آب در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت) توزین کنید. این جرم را با E نشان دهید.

۴-۵ وزن مخصوص پارافین:

وزن مخصوص پارافین را در صورت مجهول بودن در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس ($77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت) تعیین کنید و با F نشان دهید.

۶ محاسبات

وزن مخصوص حقیقی آزمون را به صورت زیر محاسبه کنید - مقدار به دست آمده را به نزدیک‌ترین عدد تا ۳ رقم اعشار گرد و گزارش کنید.



$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{D - E - \left(\frac{D - A}{F}\right)}$$

که در آن:

A = جرم آزمونه خشک در هوا برحسب گرم؛

D = جرم آزمونه خشک به اضافه پوشش پارافینی در هوا برحسب گرم؛

E = جرم آزمونه خشک به اضافه پوشش پارافین در آب برحسب گرم؛

F = وزن مخصوص پارافین در دمای 25 ± 1 درجه سلسیوس (77 ± 2 درجه فارنهایت).

روش B

۷ لوازم آزمون

۷-۱ ترازو - ترازو باید ظرفیت کافی داشته باشد و تا 0.1 درصد جرم آزمونه یا بیشتر قابل خواندن باشد و با الزامات استاندارد M231 مطابقت داشته باشد.

۷-۲ حمام آب - دمای آن به صورت ترموستاتیکی کنترل شده، بنابراین دمای آب در 25 ± 0.5 درجه سلسیوس (0.9 $77 \pm$ درجه فارنهایت) ثابت باقی می ماند.

۷-۳ دماسنج مطابق با رده ASTM 17C (17F) باشد. دارای محدوده دمایی 19 تا 27 درجه سلسیوس (66 تا 80 درجه فارنهایت) که با تقسیمات فرعی 0.1 درجه سلسیوس (0.2 درجه فارنهایت) مدرج شده است.

۷-۴ حجم سنج^۱، حجم سنجی که تا 1200 میلی لیتر یا ظرفیت مناسب دیگری با توجه به اندازه آزمونه کالیبره شده است. حجم سنج باید دارای درپوش باریک شونده با سوراخ مویینه باشد.

۸ روش آزمون

۸-۱ آزمونه را تا رسیدن به جرم ثابت خشک کنید (بند ۵-۱ را ببینید). آزمونه را تا دمای محیط 25 ± 5 درجه سلسیوس (77 ± 9 درجه فارنهایت) خنک کنید و جرم خشک آن را یادداشت و با C نشان دهید.

۸-۲ تمام سطح آزمونه را به وسیله پارافین مذاب با ضخامت کافی پوشش دهید تا تمام حفره های سطحی آن آب بندی شود. اجازه دهید که پوشش در دمای اتاق 25 ± 0.5 درجه سلسیوس (77 ± 0.9 درجه فارنهایت) در مجاورت

۱- حجم سنج های آلومینومی در سایزهای مختلف در دسترس می باشند.



هوا به مدت حداقل ۳۰ دقیقه خنک شود و سپس آزمون توزین گردد (یادآوری ۱ و یادآوری ۲). این جرم را با C نشان دهید.

۳-۸ یک حجم سنج کالیبره شده را به وسیله آب مقطر با دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس ($1/8 \pm 77$ درجه فارنهایت) پر و سپس توزین نمایید. این جرم را با D نشان دهید.

۴-۸ آزمون اندود شده را داخل حجم سنج قرار داده و آن را ببندید، از خروج مقداری آب توسط سوراخ مویینه سرپوش باریک شونده مطمئن شوید. جداره خارجی حجم سنج را با یک تکه پارچه جاذب آب خشک کرده، حجم سنج و محتوای آن را توزین کنید. این جرم را با E نشان دهید.

۵-۸ وزن مخصوص پارافین را در صورت معلوم نبودن در دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس ($1/8 \pm 77$ درجه فارنهایت) تعیین و آن را با F نشان دهید.

۹ محاسبات

وزن مخصوص حقیقی آزمون را به صورت زیر محاسبه کنید - مقدار به دست آمده را به نزدیکترین عدد تا سه رقم اعشار گرد و گزارش نمایید.

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{D - [E - C + (\frac{C - A}{F})]}$$

که در آن:

A = جرم آزمون خشک در هوا بر حسب گرم؛

C = جرم خشک آزمون اندود شده با پارافین در هوا بر حسب گرم؛

D = جرم حجم سنج پر از آب در دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس ($1/8 \pm 77$ درجه فارنهایت) بر حسب گرم؛

E = جرم حجم سنج حاوی آزمون با پوشش پارافینی و آب در دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس ($1/8 \pm 77$ درجه فارنهایت) بر حسب گرم؛

F = وزن مخصوص حقیقی پارافین در دمای 1 ± 25 درجه سلسیوس ($1/8 \pm 77$ درجه فارنهایت).

۱۰ دقت

۱-۱۰ نتایج حاصل از تکرار آزمون اندازه گیری وزن مخصوص توسط همان شخص نباید مورد شک قرار گیرند، مگر اینکه اختلاف آنها بیش از ۰/۰۲ باشد.



روش استاندارد آزمایش پایداری مخلوط آسفالتی متراکم شده در برابر خرابیهای رطوبتی
Resistance of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA)
to Moisture-Induced Damage
AASHTO: T283-07

۱- هدف

۱-۱- این روش شامل تهیه نمونه‌های آسفالتی و اندازه‌گیری تغییرات مقاومت کششی قطری آنها در اثر اشباع‌سازی و عمل‌آوری رطوبتی تسریع شده با یک چرخه ذوب و انجماد برای مخلوطهای آسفالتی متراکم می‌باشد. نتایج آزمایش را می‌توان برای پیش‌بینی حساسیت دراز مدت عریان شدگی مخلوطهای آسفالتی گرم و ارزیابی اثر مایعات افزودنی ضد عریان‌شدگی که به قیر خالص اضافه می‌شوند و یا جامدات پودری مانند آهک هیدراته یا سیمان پرتلند که به مصالح سنگی اضافه می‌شوند، به کار برد.

۱-۲- مقادیر بر حسب واحدهای SI استاندارد بیان شده است.

۱-۳- این استاندارد می‌تواند دربرگیرنده مواد، عملیات و تجهیزات خطرزا باشد. تمام موارد ایمنی مرتبط به کاربرد این استاندارد، ممکن است در آن تذکر داده نشده باشد، لذا این مسئولیت بر عهده کاربر می‌باشد تا تمهیدات مناسب ایمنی و سلامت را فراهم نماید و انجام مواردی را که دانستن آنها قبل از آزمایش ضروری است، تعیین کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱- استانداردهای آشتو

T166 وزن مخصوص حقیقی مخلوط آسفالتی گرم متراکم به روش اشباع با سطح خشک

T167 مقاومت فشاری مخلوط آسفالتی گرم

T168 نمونه‌گیری از مخلوطهای روسازی آسفالتی

T209 حداکثر وزن مخصوص تئوری و دانسیته مخلوطهای آسفالتی گرم روسازی

T245 مقاومت مخلوط‌های آسفالتی در مقابل تغییر شکل پلاستیک با استفاده از دستگاه مارشال

T247 تهیه نمونه‌های آزمایشی مخلوط‌های آسفالتی با استفاده از دستگاه تراکم مالشی کالیفرنیا^۱

T269 درصد فضای خالی مخلوطهای آسفالتی متراکم با دانه بندی پیوسته و باز

T312 تهیه و تعیین دانسیته نمونه‌های مخلوط آسفالتی گرم با استفاده از دستگاه تراکم چرخشی^۲

T328 برداشت نمونه‌هایی از مخلوط آسفالتی گرم به اندازه مورد نیاز آزمایش

۲-۲- استانداردهای ASTM

D979 نمونه‌گیری از مخلوطهای روسازی آسفالتی

D2041 حداکثر وزن مخصوص تئوری و دانسیته مخلوطهای روسازی آسفالتی

D3387 تراکم و بررسی خواص برشی مخلوطهای آسفالتی با استفاده از دستگاه آزمایش چرخشی انجمن مهندسين آمریکا^۱

¹ California Kneading Compactor

² Superpave Gyrotory Compactor



D3549 ضخامت یا ارتفاع نمونه های متراکم مخلوط روسازی آسفالتی

۳- موارد کاربرد و استفاده

۳-۱- همانگونه که در بخش هدف ذکر شد، این روش برای ارزیابی اثرات اشباع سازی و عمل آوری رطوبتی تسریع شده با یک چرخه ذوب و انجماد برای مخلوط آسفالتی گرم متراکم شده مطلوب می باشد. این روش را می توان به منظور آزمایش (الف) مخلوطهای آسفالتی مربوط به طرح اختلاط آسفالت، (ب) مخلوطهای آسفالتی تهیه شده در کارخانه آسفالت، (ج) مغزه های مخلوط آسفالتی گرم اخذ شده از روسازی های با عمرهای متفاوت، به کار برد.

۳-۲- شاخصهای کمی مشخصات مقاومت کششی غیر مستقیم، از طریق مقایسه مشخصات نمونه های آزمایشگاهی اشباع شده و عمل آوری شده با چرخه ذوب و انجماد و نمونه های حالت خشک حاصل می شود.

۴- خلاصه روش

۴-۱- برای هر ترکیب مخلوط، مانند مخلوط تهیه شده با قیر اصلاح نشده، مخلوط تهیه شده با قیر اصلاح شده توسط عامل ضد عریان شدگی و مخلوط تهیه شده با مصالح سنگی اصلاح شده با آهک هیدراته، نمونه های آزمایش تهیه می شود. هر دسته از نمونه ها به دو گروه فرعی تقسیم می شود. یک گروه در حالت خشک تحت آزمایش کشش غیرمستقیم قرار می گیرد. گروه دیگر، قبل از انجام آزمایش کشش غیرمستقیم، در معرض اشباع شدگی خلاء و دوره انجماد و سپس یک دوره غوطه وری در آب گرم قرار می گیرد. شاخص های کمی مقاومت کششی غیرمستقیم با استفاده از نتایج حاصله از دو گروه خشک و اشباع محاسبه می شوند.

۵- وسایل

۵-۱- تجهیزات لازم برای تهیه و تراکم نمونه ها مطابق یکی از روشهای استاندارد T245، T247، T312 یا ASTM-D3387

۵-۲- تجهیزات تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری (G_{mm}) مخلوط آسفالتی گرم در استاندارد T209 یا ASTM-D2041

۵-۳- ترازو و حمام آب در استاندارد T166

۵-۴- حمام آب با توانایی حفظ دمای $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($140 \pm 1/82^{\circ}\text{F}$)

۵-۵- فریزر با توانایی حفظ دما در $3 \pm 18^{\circ}\text{C}$ ($5 \pm 0^{\circ}\text{F}$)

۵-۶- ورق پلاستیکی برای پوشانیدن نمونه ها، کیسه پلاستیکی ضد نشت آب برای نگهداری نمونه های اشباع شده و نوار چسب پوششی.

۵-۷- مزور مدرج ۱۰ میلی لیتری.

۵-۸- سینی هایی با مساحت ۱۲۹۰۰۰-۴۸۴۰۰ میلی متر مربع (۲۰۰-۷۵ اینچ مربع) و عمق تقریبی ۲۵ میلی متر (۱ اینچ).

۵-۹- گرمخانه با جریان همرفتی و کنترل ترمواستاتیکی، با قابلیت حفظ هر دمای مطلوب، از دمای محیط تا دمای $3 \pm 176^{\circ}\text{C}$ ($5 \pm 350^{\circ}\text{F}$)

۵-۱۰- جک و رینگ بارگذاری مطابق با استاندارد T245 یا یک ماشین آزمایش مکانیکی یا هیدرولیکی مطابق با استاندارد T167 که قادر به اعمال تغییر شکل عمودی کنترل شده با سرعت ۵۰/۸ میلی متر (۲ اینچ) در دقیقه باشد.

¹ Gytratory Testing Machine



۵-۱۱- نوارهای بارگذاری فولادی که سطح مقعر و شعاع انحنا برابر با شعاع اسمی نمونه داشته باشد. برای نمونه‌های با قطر ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ)، عرض نوار بارگذاری بایستی $12/7$ میلی‌متر (۰/۵ اینچ) و برای نمونه‌های با قطر ۱۵۰ میلی‌متر (۶ اینچ)، عرض نوار بارگذاری بایستی $19/05$ میلی‌متر (۰/۷۵ اینچ) باشد. طول نوار بارگذاری باید از ضخامت نمونه بیشتر و لبه‌های آن گرد شده باشد.

۶- تهیه نمونه‌های مخلوط و تراکم در آزمایشگاه

۶-۱- برای انجام هر آزمایش حداقل شش نمونه ساخته می‌شود که سه نمونه در حالت خشک و سه نمونه دیگر بعد از اشباع شدگی جزئی و عمل آوری رطوبتی با یک چرخه ذوب و انجماد، مورد آزمایش قرار می‌گیرند (توجه ۱).

توجه ۱- پیشنهاد می‌گردد برای هر دسته شش تایی، دو نمونه اضافی نیز تهیه شود. این نمونه‌ها را می‌توان برای تعیین میزان تراکم مطابق بند ۶-۵ یا ۷-۴ و نیز برای بررسی روش اشباع کردن در حلال مطابق بند ۱۰-۳، بکار برد.

۶-۲- نمونه‌هایی به قطر ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ) و ضخامت $2/5 \pm 63/5$ میلی‌متر (۰/۱ $\pm 2/5$ اینچ) یا قطر ۱۵۰ میلی‌متر (۶ اینچ) و ضخامت 5 ± 95 میلی‌متر (۰/۲ $\pm 3/75$ اینچ) مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر مصالح سنگی بزرگتر از ۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ) در مخلوط وجود داشته باشد، بایستی از نمونه‌های به قطر ۱۵۰ میلی‌متر استفاده شود.

۶-۳- مخلوط آسفالتی را در اندازه‌های کافی برای ساخت سه نمونه و یا به اندازه کافی برای ساخت تنها یک نمونه تهیه کنید. اگر مخلوط آسفالتی را به اندازه ساخت چند نمونه تهیه می‌کنید، قبل از قرار دادن در گرمخانه، آنرا به اندازه‌های مورد نیاز یک نمونه تقسیم کنید.

۶-۴- پس از اختلاط باید مخلوط آسفالتی در یک سینی با مساحت کف $129000 - 48400$ میلی‌متر مربع (۲۰۰-۷۵ اینچ مربع) و عمق تقریبی ۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ) ریخته شود و به مدت $2 \pm 0/5$ ساعت در دمای محیط سرد شود. سپس مخلوط آسفالتی بایستی جهت عمل آوری، به مدت 1 ± 16 ساعت درون گرمخانه با دمای 3 ± 60 °C (5 ± 140 °F) قرار گیرد. اگر طبقات گرمخانه سوراخ دار نباشد، ظروف حاوی مخلوط آسفالتی می‌بایست بر روی فاصله‌ساز و جداکننده قرار گیرند تا اجازه گردش هوای گرم به زیر ظروف حاوی نمونه داده شود.

۶-۵- پس از عمل آوری و قبل از تراکم کردن، مخلوط را در یک گرمخانه به مدت ۲ ساعت ± 10 دقیقه در دمای تراکم \pm سه درجه سانتیگراد قرار دهید. نمونه‌ها را مطابق یکی از روشهای استاندارد T245 ، T247 ، T312 یا ASTM-D3387 تراکم کنید. مخلوط آسفالتی بایستی بنحوی تراکم شود که درصد فضای خالی آن برابر $7 \pm 0/5$ باشد. با تنظیم تعداد ضربات چکش در روش استاندارد T245 ، تغییر میزان فشار، تعداد کوبه‌ها و یا ترکیبی از این موارد در روش استاندارد T247 یا تغییر تعداد چرخش تراکم در روشهای استاندارد T312 یا ASTM-D3387 می‌توان به این مقدار فضای خالی دست یافت. پروسه تراکم برای هر مخلوط دقیقاً بایستی قبل از تراکم نمونه‌های آزمایشی هر دسته شش تایی، با انجام آزمایشهای لازم تعیین گردد (توجه ۲).

توجه ۲- دلیل فضای خالی بیشتر و ناپایداری نمونه‌های آسفالتی متراکم، قبل از خارج کردن نمونه‌ها از درون قالب اطمینان حاصل گردد که هر نمونه به اندازه کافی خنک و پایدار شده است.

۶-۶- پس از خارج کردن نمونه‌ها از قالب، بایستی آنها را به مدت 3 ± 24 ساعت در دمای محیط نگهداری نمود.

۷- تهیه نمونه‌های مخلوط شده در محل و تراکم شده در آزمایشگاه

AASHTO: T283-07

آزمایشگاه مقاومت مصالح



۷-۱- برای انجام هر آزمایش حداقل شش نمونه ساخته می‌شود که سه نمونه در حالت خشک و سه نمونه دیگر بعد از اشباع شدگی جزئی و عمل آوری رطوبتی با یک چرخه ذوب و انجماد، مورد آزمایش قرار می‌گیرند (توجه ۱).

۷-۲- نمونه‌هایی به قطر ۱۰۰ میلیمتر (۴ اینچ) و ضخامت $2/5 \pm 63/5$ میلیمتر ($0/1 \pm 2/5$ اینچ) یا قطر ۱۵۰ میلیمتر (۶ اینچ) و ضخامت 5 ± 95 میلیمتر ($0/2 \pm 3/75$ اینچ) مورد استفاده قرار می‌گیرد. اگر مصالح سنگی بزرگتر از ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) در مخلوط وجود داشته باشد، بایستی از نمونه‌های به قطر ۱۵۰ میلیمتر استفاده کرد.

۷-۳- از مخلوط‌های آسفالتی مخلوط شده در محل مطابق روش استاندارد ASTM-D979 نمونه‌گیری گردد.

۷-۴- هیچگونه عمل آوری دمایی بر روی مخلوط متراکم نشده، که در بند ۶-۴ شرح داده شد، بر روی نمونه‌های اخذ شده در محل صورت نمی‌گیرد. پس از نمونه‌گیری مخلوط آسفالتی، آنرا مطابق استاندارد T328 به اندازه‌های مناسب تقسیم کنید. مخلوط آسفالتی را تا رسیدن به دمای (دمای تراکم \pm سه درجه سانتیگراد) درون یک گرمخانه قرار دهید. سپس آنرا را مطابق یکی از روشهای استاندارد T245، T247، T312 یا ASTM-D3387 متراکم کنید. مخلوط آسفالتی بایستی به نحوی متراکم شود که درصد فضای خالی آن برابر $0/5 \pm 7$ باشد. با تنظیم تعداد ضربات چکش در روش استاندارد T245، تغییر میزان فشار، تعداد کوبه‌ها و یا ترکیبی از این موارد در روش استاندارد T247 یا تغییر تعداد چرخش تراکم در روشهای استاندارد T312 یا ASTM-D3387 می‌توان به این مقدار فضای خالی دست یافت. پروسه تراکم برای هر مخلوط دقیقاً بایستی قبل از تراکم نمونه‌های آزمایشی هر دسته شش تایی، با انجام آزمایشهای لازم تعیین گردد (توجه ۲).

۷-۵- پس از خارج کردن نمونه‌ها از قالب، بایستی آنها را به مدت 3 ± 24 ساعت در دمای محیط نگهداری نمود.

۸- تهیه نمونه‌های مخلوط و متراکم شده میدانی (مغزه)^۱

۸-۱- بر روی روسازی نقاطی را جهت نمونه‌گیری و گرفتن مغزه انتخاب نمایید. زمانی که لایه‌های روسازی با ضخامت برابر و یا کمتر از $63/5$ میلیمتر ($2/5$ اینچ) مورد آزمایش قرار می‌گیرد، از مغزه‌های به قطر ۱۰۰ میلیمتر (۴ اینچ) استفاده شود. در غیر اینصورت می‌توان از مغزه‌های به قطر ۱۰۰ یا ۱۵۰ میلیمتر (۴ یا ۶ اینچ) استفاده کرد. برای هر یک از شرایط مخلوط، حداقل ۶ مغزه لازم است.

۸-۲- در صورت نیاز لایه‌های آسفالتی مغزه را با اره کردن یا هر وسیله مناسب دیگر جدا کرده و آنها را تا زمان خشک شدن، در دمای آزمایشگاه نگهداری کنید.

۸-۳- هیچگونه عمل آوری دمایی مخلوط نامتراکم، که در بند ۶-۴ شرح داده شد و عمل آوری مخلوط متراکم، که در بند ۶-۶ شرح داده شد، نباید بر روی نمونه‌های مخلوط و متراکم‌شده در محل (مغزه) صورت گیرد.

۹- ارزیابی و گروه‌بندی نمونه‌های آزمایش

۹-۱- پس از عمل آوری و گرمادهی نمونه‌های مخلوط آسفالتی برای آزمایش تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری (Gmm) مطابق آنچه در بندهای ۴-۶، ۵-۶ و ۴-۷ شرح داده شد، مقدار حداکثر وزن مخصوص تئوری آنها را مطابق روش استاندارد T209 یا ASTM-D2041 تعیین نمایید.

۹-۲- ضخامت نمونه‌ها (t) را مطابق استاندارد ASTM-D3549 تعیین نمایید.

¹ Core



۹-۳- قطر هر نمونه (D) را همانگونه که در بندهای ۲-۶، ۲-۷ یا ۱-۸ تعریف شد، در صورت تمایل ثبت کنید.

۹-۴- وزن مخصوص حقیقی نمونه‌ها (Gmb) را مطابق روش A استاندارد T166 تعیین نمایید. حجم نمونه‌ها (E) یا "جرم نمونه اشباع با سطح خشک منهای جرم در آب نمونه‌ها" را بر حسب سانتیمتر مکعب بیان کنید.

۹-۵- درصد فضای خالی (Pa) را مطابق روش استاندارد T269 محاسبه نمایید.

۹-۶- نمونه‌ها را به دو گروه حداقل سه‌تایی به نحوی تقسیم کنید که میانگین فضای خالی دو گروه تقریباً برابر باشد. برای نمونه‌هایی که می‌بایست در معرض اشباع‌شدگی خلاء، چرخه انجماد و دوره غوطه‌وری در آب گرم قرار گیرند، با استفاده از رابطه زیر، مقدار حجم فضای خالی (Va) را بر حسب سانتیمتر مکعب محاسبه کنید.

$$V_a = \frac{P_a E}{100} \quad (1)$$

در این رابطه :

Va : حجم فضای خالی، سانتیمتر مکعب

Pa : فضای خالی، درصد

E : حجم نمونه، سانتیمتر مکعب

توجه ۳- یک کاربرد داده‌ها که مناسب استفاده در این روش باشد، در جدول ۱ نشان داده شده است.

۱۰- پیش عمل‌آوری نمونه‌های آزمایش

۱۰-۱- یک گروه از نمونه‌ها در حالت خشک آزمایش می‌شود و گروه دیگر قبل از انجام آزمایش، در معرض اشباع‌شدگی تحت خلاء، چرخه انجماد و غوطه‌وری در آب گرم قرار می‌گیرد.

۱۰-۲- نمونه‌های حالت خشک، همانگونه که در بند ۶-۶ یا ۷-۵ شرح داده شد، در دمای آزمایشگاه نگهداری می‌شوند. پس از پایان دوره عمل‌آوری مطابق بند ۶-۶ یا ۷-۵، در صورت صلاحدید، این نمونه‌ها باید توسط ورقه‌های پلاستیکی پوشانده شود و یا در کیسه‌های پلاستیکی ضخیم در بسته قرار گیرند. سپس این نمونه‌ها بایستی به مدت ۲ ساعت ± 10 دقیقه در حمام آب 25 ± 0.5 °C (77 ± 1 °F) قرار داده شوند، به نحوی که سطح آب، حداقل ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) بالاتر از سطح نمونه‌ها باشد. سپس نمونه‌ها را مطابق بند ۱۱ مورد آزمایش قرار دهید.

۱۰-۳- گروه دیگر بایستی مطابق مراحل زیر عمل‌آوری شود:

۱۰-۳-۱- نمونه را در ظرف خلاء به نحوی قرار دهید که توسط یک فاصله انداز مشبک، از کف ظرف به میزان حداقل ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) فاصله داشته باشد. ظرف را با آب شرب با دمای محیط به نحوی پر کنید که سطح آب به میزان حداقل ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) از سطح نمونه بالاتر باشد. خلاءزایی را با فشار مطلق ۱۳ تا ۶۷ کیلوپاسکال (فشار نسبی ۱۰ تا ۲۶ اینچ جیوه) برای مدت کوتاهی (۵ تا ۱۰ دقیقه) اعمال کنید. خلاء را قطع نمایید و نمونه را برای مدت کوتاهی (۵ تا ۱۰ دقیقه) درون آب رها کنید.

۱۰-۳-۲- جرم نمونه اشباع با سطح خشک پس از اشباع‌سازی تحت خلاء (B') را مطابق روش A استاندارد T166 تعیین کنید.

۱۰-۳-۳- حجم آب جذب شده (J) را بر حسب سانتیمتر مکعب با استفاده از رابطه زیر محاسبه کنید.

AASHTO: T283-07

آزمایشگاه مقاومت مصالح



$$J' = B' - A$$

(۲)

در این رابطه :

J': حجم آب جذب شده، سانتیمتر مکعب

B': جرم نمونه اشباع با سطح خشک پس از اشباع‌سازی تحت خلاء، گرم

A: جرم نمونه خشک در هوا (بند ۹-۴)، گرم

۱۰-۳-۴- درجه اشباع‌شدگی (S') را با مقایسه حجم آب جذب شده (J') و حجم فضای خالی (V_a) بدست آمده در بند ۹-۶ و با استفاده از رابطه زیر تعیین کنید.

$$S' = \frac{100 \cdot J'}{V_a}$$

(۳)

در این رابطه :

S': درجه اشباع‌شدگی، درصد

۱۰-۳-۵- اگر درجه اشباع‌شدگی بین ۷۰ تا ۸۰ درصد باشد، مطابق بند ۱۰-۳-۷ عمل کنید.

۱۰-۳-۶- اگر درجه اشباع‌شدگی کمتر از ۷۰ درصد باشد، پروسه را از بند ۱۰-۳-۱ با افزایش میزان یا زمان خلاء تکرار کنید. اگر درجه اشباع‌شدگی بیشتر از ۸۰ درصد باشد، نمونه خراب شده است و بایستی دور انداخته شود. در اینصورت مراحل را بر روی نمونه بعدی از بند ۱۰-۳-۱ با کاهش میزان یا زمان خلاء تکرار کنید.

۱۰-۳-۷- هر یک از نمونه‌های خلاء‌زایی شده اشباع را به خوبی توسط ورقه پلاستیکی بپوشانید. هر نمونه پلاستیک‌پیچ شده را درون یک کیسه پلاستیکی حاوی 10 ± 0.5 میلی‌لیتر آب قرار داده و درب کیسه را محکم ببندید. کیسه‌های حاوی نمونه‌ها را به مدت حداقل ۱۶ ساعت، در فریزر در دمای $3 \pm 18 - ^\circ\text{C}$ ($5 \pm 0 ^\circ\text{F}$) قرار دهید. سپس نمونه‌ها را از فریزر خارج کنید.

۱۰-۳-۸- نمونه‌ها را به مدت 1 ± 24 ساعت درون حمام آب آشامیدنی با دمای $1 \pm 60 ^\circ\text{C}$ ($2 \pm 140 ^\circ\text{F}$)، قرار دهید. سطح آب بایستی حداقل ۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ) بالاتر از سطح نمونه‌ها باشد. پس از قرار دادن نمونه‌ها در حمام، هرچه سریعتر کیسه پلاستیکی و سلفون روی نمونه‌ها را بردارید.

۱۰-۳-۹- پس از قرار دادن به مدت 1 ± 24 ساعت درون حمام آب با دمای $1 \pm 60 ^\circ\text{C}$ ($2 \pm 140 ^\circ\text{F}$)، نمونه‌ها را خارج کرده و آنها را به مدت (۲ ساعت $10 \pm$ دقیقه) در حمام آب $0.5 \pm 25 ^\circ\text{C}$ ($1 \pm 77 ^\circ\text{F}$) قرار دهید. سطح آب بایستی حداقل ۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ) بالاتر از سطح نمونه‌ها باشد. ممکن است لازم باشد یخ به آب اضافه شود تا جلوی بالا رفتن دمای آب از $25 ^\circ\text{C}$ ($77 ^\circ\text{F}$) را بگیرد. در این حالت نباید بیش از ۱۵ دقیقه برای رسیدن دمای حمام آب به $25 ^\circ\text{C}$ ($77 ^\circ\text{F}$) طول بکشد. نمونه‌ها را از حمام آب خارج کنید و مطابق بند ۱۱ مورد آزمایش قرار دهید.

۱۱- آزمایش

۱۱-۱- مقاومت کششی غیرمستقیم نمونه‌های خشک و اشباع را در دمای $25 ^\circ\text{C}$ ($77 ^\circ\text{F}$) تعیین کنید.

۱۱-۲- نمونه را از حمام $0.5 \pm 25 ^\circ\text{C}$ ($1 \pm 77 ^\circ\text{F}$) خارج کرده و ضخامت (t) آنرا مطابق روش استاندارد ASTM-D3549 تعیین کنید. نمونه را بین نوارهای بارگذاری فولادی قرار داده و سپس نمونه و نوارهای بارگذاری را بین صفحات بارگذاری

AASHTO: T283-07

آزمایشگاه مقاومت مصالح



دستگاه آزمایش قرار دهید. توجه شود که نیروی وارده در طول قطر نمونه اعمال گردد. بار را از طریق جابجایی صفحه بارگذاری ماشین آزمایش، با سرعت ثابت ۵۰ میلیمتر در دقیقه (۲ اینچ در دقیقه)، به نمونه اعمال کنید.

۱۱-۳- حداکثر بار فشاری نمایش داده شده بر روی دستگاه آزمایش را ثبت کنید و بارگذاری را ادامه دهید تا یک ترک قائم در نمونه ظاهر شود. نمونه را از دستگاه بردارید و از محل ترک آن را دو نیم کنید. سطح داخلی نمونه را برای رسیدن به شواهدی از مصالح سنگی ترک خورده یا شکسته بازرسی کنید. میزان تقریبی خرابی رطوبتی را در مقیاس صفر تا پنج تخمین بزنید (که عدد ۵ بیانگر بیشترین عریان شدگی است) و مشاهدات را در جدول ۱ ثبت کنید.

۱۲- محاسبات

۱۲-۱- مقاومت کششی را به صورت زیر محاسبه نمایید:

واحدهای SI:

$$S_t = \frac{2000P}{\pi t D} \quad (۴)$$

که در این رابطه:

S_t : مقاومت کششی، کیلوپاسکال

P : حداکثر بار، نیوتن

t : ضخامت نمونه، میلیمتر

D : قطر نمونه، میلیمتر

واحدهای مرسوم U.S.:

$$S_t = \frac{2P}{\pi t D} \quad (۵)$$

که در این رابطه:

S_t : مقاومت کششی، psi

P : حداکثر بار، پوندنیرو

t : ضخامت نمونه، اینچ

D : قطر نمونه، اینچ

۱۲-۲- شاخص کمی مقاومت مخلوط آسفالتی گرم در برابر اثر مخرب آب، به صورت نسبت مقاومت کششی پس از عمل آوری رطوبتی و ذوب و انجماد به مقاومت کششی اولیه و دست نخورده، بیان شود. نسبت مقاومت کششی را تا دو رقم اعشار بصورت زیر محاسبه کنید:

$$\text{نسبت مقاومت کششی (TSR)} = \frac{S_2}{S_1} \quad (۶)$$

که در این رابطه:

S_1 : میانگین مقاومت کششی نمونه‌های گروه خشک



S₂: میانگین مقاومت کششی نمونه‌های گروه اشباع

۱۳- گزارش

۱-۱۳- اطلاعات زیر گزارش شود:

۱-۱-۱۳- تعداد نمونه‌های هر گروه

۲-۱-۱۳- میانگین فضای خالی هر گروه

۳-۱-۱۳- مقاومت کششی هر نمونه در هر گروه

۴-۱-۱۳- نسبت مقاومت کششی

۵-۱-۱۳- نتایج مشاهدات عینی خرابی رطوبتی پس از شکستن نمونه

۶-۱-۱۳- نتایج مشاهدات مصالح سنگی ترک خورده یا شکسته

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ۵۵: D ASTM

روش استاندارد آزمایش درجه نفوذ مواد قیری

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش شامل تعیین درجه نفوذ مواد قیری نیمه جامد و جامد می شود. موادی که دارای درجه نفوذ کمتر از ۳۵۰ هستند می توانند با وسایل استاندارد و روش تشریح شده، آزمایش شوند. موادی که درجه نفوذ بین ۳۵۰ تا ۵۰۰ دارند، می توانند با استفاده از وسایل مخصوص و تصحیحات داده شده در بند ۳-۹ تعیین شوند.

۱-۲ این استاندارد ممکن است شامل مواد، عملیات و وسایل خطرناک باشد. این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این استاندارد را بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرائی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۱-۲ استانداردهای ASTM:

C۶۷۰ دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف برای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

D۲۳۹۸ روش آزمایش تعیین نقطه نرمی قیر در اتلین گلیکول (ساجمه و حلقه)

E۱ مشخصات دماسنجهای ASTM

E۷۷ روش بررسی و آزمون دماسنجهای شیشه‌ای

۲-۲ استانداردهای ASTM:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۸۴۶ یافت سطحی

۲-۳ استانداردهای IP:

دماسنجهای استاندارد IP.

۳- تعریف:

۳-۱ نفوذ - قوام مواد قیری به عنوان طولی که یک سوزن استاندارد برحسب یک دهم میلیمتر به طور قائم در نمونه قیر تحت شرایط مشخص بره، زمان و دما نفوذ می‌کند، بیان می‌شود.

۲

۴- خلاصه روش:

۴-۱ نمونه تحت شرایط کنترل شده ذوب و سرد می‌شود. نفوذ با نفوذسنج که به وسیله آن یک سوزن استاندارد تحت شرایط معین به نمونه اعمال می‌شود، اندازه گرفته می‌شود.

۵- مشخصات و کاربرد:

۵-۱ آزمایش درجه نفوذ برای اندازه‌گیری قوام بکار می‌رود. مقادیر بالاتر درجه نفوذ، نرمتر بودن را نشان می‌دهند.

۶- وسایل:

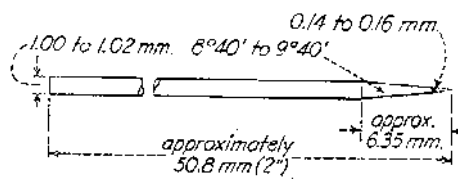
۶-۱ وسایل نفوذ: هر وسیله‌ای که اجازه دهد نگهدارنده سوزن (رقاصک دوکی شکل) به صورت قائم و بدون اصطکاک قابل اندازه‌گیری حرکت کرده و قابلیت نشان دادن عمق نفوذ را با دقت ۰/۱ میلیمتر داشته باشد، قابل قبول خواهد بود. وزن رقاصک باید 0.05 ± 0.047 گرم باشد. وزن کل مجموعه سوزن و رقاصک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

باید $50/0 \pm 0/05$ گرم باشد. وزنه‌های $50 \pm 0/05$ گرم و $100 \pm 0/05$ گرم نیز باید برای بارگذاری کل 100 گرم و 200 گرم برای بعضی حالات لازم آزمایش، آماده شوند. سطحی که ظرف نمونه روی آن قرار گیرد باید مسطح بوده و زاویه محور (میله نفوذ) با این سطح حدود نود درجه باشد. رقاصک برای کنترل وزنش باید به آسانی جدا شود.

۶-۲ سوزن نفوذ

۶-۲-۱ سوزن (شکل یک را ببینید) باید از جنس کاملاً سخت و فولاد زنگ نزن آب داده گروه C-۴۴۰ یا معادل HRC ۵۴ یا HRC ۶ ساخته شود. طول آن باید حدود 50 میلیمتر (۲ اینچ) و قطر آن باید $1/0$ تا $1/02$ میلیمتر ($0/0394$ تا $0/0402$ اینچ) باشد. سوزن باید به طور متقارن در یک انتها، یا تیز شدن به صورت یک مخروط از بالای طول داخلی مخروط، با زاویه بین $8/7$ و $9/7$ درجه، باریک شود.



شکل یک - سوزن برای آزمایش درجه نفوذ

مخروط باید با تنه راسته سوزن هم محور باشد. تغییرات کل محور از محل تقاطع بین مخروط شدگی و سطوح راسته باید از $0/2$ میلیمتر ($0/008$ اینچ) تجاوز نکند. نوک تراشیده شده مخروط باید دارای قطر در محدوده $0/14$ و $0/16$ میلیمتر ($0/0055$ و $0/0063$ اینچ) بوده و زاویه آن با محور سوزن تا 2 درجه باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

لبه داخلی سطح تراشیده نوک باید تیز بوده و عاری از برآمدگی باشد. وقتی بافت سطحی براساس استاندارد بین المللی آمریکایی B ۴۶/۱ یا معادل انگلیسی آن اندازه گرفته می شود، ارتفاع سطح ناصاف از سطح تراشیده شده مخروط باید میانگین حسابی $0/2$ تا $0/3$ میکرومتر (۸ تا ۱۲ میکرو اینچ) را داشته باشد. سوزن باید با یک بست برنجی یا فولاد زنگ نزن نگهداشته شده و طول ظاهر شده باید در محدوده ۴۰ تا ۴۵ میلیمتر ($1/57$ تا $1/77$ اینچ) باشد قطر بست باید $0/05 \pm 3/2$ میلیمتر ($0/003 \pm 0/12$ اینچ) و طول آن باید 1 ± 38 میلیمتر ($0/04 \pm 1/50$ اینچ) باشد. سوزن باید محکم در بست نگهداشته شود. بیرون زدگی نوک سوزن و هر قسمت سوزن نسبت به محور بست نباید بیش از یک میلیمتر ($0/04$ اینچ) باشد.

وزن مجموعه بست و سوزن باید $0/05 \pm 2/50$ گرم باشد. (ایجاد یک سوراخ در انتهای بست یا یک لبه پهن برکنار آن، کنترل وزن را تأمین می نماید). علائم مشخصه انحصاری باید بر روی بست هر سوزن قرارداده شود، همان علامت در یک دوره سه سانه نباید توسط شرکت دیگری تکرار شود.

۶-۲-۲ سوزنهایی که در آزمایش مواد استفاده می شوند برای تطابق با مشخصات باید نشان دهند که همان ملزومات بند ۶-۲-۱ را که در آزمایش تعیین کیفیت لازم است، دارا می باشند.

توجه ۱: در ایالات متحده، سازندگان یا آزمایشگاه های تجاری سوزنهای آزمایش را برای تطابق با تغییرات مجاز تأیید خواهند کرد. در انگلیس آزمایشگاه ملی فیزیک سوزنها را تأیید می کند.

۶-۳ **ظروف نمونه:** استوانه فلزی یا شیشه ای با کف صاف که دارای ابعاد زیر باشد، باید استفاده شود:
برای نفوذهای کمتر از ۲۰۰:

قطر برحسب میلیمتر ۵۵

عمق داخلی برحسب میلیمتر ۳۵

برای نفوذهای بین ۲۰۰ و ۳۵۰:

قطر برحسب میلیمتر ۷۰

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

عمق داخلی برحسب میلیمتر ۴۵

توجه ۲: در ایالات متحده ظروف مشخص مانند جعبه‌های حلبی یا جعبه‌های بدون درز روغن ممکن است در ابعاد تقریبی لازم ذکر شده، بدست آید. یک ظرف سه اونسی برای درجه نفوذهای کمتر از ۲۰۰ و یک ظرف ۶ اونسی برای درجه نفوذهای بین ۲۰۰ و ۳۵۰ استفاده می‌شود.

۴-۶ حمام آب - حمامی به ظرفیت حداقل ۱۰ لیتر و قابلیت نگهداری دما در 25 ± 0.1 درجه سانتیگراد یا هر دمای دیگر آزمایش با دقت 0.1 درجه سانتیگراد استفاده می‌شود. حمام باید یک طبقه مشبک نگهداری داشته باشد که حداقل ۵۰ میلیمتر بالاتر از کف بوده و کمتر از ۱۰۰ میلیمتر زیر سطح مایع در حمام نباشد. اگر آزمایش‌های درجه نفوذ در خود حمام انجام گیرد، یک فنسه اضافی به حد کافی قوی برای نگهداری نفوذ سنج باید تهیه شود. برای تعیین در دماهای پایین ممکن است در حمام از آب شور استفاده شود.

توجه ۳: استفاده از آب مقطر برای حمام پیشنهاد می‌شود. از آلودگی آب حمام با معرفهای سطح، معرفهای واسطه، یا دیگر مواد شیمیایی جلوگیری کنید، این آلودگی‌ها ممکن است در مقادیر بدست آمده درجه نفوذ تأثیر بگذارد.

۵-۶ ظرف انتقال - در صورت استفاده، ظرف انتقال حداقل باید ظرفیت ۳۵ میلی لیتر و عمق کافی آب برای پوشش ظرف بزرگ نمونه را داشته باشد. این ظرف ممکن است به منظور بدست آوردن یک سطح محکم و غیر لرزان برای ظرف نمونه باشد. یک سه پایه با سه نقطه اتکا برای ظرف نمونه برای اطمینان از این منظور راه مناسبی است.

۶-۶ وسیله زمان سنج - برای نفوذ سنج‌های دستی وسیله زمان سنج مناسب مانند زمان سنج الکتریکی، کروномترها وسیله فیزی دیگر با درجه بندی 0.1 ثانیه یا کمتر با تغییرات $0.1 \pm$ ثانیه برای هر ۶۰ ثانیه ممکن است استفاده شود. یک ثانیه شمار شنیدنی با یک ضربان در هر نیم ثانیه نیز می‌تواند استفاده شود. زمان برای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱ شماره باید $0/1 \pm 5$ ثانیه ضوئ بکشد. هر وسیله زمان سنج اتوماتیک که به نفوذ سنج وصل می شود باید بدقت کالیبره شود تا زمان مطلوب آزمایش را با دقت $0/1 \pm$ ثانیه فراهم نماید.

۶-۷ دماسنجها- دماسنجهای شیشه‌ای کالیبره شده با محدوده مناسب با تقسیم بندی و حداکثر مقیاس با خطای $0/1$ درجه سانتیگراد ($0/2$ درجه فارنهایت) با هر وسیله دماسنجی دیگر با دقت خطا و حساسیت معادل باید استفاده شوند. دماسنجها باید مطابق با مشخصات لازم در استاندارد E۱ باشند.

۶-۷-۱ دماسنجهای مناسب که بطور معمول استفاده می باشند عبارتند از:

شماره ASTM: محدوده

۱۷C یا ۱۷F ۱۹ تا ۲۷ درجه سانتیگراد (۶۶ تا ۸۰ درجه فارنهایت)

۶۳C یا ۶۳F ۸ تا ۳۲- درجه سانتیگراد (۱۸ تا ۸۹ درجه فارنهایت)

۶۴C یا ۶۴F ۲۵ تا ۵۵ درجه سانتیگراد (۷۷ تا ۱۳۱ درجه فارنهایت)

۶-۷-۲ دماسنجهای مورد استفاده برای حمام آب باید متناوباً طبق روش E۷۷ کالیبره شوند.

۷- آماده کردن نمونه آزمایش:

۷-۱ نمونه را بدقت حرارت داده و برای جلوگیری از بالارفتن حرارت موضعی آنرا هم بزیند تا نمونه به حد کافی برای ریختن روان شود. در هیچ حالتی دما نباید بیش از 60 درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه نرمی مورد انتظار برای قطران یا سنگ قیر طبق روش آزمایش استاندارد D ۲۳۹۸ و بیش از 90 درجه سانتیگراد بالاتر از نقطه نرمی برای قیر خالص باشد. نمونه‌ها را بیش از 30 دقیقه حرارت ندهید. از محبوس شدن حباب در داخل نمونه جلوگیری کنید.

۷-۲ نمونه را به داخل ظرف نمونه تا عمقی بریزید که وقتی ت دمای آزمایش خنک شد، عمق نمونه حداقل 10 میلیمتر بیشتر از عمقی باشد که انتظار می رود سوزن نفوذ کند. دو نمونه جداگانه برای هر تغییر در شرایط

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

آزمایش تهیه کنید.

۷-۳ هر ظرف را برای محافظت در برابر گرد و غبار به طور آزادانه ببوشانید (یک راه مناسب برای این منظور پوشش با یک بشو وارونه است) و اجازه بدهید در فشار یک اتمسفر در دمای بین ۱۵ و ۳۰ درجه سانتیگراد به مدت یک تا یک و نیم ساعت برای ظروف کوچکتر و به مدت یک و نیم تا دو ساعت برای ظروف بزرگتر، خنک شوند. سپس دو نمونه را با هم دیگر با ظرف انتقال اگر در صورت استفاده، در حمام آبی در دمای تشریح شده برای آزمایش نگهداشته شده، قرار دهید. اجازه دهید ظروف کوچکتر (۳ اونس) به مدت یک تا یک و نیم ساعت و ظروف بزرگتر (۶ اونس) به مدت یک و نیم تا دو ساعت باقی بمانند.

۸- شرایط آزمایش:

۸-۱ در جایی که شرایط آزمایش به صورت خاص ذکر نشده باشد، دما، بار و زمان باید ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت)، ۱۰۰ گرم و ۵ ثانیه نگهداشته شود. حالات دیگری که ممکن است برای آزمایشهای خاص استفاده شود به صورت زیر است:

دما، درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)	بار، برحسب گرم	زمان، برحسب ثانیه
۰ (۳۲)	۲۰۰	۶۰
۲ (۳۹/۲)	۲۰۰	۶۰
۴۶/۱ (۱۱۵)	۵۰	۵

در چنین حالاتی شرایط خاص آزمایش باید گزارش شوند.

۹- روش آزمایش:

۹-۱ نگهدارنده و میله راهنمای سوزن را از نظر نداشتن آب و دیگر مواد خارجی امتحان کنید. یک سوزن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نفوذ را با تولوان یا دیگر حلالهای مناسب تمیز کرده و با پارچه تمیز خشک کنید و سوزن را به داخل نفوذ سنج وارد کنید (توجه ۴). غیر از حالت خاص، وزنه ۵۰ گرمی را بالای سوزن قرار دهید که کل بار وارده $100 \pm 0/1$ گرم باشد. اگر آزمایشها با نفوذ سنج در حمام انجام می شود، ظرف نمونه را مستقیماً در جای خود در نفوذ سنج زیر آب قرار دهید. ظرف نمونه را در ظرف انتقال - قرار داده، ظرف را کاملاً با آب حمام دمای ثابت بپوشانید و ظرف انتقال را در محل خود در نفوذ سنج قرار دهید. در چنین حالتی، سوزن به آرامی پایین آورده تا نوک آن با سطح نمونه تماس پیدا کند. این امر با آوردن نوک واقعی سوزن به صورت تماس با تصویر منعکس شده توسط سطح نمونه زیر منبع نوری که در جای مناسبی قرار گرفته است (توجه ۵) انجام می شود. توجه کنید گیج نفوذ سنج یا شاخص په صفر آورده شده باشد. نگهدارنده سوزن را سریعاً برای مدت زمان معین شده آزاد کنید و وسیله اندازه گیری را برای اندازه گیری فاصله نفوذ برحسب یک دهم میلیمتر تنظیم کنید. اگر ظرف حرکت می کند از نتیجه صرف نظر کنید.

توجه ۴: برای انواع خاص قیرها بعضی اوقات نتایج غیر معقول بدست می آید. وقتی این اتفاق رخ دهد، دستورالعمل مرسوم انگلیسی این است که سوزنها به مدت ۵ دقیقه در یک حلال یک درصد اسید اولیک قبلاً غوطه ور شوند و پس از خشک کردن آزمایش انجام شود. این دستور در استاندارد ایالات متحده نیامده است.

توجه ۵: حالت سوزن می تواند با استفاده از یک لوله شفاف میتل متاکریلیت کاملاً نگهداشته شود.

۲-۹ حداقل سه تعیین در نقاطی بر روی سطح نمونه که از لبه ظرف کمتر از ۱۰ میلیمتر فاصله نداشته باشند، انجام دهید. اگر از ظرف انتقال استفاده می شود، نمونه ظرف انتقال را در فواصل تعیین ها به حمام با دمای ثابت برگردانید. برای هر تعیین از یک سوزن تمیز استفاده کنید. اگر درجه نفوذ بیشتر از ۲۰۰ است، حداقل از سه سوزن در نمونه استفاده کنید تا سه مقدار کامل شود.

توجه ۶: برای آزمایشهای مرجع، درجه نفوذ در دمای های غیر از ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت) باید بدون خارج کردن نمونه از حمام انجام شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۹ سوزن‌ها، ظروف و دیگر شرایط تشریح شده در این روش برای تعیین درجه نفوذ تا ۳۵۰ تدارک دیده شده است. لیکن روشی که ممکن است برای تعیین مقادیر درجه نفوذ تا ۵۰ بکار رود استفاده از ظروف و سوزنهای ویژه را تدارک دیده است. ظروف حداقل باید عمق ۶۰ میلیمتر داشته باشند. حجم کامل مواد در ظرف نباید از ۱۲۵ میلی لیتر تجاوز کرده تا اینکه اجازه دهد نمونه به دمای لازم برسد.

۱-۳-۹ سوزنهای مخصوص ساخته شده برای تعیین چنین مقادیری باید همه مشخصات لازم در بند ۲-۶ را از نظر ابعاد و وزن برآورده کرده و حداقل طول مورد نظر برای سوزن باید ۵۰ میلیمتر باشد.

۲-۳-۹ درجه نفوذ تقریبی مواد با درجه نفوذ بالا نیز ممکن است با استفاده از سوزن استاندارد و ظرف ۶ اونس و لی با بار ۵۰ گرم بدست آید. درجه نفوذ با ضرب کردن نتیجه برای بار ۵۰ گرم در ریشه دوم عدد ۲ محاسبه می شود که عبارتست از:

$$۱/۴۱۴ \times \text{درجه نفوذ تحت بار } ۵۰ \text{ گرم} = \text{درجه نفوذ تحت بار } ۱۰۰ \text{ گرم}$$

گزارش نتایج بدست آمده با این روش باید خطای آزمایش را نشان دهد.

۱۰- گزارش:

۱-۱۰ میانگین سه مقدار درجه نفوذ که تفاوت مقادیر آنها بیشتر از مقادیر در زیر آمده نباشد با دقت واحد گزارش کنید.

۲۵۰	۲۴۹۵۱۵۰	۱۴۹۵۵۰	۴۹۵۰	درجه نفوذ
۸	۶	۴	۲	حداکثر تفاوت بین بیشترین مقدار و کمترین مقدار

۱-۱-۱۰ اگر تفاوتها از مقادیر بالا بیشتر شده باشد آزمایش را با استفاده از نمونه دوم تکرار نمایید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۰-۱-۲ اگر باز هم محدوده تغییرات بیشتر شده از همه نتایج صرف نظر کرده و آزمایش را کاملاً تکرار کنید.

۱۱- دقت و انحراف (توجه ۷):

۱۱-۱ معیار قضاوت پذیرش نتایج درجه نفوذ بدست آمده با این روش در جدول یک داده شده است. اعداد داده شده در ستون دوم جدول یک، انحراف استاندارد یا ضریب تغییرات که برای مواد و حالات تشریح شده در ستون یک مناسبند، می باشد. اعداد داده شده در ستون سه محدوده‌ای هستند که تفاوت نتایج آزمایش تحت شرایط خاص انجام شده، نباید از این حدود بیشتر شود. محدوده قابل پذیرش دو آزمایش برای دقت یک آزمایش کننده اغلب به تکرار پذیری برمی گردد. محدوده دقت چند آزمایشگاه اغلب به روش دوباره کار کردن برمی گردد. یک "نتیجه آزمایش" متوسط درجه نفوذهای قابل قبول تشریح شده در بند ۱۰ می باشد.

توجه ۷: برای تعریف اصلاحات و مشخصات پارامترهای مرجع نشان داده شده باید به دستورالعمل ۶۷۰ مراجعه شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد D۲۶: ASTM

روش استاندارد آزمایش نقطه نرمی قیر (با ابزار ساچمه و حلقه)

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش برای تعیین نقطه نرمی قیر در محدوده دمایی از ۳۰ تا ۱۵۷ درجه سانتیگراد (۸۶ تا ۳۱۵ درجه فارنهایت) با استفاده از ابزار ساچمه و حلقه غوطه ور شده در آب مقطر (در محدوده دمایی ۳۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد)، گلسیرین USP (بالای ۸۰ تا ۱۵۷ درجه سانتیگراد) یا اتیلن گلیکول (۳۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد)، بکار می‌رود.

۱-۲ مقادیر بیان شده در سیستم SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شود.

۱-۳ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این استاندارد را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۱-۲ استانداردهای ASTM:

C ۶۷۰ دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف برای آزمایشهای مصالح ساختمانی

D ۹۲ روش آزمایش نقاط اشتعال شعله وری با ظرف رو باز کلونند

D ۱۴۰ دستورالعمل نمونه‌گیری از مواد قیری

E ۱ مشخصات دماسنجهای ASTM

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱ دو دیسک افقی از قیر که در حلقه‌های برنجی قرار دارند، در یک حمام مایع در حالیکه هر کدام، یک ساچمه فولادی را نگهداشته‌اند، با آهنگ کنترل شده‌ای حرارت داده می‌شوند. نقطه نرمی به صورت میانگین دماهایی که هر کدام از دو دیسک به حد کافی نرم شده که اجازه می‌دهد ساچمه‌های احاطه شده با قیر از ارتفاع ۲۵ میلیمتری (۱/۱۰ اینچی) سقوط نمایند، گزارش می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴- مشخصات و کاربرد

۴-۱ قیرها موادی ویسکوالاستیک بدون نقطه ذوب معین می‌باشند که با افزایش دما به تدریج نرم‌تر شده و کندروانی آنها کمتر می‌شوند. به این دلیل، نقاط نرمی باید بوسیله یک روش قراردادی و بدقت تعریف شده، معین شوند تا نتایج قابل تعمیم باشند.

۴-۲ نقطه نرمی در طبقه بندی قیرهای همانند ابزاری در تأیید یکنواختی محموله‌ها یا منابع تولید شده بکار می‌رود و تمایل مواد را به جاری شدن در دماهای بالا که به هنگام سرویس دهی با آن مواجه می‌شوند، نشان می‌دهد.

۵- وسایل

۵-۱ حلقه‌ها - دو حلقه نگهدارنده لبه دار برنجی که با ابعاد نشان داده شده در شکل (a) ۱ مطابقت می‌کند.
۵-۲ صفحه ریختن - یک صفحه برنجی مسطح و صاف با ابعاد تقریبی ۵۰ در ۷۵ میلیمتر (۲ در ۳ اینچ).
۵-۳ ساچمه‌ها - دو ساچمه فولادی با قطر ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)، که هر یک دارای جرم $3/5 \pm 0/05$ گرم، می‌باشند.

۵-۴ هادیهای ساچمه در مرکز - دو هادی برنجی برای نگهداشتن ساچمه‌های فولادی در مرکز هر حلقه، مطابق با شکل کلی و ابعاد نشان داده شده در شکل (b) ۱.

۵-۵ حمام - یک ظرف شیشه‌ای، که قابل حرارت دادن بوده و قطر داخلی آن نباید کمتر از ۸۵ میلیمتر و عمق از کف گشاد آن (یا از کفی که به طرف شعله است) نباید کمتر از ۱۲۰ میلیمتر باشد.

توجه ۱ - یک بشر ۸۰۰ میلی لیتری از شیشه‌ای مقاوم در برابر حرارت این شرایط را برآورد می‌کند.

۵-۶ نگهدارنده حلقه و ملحقیات - یک نگهدارنده برنجی طراحی شده برای نگهداری دو حلقه در حالت افقی مطابق با شکل و ابعاد نشان داده شده در شکل (c) ۱ که توسط ملحقیات نشان داده شده در شکل (d) ۱ نشان داده شده است. کف حلقه‌های لبه دار در نگهدارنده حلقه باید ۲۵ میلیمتر ($1/0$ اینچ) بالای سطح بالاتر صفحه کف بوده و سطح پایین‌تر صفحه کف باید از کف حمام 3 ± 16 میلیمتر ($1/8 \pm 5/8$ اینچ) فاصله داشته باشد.
۵-۷ دماسنجها:

۵-۷-۱ یک دماسنج ASTM برای اندازه‌گیری نقطه نرمی پایین که دارای محدوده ۲- تا +۸۰ درجه سانتیگراد یا ۳۰ تا ۱۸۰ درجه فارنهایت بوده و مطابق با مشخصات لازم برای دماسنج C ۱۵ یا F ۱۵ که در E۱ تشریح شده،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

می باشد.

۵-۷-۲ یک دماسنج ASTM برای اندازه گیری نقطه نرمی بالا که دارای محدوده ۳۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد یا ۸۵ تا ۳۹۲ درجه فارنهایت بوده و مطابق با مشخصات لازم برای دماسنج C ۱۶ F ۱۶ که در E_۱ تشریح شده، می باشد.

۵-۷-۳ یک دماسنج ASTM برای اندازه گیری نقطه نرمی مواد قیری که دارای محدوده ۱- تا ۱۷۵+ درجه سانتیگراد یا ۳۰ تا ۳۵۰ درجه فارنهایت بوده و مطابق با مشخصات لازم برای دماسنج C ۱۱۳ F ۱۱۳ تشریح شده در E_۱، می باشد.

۵-۷-۴ دماسنج مناسب باید در ملحقات به صورتی که در شکل (d) نشان داده شده، قرار گیرد به طوریکه کف حباب با کف حلقه در یک تراز بوده و حدود ۱۳ میلیمتر (۵/۰ اینچ) از حلقه ها فاصله داشته اما نباید با آنها یا نگهدارنده حلقه تماسی حاصل کند.

۶- معرفی ها و مواد

۶-۱ مایع های حمام:

۶-۱-۱ آب مقطر تازه جوشیده:

توجه ۲: استفاده از آب مقطر تازه جوشیده برای اجتناب از محبوس شدن حبابهای هوا در سطح نمونه که ممکن است در نتایج تأثیر بگذارد، ضروری است.

۶-۱-۲ گلیسرین USP و یا

توجه ۳: احتیاط: - گلیسرین نقطه اشتعال ۱۶۰ درجه سانتیگراد (۳۲۰ درجه فارنهایت) مطابق با روش آزمایش D ۹۲ دارد.

۶-۱-۳ اتیلن گلیکول، ب نقطه جوش بین ۱۹۵ و ۱۹۷ درجه سانتیگراد (۳۸۳ و ۳۸۷ درجه فارنهایت)

توجه ۴: احتیاط: اتیلن گلیکول وقتی که خورده شود یا مانند یک بخار استنشاق شود، سمی است. از تماس مکرر و مداوم با پوست و استنشاق بخارات اجتناب کنید. نقطه اشتعال آن ۱۱۵ درجه سانتیگراد (۲۳۹ درجه فارنهایت) بر طبق روش آزمایش D ۹۲ می باشد. وقتی این مایع حمام استفاده می شود، آزمایش باید در زیر یک هواکش آزمایشگاهی با تهویه کننده هوا که قابلیت خروج بخارات سمی را داشته باشد، انجام شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۲ مواد ضد چسبندگی

۶-۲-۱ برای اجتناب از چسبندگی قیر به صفحه ریختن به هنگام قالب‌گیری دیسکها، سطح صفحه برنجی ممکن است با لایه نازکی از روغن سیلیکون یا گریس (توجه ۵)، مخلوطی از گلیسرین و دکسترین، تالک یا خاک چینی، درست قبل از استفاده، پوشیده شود.

توجه ۵: احتیاط: سیلیکون را از دیگر لوازم آزمایش قیر جدا کرده و از آلوده شدن نمونه‌ها با آن اجتناب شود و وقتی که به سیلیکون‌ها یا دیگر وسایل آغشته با آنها دست زده می‌شود دستکش لاستیکی را بپوشید. آلوده شدن با سیلیکون می‌تواند در نتایج دیگر آزمایشها نظیر درجه نفوذ و نقطه اشتعال خطا ایجاد کند.

۷- نمونه‌گیری:

۷-۱ از مصالح مطابق دستورالعمل D ۱۴۰ نمونه‌گیری کنید.

۸- نمونه‌های آزمایش

۸-۱ قبل از برنامه ریزی برای تکمیل مراحل و انجام آزمایش برای همه نمونه‌های قیر خالص در ۶ ساعت و همه نمونه‌های قطران در ۱/۴ ساعت، آزمایش را شروع نکنید. نمونه قیر را با دقت گرم کرده و هر چند یکبار برای جلوگیری از بالا رفتن حرارت موضعی هم بزنید تا به حد کافی برای ریختن روان شود. (توجه ۶) در هم زدن دقت کنید تا از محبوس شدن حبابهای هوا در نمونه جلوگیری شود.

توجه ۶: برای این منظور یک صفحه داغ با نسبت حداقل توان به واحد سطح آن ۳۷ کینووات بر متر مربع، مناسب می‌باشد.

۸-۱-۱ یک نمونه قیر خالص را بیش از ۲ ساعت در دمای روان شدن نمونه حرارت ندهید، در هیچ حالتی این دما نباید بیش از ۱۱۰ درجه سانتیگراد (۲۰۰ درجه فارنهایت) از نقطه نرمی قیر بالاتر رود.

۸-۱-۲ یک نمونه قیر قطران را بیش از ۳۰ دقیقه در دمای روان شدن نمونه حرارت ندهید، در هیچ حالتی این دما نباید بیش از ۵۵ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت) از نقطه نرمی قیر قطران بالاتر رود.

۸-۱-۳ اگر آزمایش باید بعداً تکرار شود، این نمونه را دوباره گرم نکنید، از نمونه تازه در ظرف تمیز برای آماده کردن نمونه‌های جدید آزمایش استفاده کنید.

۸-۲ دو حلقه برنجی را تقریباً تا دمای روان شدن حرارت دهید (صفحه ریختن را حرارت ندهید) و آنها را روی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

صفحه ریختن که بایکی از مواد ضد چسبندگی آغشته شده، قرار دهید.

۳-۸ مقدار کمی بیش از حجم حلقه از قیر حرارت داده شده را به آرامی به داخل هر حلقه ریخته و سپس اجازه دهید نمونه‌ها به مدت حداقل ۳۰ دقیقه در جریان هوا خنک شوند. برای موادی که در دمای اتاق نرم هستند، نمونه‌ها را به مدت ۳۰ دقیقه در هوای با دمای حداقل ۱۰ درجه سانتیگراد (۱۸ درجه فارنهایت) زیر نقطه نرمی مورد انتظار خنک کنید. از زمان ریخته شدن نمونه در دیسکها، تا قبل از تکمیل آزمایش نباید بیش از ۲۴۰ دقیقه سپری شود.

۴-۸ وقتی نمونه‌ها سرد شدند، اضافی قیر را با کارد یا کاردک کمی گرم شده بردارید. به طوریکه هر دیسک سر راست شده و با سطح بالایی حلقه‌اش تراز باشد.

۹- روش آزمایش

۹-۱ یکی از مایعهای حمام زیر و دماسنج مناسب برای نقطه نرمی مورد انتظار را انتخاب کنید:

۹-۱-۱ آب مقطر تازه جوش برای نقاط نرمی بین ۳۰ تا ۸۰ درجه سانتیگراد (۸۶ و ۱۷۶ درجه فارنهایت) و از دماسنج C ۱۵ F ۱۵ یا دماسنج C ۱۱۳ یا F ۱۱۳ استفاده کنید. دمای حمام به هنگام شروع آزمایش باید $1 \pm$ درجه سانتیگراد (2 ± 41 درجه فارنهایت) باشد.

۹-۱-۲ گلیسرین USP برای نقاط نرمی بالای ۸۰ درجه سانتیگراد (۱۷۶ درجه فارنهایت) و تا ۱۵۷ درجه سانتیگراد (۳۱۵ درجه فارنهایت)، از دماسنج C ۱۶ یا F ۱۶ یا دماسنج C ۱۱۳ یا F ۱۱۳ استفاده کنید. دمای حمام به هنگام شروع آزمایش باید 1 ± 30 درجه سانتیگراد (2 ± 86 درجه فارنهایت) باشد.

۹-۱-۳ اتیلن گلیکول برای نقاط نرمی بین ۳۰ و ۱۱۰ درجه سانتیگراد (۸۶ و ۲۳۰ درجه فارنهایت) و از دماسنج C ۱۱۳ و F ۱۱۳ استفاده کنید. دمای حمام به هنگام شروع آزمایش باید 1 ± 5 درجه سانتیگراد (2 ± 4 درجه فارنهایت) باشد.

توجه ۷: به منظور قضاوت، همه نقاط نرمی‌های تا ۸۰ درجه سانتیگراد (۱۷۶ درجه فارنهایت) باید در حمام آب تعیین شود و همه نقاط نرمی‌های بالاتر از ۸۰ درجه سانتیگراد (۱۷۶ درجه فارنهایت) باید در حمام گلیسرین تعیین شود.

۹-۲ وسایل را با حلقه‌های نمونه، هادیهای ساچمه در مرکز و دماسنج را در موقعیت خود و در زیر هواکش سوار کرده و حمام را پر کنید، به طوریکه عمق مایع با وسایل داخل آن 3 ± 1.5 میلی‌متر ($\frac{1}{8} \pm \frac{1}{8}$ اینچ) باشد. اگر از

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

اتیلن گلیکول استفاده می‌کنید، اطمینان حاصل کنید که هواکش روشن بوده و به طور مناسبی بخارات سمی را خارج می‌کند. بوسیله پنس، دو ساچمه فولادی را در ته حمام قرار دهید به طوری که قبل از بکارگیری مجموعه، به همان دمای آزمایش برسند.

۳-۹ در صورت لزوم، حمام را در آب یخ قرار دهید، یا به آزماهی حرارت دهید تا حمام به دمای مناسب شروع آزمایش رسیده و به مدت ۱۵ دقیقه با وسایل داخل آن در این دما بماند. مواظب باشید که مایع حمام آلوده نشود. ۴-۹ دوباره با استفاده از پنس، هر یک از ساچمه‌ها را از ته حمام در هریک از هادی‌های ساچمه در مرکز قرار دهید.

۵-۹ حمام را از زیر حرارت دهید به طوری که دمای نشان داده شده توسط دماسنج با آهنگ یکنواخت ۵ درجه سانتیگراد (۹ درجه فارنهایت) بر دقیقه بالا رود. (توجه ۸). در صورت لزوم حمام را با استفاده از سرپوشهایی از هدر رفتن گرما محافظت کنید. از آهنگ افزایش دما در طول مدت آزمایش میانگین نگیرید. حداکثر اختلاف قابل قبول برای هر دقیقه بعد از ۳ دقیقه اول ± 0.5 درجه سانتیگراد (± 1 درجه فارنهایت) می‌باشد. هر آزمایشی که آهنگ افزایش دمای آن در این محدوده نیافتد، کنار گذاشته می‌شود.

توجه ۸: تبعیت غیر قابل انعطاف از آهنگ حرارتی تشریح شده، برای حصول نتایج تکراری ضروری است. گرچه از گرمکن برقی یا شعله گاز ممکن است استفاده شود، اما باید از نوع قابل تنظیم تا حرارت دهی کم باشد، تا بتوان آهنگ حرارت دهی را مطابق آنچه تشریح شده نگه داشت.

۶-۹ برای هر ساچمه و حلقه دمای نشان داده شده با دماسنج را در لحظه‌ای که قیر احاطه شده دور ساچمه با کف صفحه تماس پیدا کند، یادداشت کنید. هیچ تصحیحی برای دماسنج انجام ندهید. اگر تفاوت بین دو دما بیش از یک درجه سانتیگراد (۲ درجه فارنهایت) باشد، آزمایش را تکرار کنید.

۱۰- محاسبات

۱-۱۰ برای یک نمونه قیر داده شده، نقطه نرمی تعیین شده در حمام آب کمتر از نقطه نرمی که در حمام گلیسیرین تعیین شده، خواهد بود. از آنجایی که تعیین نقطه نرمی الزاماً اجباری است، این اختلاف فقط برای نقطه نرمی‌های بیش از ۸۰ درجه سانتیگراد (۱۷۶ درجه فارنهایت) اهمیت دارد.

۲-۱۰ تغییر از آب به گلیسیرین برای نقطه نرمی‌های بالاتر از ۸۰ درجه سانتیگراد ناپیوستگی ایجاد می‌کند. با گرد کردن کمترین نقطه نرمی ممکن گزارش شده قیر خالص در گلیسیرین 84.5 درجه سانتیگراد (184 درجه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

فارنهایت) است و کمترین نقطه نرمی ممکن گزارش شده قطران در گلیسیرین $۸۲/۰$ درجه سانتیگراد (۱۸۰ درجه فارنهایت) است. نقطه نرمی‌ها در گلیسیرین کمتر از این مقادیر، به نقطه نرمی‌های در آب برابر با ۸۰ درجه (۱۷۶ درجه فارنهایت) یا کمتر تبدیل شده و باید به همین صورت هم گزارش شود.

۱-۲-۱۰ تصحیح برای قیر خالص $۴/۲-$ درجه سانتیگراد ($۷/۶-$ درجه فارنهایت) و برای قطران $۱/۷-$ درجه سانتیگراد ($۳/۰-$ درجه فارنهایت) است به منظور قضاوت، آزمایش را در یک حمام آب تکرار کنید.

۱-۲-۱۰ تحت هر شرایطی، اگر متوسط دو دما تعیین شده در گلیسیرین ۸۰ درجه سانتیگراد ($۱۷۶/۰$ درجه فارنهایت) یا کمتر برای قیر خالص، یا $۷۷/۵$ درجه سانتیگراد ($۱۷۱/۵$ درجه فارنهایت) یا کمتر برای قطران باشد، آزمایش را در یک حمام آب تکرار کنید.

۱-۳-۱۰ برای تبدیل نقطه نرمی‌های کمی بالاتر از ۸۰ درجه سانتیگراد ($۱۷۶/۰$ درجه فارنهایت) تعیین شده در آب به مقادیر تعیین شده در گلیسیرین، تصحیح برای قیر خالص $۴/۲+$ درجه سانتیگراد ($۷/۶+$ درجه فارنهایت) و برای قطران $۱/۷+$ درجه سانتیگراد ($۳/۰+$ درجه فارنهایت) است. به منظور قضاوت، آزمایش را در حمام گلیسیرین تکرار کنید.

۱-۳-۱۰ تحت هر شرایطی، اگر متوسط دو دمای تعیین شده در آب ۸۵ درجه سانتیگراد (۱۸۵ درجه فارنهایت) یا بالاتر باشد، آزمایش را در حمام گلیسیرین تکرار کنید.

۱-۴-۱۰ نتایج بدست آمده با استفاده از حمام اتیلن گلیکول با مقادیری که با استفاده از آب و گلیسیرین تعیین می‌شود تفاوت خواهد داشت و توسط فرمولهای زیر محاسبه می‌گردد:

قیر خالص:

$$۱/۳۳۴۹۶۸ - \text{نقطه نرمی (با اتیلن گلیکول)} \times ۱/۰۲۶۵۸۳ = \text{نقطه نرمی (با گلیسیرین)} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$۱/۴۴۴۵۹ - \text{نقطه نرمی (با اتیلن گلیکول)} \times ۰/۹۷۴۱۱۸ = \text{نقطه نرمی (با آب)} \text{ } ^\circ\text{C}$$

قطران:

$$۵/۰۶۳۵۷۴ - \text{نقطه نرمی (با اتیلن گلیکول)} \times ۱/۰۴۴۷۹۵ = \text{نقطه نرمی (با گلیسیرین)} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$۸/۴۱۳۴۸۸ - \text{نقطه نرمی (با اتیلن گلیکول)} \times ۱/۰۶۱۱۱۱ = \text{نقطه نرمی (با آب)} \text{ } ^\circ\text{C}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱- گزارش:

۱۱-۱ وقتی که از دماسنج های ASTM از نوع C ۱۵ یا F ۱۵ استفاده می شود، میانگین یا میانگین تصحیح شده دماهای یادداشت شده در بند ۹-۶ برای نقطه نرمی را با دقت ۰/۲ درجه سانتیگراد یا ۰/۵ درجه فارنهایت گزارش کنید.

۱۱-۲ وقتی از دماسنج های ASTM از نوع C ۱۶ یا F ۱۶ یا دماسنج C ۱۱۳ یا F ۱۱۳ استفاده می شود میانگین یا میانگین تصحیح شده دماهای یادداشت شده در بند ۹-۶ برای نقطه نرمی را با دقت ۰/۵ درجه سانتیگراد یا ۰/۵ درجه فارنهایت گزارش کنید.

۱۱-۳ مایع حمام استفاده شده در آزمایش را گزارش کنید.

۱۲- دقت:

۱۲-۱ با آب جوشیده یا گلیسرین USP، از معیارهای زیر باید برای قضاوت قابل پذیرش بودن نتایج استفاده شود. (با احتمال ۹۵ درصد).

۱۲-۱-۱ دقت یک آزمایش کننده - انحراف از استاندارد یک آزمایش کننده ۰/۴۱ درجه سانتیگراد (۰/۷۳ درجه فارنهایت) بدست آمده است. بنابراین، نتایج دو آزمایش انجام شده توسط همان آزمایش کننده بر روی همان نمونه قیر نباید بیش از ۱/۲ درجه سانتیگراد (۲/۰ درجه فارنهایت) اختلاف داشته باشد.

۱۲-۱-۲ دقت چند آزمایشگاه - انحراف از استاندارد چند آزمایشگاه ۰/۷ درجه سانتیگراد (۱/۲۶ درجه فارنهایت) بدست آمده است. بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده بر روی همان نمونه قیر از دو آزمایشگاه نباید بیش تر از ۲/۰ درجه سانتیگراد (۳/۵ درجه فارنهایت) اختلاف داشته باشد.

۱۲-۲ با اتیلن گلیکول، معیارهای زیر برای قضاوت قابل قبول بودن نتایج باید استفاده شود:

۱۲-۲-۱ دقت یک آزمایش کننده - انحراف از استاندارد یک آزمایش کننده ۰/۷۲ درجه سانتیگراد (۱/۲۹ درجه فارنهایت) بدست آمده است. بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده توسط همان آزمایش کننده بر روی همان نمونه قیر نباید بیش از ۲/۰ درجه سانتیگراد (۳/۵ درجه فارنهایت) باشد.

۱۲-۲-۲ خطای چند آزمایشگاه - انحراف از استاندارد چند آزمایشگاه ۱/۰۸ درجه سانتیگراد (۱/۹۵ درجه فارنهایت) بدست آمده است. بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده توسط دو آزمایشگاه بر روی همان نمونه قیر

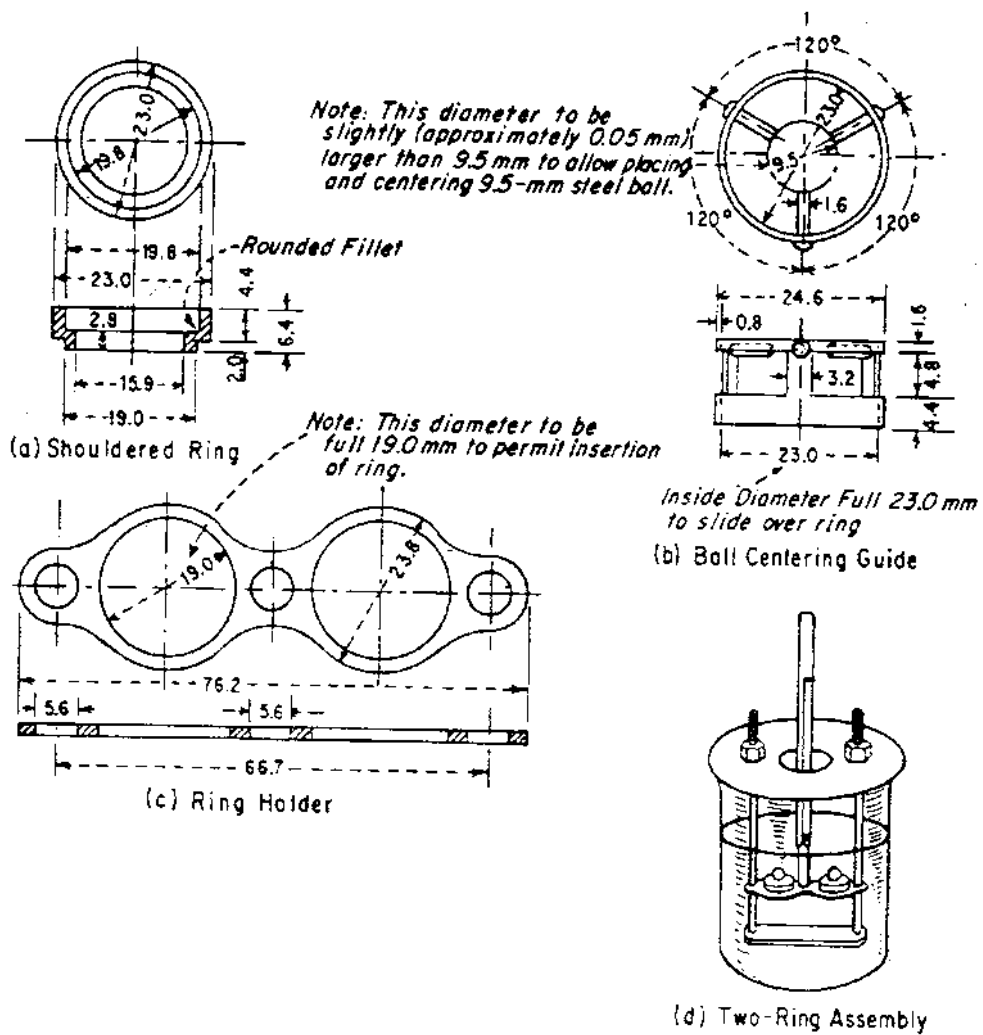
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نباید بیش از ۳/۰ درجه سانتیگراد (۵/۵ درجه فارنهایت) اختلاف داشته باشد.

۱۳- لغت نامه:

۱۳-۱ قیر، حلقه و ساجمه، قفزان زغال سنگی، نقطه نرمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



توجه: همه ابعاد میلی متر باشند.

شکل یک - حلقه‌های نگهدارنده، هادی‌های ساچمه‌ها، نگهدارنده حلقه و مجموعه

وسایل نشان دهنده دو حلقه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM: D ۷۰

روش استاندارد آزمایش وزن مخصوص و دانسیته مواد قیری نیمه جامد

۱- هدف:

۱-۱ این روش آزمایش شامل تعیین وزن مخصوص و دانسیته مواد قیری نیمه جامد، قیرخالص و قطران نرم با استفاده از پیکنومتر می باشد.

۱-۲ این استاندارد همه موارد یعنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد یعنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱ استانداردهای ASTM :

۰۶۷۰ دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

۰۱۲۰ دستورالعمل نمونه گیری از مواد قیری

۰۱ مشخصات دماسنجهای ASTM

۳- تشریح اصطلاحات ویژه این استاندارد

۳-۱ وزن مخصوص - وزن مخصوص مواد قیری نیمه جامد، قیر خالص و قطران، نسبت جرم حجم معینی از مواد در دمای ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتیگراد) یا در دمای ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ درجه سانتیگراد) به جرم همان حجم آب در همان دما می باشد و به صورت زیر گزارش می شود:

وزن مخصوص ۷۷ بر ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ بر ۲۵ درجه سانتیگراد) یا ۶۰ بر ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ بر ۱۵/۶ درجه سانتیگراد).

۳-۲ دانسیته - جرم واحد حجم است که به صورت زیر گزارش می شود:

دانسیته، در ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتیگراد) بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب یا در ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ درجه سانتیگراد) بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب

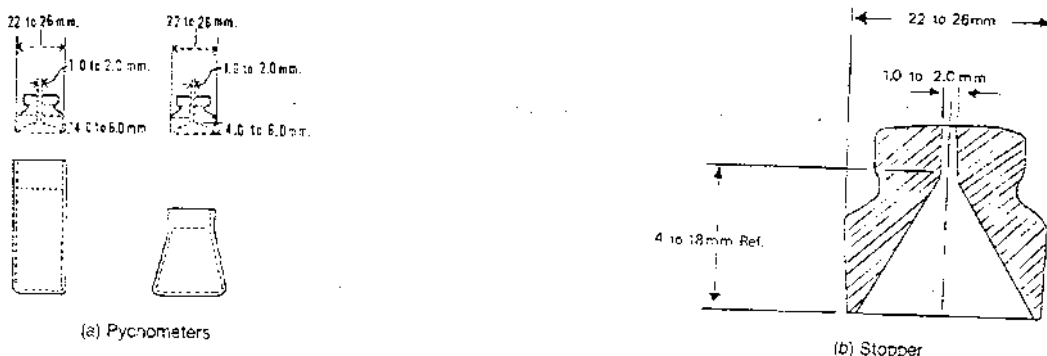
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴- مشخصات و موارد کاربرد

۴-۱ مقادیر وزن مخصوص و دانسیته برای تبدیل احجام به واحد جرم هایی که در دیگر استانداردهای ASTM و در مرحله انجام کار لازم است، استفاده می شوند.

۵- وسایل

۵-۱ پیکنومتر شیشه‌ای، عبارت است از لوله استوانه‌ای یا مخروط ناقصی که بدقت مسطح شده تا دقیقاً با سرپوش شیشه‌ای به قطر ۲۲ تا ۲۶ میلی‌متر کیپ شود. سرپوش باید با سوراخی به قطر $1/0$ تا $2/0$ میلی‌متر در مرکز آن در امتداد محور قائم تهیه شده باشد. سطح بالای سرپوش باید صاف و مسطح بوده و سطح پایینی باید مقعر بوده به نحوی که اجازه دهد تمام هوا از میان سوراخ خارج شود. ارتفاع مقطع تورفتگی باید ۴ تا ۱۸ میلی‌متر در مرکز باشد. پیکنومتر با سرپوش باید ظرفیت ۲۴ تا ۳۰ میلی لیتر داشته باشد و وزن آن نباید بیش‌تر از ۴۰ گرم باشد. پیکنومترهای مناسب در شکل یک نشان داده شده‌اند.



شکل یک - پیکنومترهای مناسب و درپوش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۲ حمام آب، با دمای ثابت که توانایی نگهداری دما را با اختلاف ۰/۲ درجه فارنهایت (۰/۱ درجه سانتیگراد) از دمای آزمایش، داشته باشد.

۵-۳ دماسنجها - شیشه‌ای کالیبره شده، از نوع غوطه وری کامل با محدوده مناسب و با تقسیم بندی‌های حداقل ۰/۲ درجه فارنهایت (۰/۱ درجه سانتیگراد) و حداکثر خطای ۰/۲ درجه فارنهایت (۰/۱ درجه سانتیگراد) به صورتیکه در مشخصه E1 تشریح شده، می‌باشند. به طور معمول دماسنجهای ۶۳۴ یا ۶۳۰ استفاده می‌شوند. هر وسیله حرارت سنجی که دقت معادل داشته باشد، ممکن است استفاده شود.

۶- نمونه‌گیری از توده

۶-۱ نمونه‌ها از محموله‌ها باید طبق روش D1۴۰ گرفته شده و عاری از مواد خارجی باشند. نمونه را قبل از برداشتن یک قسمت نمایانگر برای آزمایش کاملاً مخلوط کنید.

۷- مواد

۷-۱ آب مقطر یا آب غیر یونیزه - آب تازه جوشیده و مقطر سرد شده یا آب غیر یونیزه باید برای پرکردن پیکنومتر و بشر استفاده شود.

۸- آماده کردن تجهیزات

۸-۱ بخشی از یک بشر کوتاه شکل گریفین را با آب غیر یونیزه یا آب تازه جوشیده یا آب مقطر سرد شده تا سطحی که اجازه دهد از بالای پیکنومتر تا عمقی بیش از ۴۰ میلیمتر فرو رود، پر کنید.

۸-۲ بشر را در حمام آب تا عمتی که مناسب باشد غوطه ور کنید به طوری که کف بشر در عمقی بیش از ۱۰۰ میلیمتر غوطه ور شده، در حالیکه بالای بشر بالای سطح آب حمام باشد. بشر را در جای خود محکم کنید.

۸-۳ دمای حمام آب را با اختلاف حدود ۰/۲ درجه فارنهایت (۰/۱ درجه سانتیگراد) از دمای آزمایش نگهدارید.

۹- کالیبراسیون پیکنومتر

۹-۱ پیکنومتر را کاملاً تمیز و خشک کرده و با دقت ۱ میلی‌گرم وزن کنید. این وزن را با A نشان دهید.

۹-۲ بشر را از حمام آب خارج کرده و با آب تازه جوشیده مقطر یا غیر یونیزه پر کرده و درپوش را به طور سست در پیکنومتر قرار دهید. پیکنومتر را در بشر گذاشته و درپوش را محکم به جای خود فشار دهید. بشر را به حمام آب بازگردانید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

توجه ۱- کالیبراسیون باید در دمای معینی انجام شود. پیکنومتری که در یک دما کالیبره شده است نمی تواند در دمای دیگری بدون کالیبره شدن مجدد در آن دما، استفاده شود.

۹-۳ اجازه بدهید پیکنومتر در آب به مدت حداقل ۳۰ دقیقه بماند. پیکنومتر را خارج کرده و فوراً بالای درپوش را با یک تماس حوله خشک (توجه ۲)، خشک کنید، سپس سریعاً محیط خارجی پیکنومتر را خشک کرده و با دقت یک میلی گرم وزن کنید. وزن پیکنومتر بعلاوه آب را با B نشان دهید.

توجه ۲- بالای درپوش را حتی اگر یک قطره کوچک آب در اثر انبساط بالا آمده و شکل گرفته باشد دوباره خشک نکنید. اگر بالا در لحظه خروج پیکنومتر از آب خشک شده باشد، وزن مناسب در دمای آزمایش ثبت خواهد شد. اگر رطوبت در ضمن وزن کردن روی سطح جانبی پیکنومتر جمع شود سریعاً اطراف پیکنومتر را (غیر از بالای آن) قبل از ثبت وزن دوباره خشک کنید.

۱۰- روش کار:

۱۰-۱ آماده کردن نمونه - نمونه را بدقت حرارت داده و برای جلوگیری از بالا رفتن حرارت موضعی، آنرا هم بزیند تا نمونه به قدر کافی برای ریختن روان شود. در هیچ حالتی دما نباید ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) بیشتر از نقطه نرمی قطران و ۲۰۰ درجه فارنهایت (۱۱۱ درجه سانتیگراد) بیشتر از نقطه نرمی قیر بالاتر باشد. بیش از ۳۰ دقیقه حرارت نداده و از ورود حباب هوا به داخل نمونه جلوگیری کنید.

۱۰-۲ به قدر کافی نمونه به داخل پیکنومتر تمیز و خشک که گرم هم شده، بریزید تا در حدود سه چهارم ظرفیت آن پر شود. دقت کنید که مواد با اطراف پیکنومتر در بالای سطح نهایی قیر تماس پیدا نکرده و از ورود حباب هوا به داخل نمونه جلوگیری کنید (توجه ۳). اجازه بدهید پیکنومتر و محتویات آن تا دمای محیط برای مدت حداقل ۴۰ دقیقه خنک شده و آن را با درپوش با دقت ۱ میلی گرم وزن کنید. وزن پیکنومتر بعلاوه وزن نمونه را C بنامید.

توجه ۳- اگر حبابهای هوا به علت عدم دقت جذب شده باشند، حبابها را از سطح قیر در پیکنومتر با شعله بلند و ملایم چراغ گاز بنسن، خارج کنید. برای اجتناب از گرم شدن بیش از حد، در هر مرتبه شعله را بیش از چند ثانیه در تماس با قیر نگه ندارید.

۱۰-۳ بشر را از حمام آب خارج کنید، پیکنومتر شامل قیر را با آب غیر یونیزه یا آب مقطر تازه جوشیده پر کرده و درپوش را به طور سست در پیکنومتر قرار دهید. اجازه ندهید حباب هوایی، در پیکنومتر باقی بماند. پیکنومتر را در بشر قرارداده و درپوش را در محل خود محکم فشار دهید. بشر را به حمام آب بازگردانید.

۱۰-۴ پیکنومتر را به مدت حداقل ۳۰ دقیقه در حمام آب نگهدارید. پیکنومتر را از حمام خارج کرده و آنرا به روش و زمان ذکر شده در بند ۹-۳ خشک و وزن کنید. این وزن پیکنومتر بعلاوه آب را D بنامید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱- محاسبات

۱-۱۱ وزن مخصوص را با دقت ۰/۰۰۱ به صورت زیر محاسبه کنید:

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{(C - A)}{[(B - A) - (D - C)]}$$

در این رابطه:

A = وزن پیکنومتر (بعلاوه درپوش)

B = وزن پیکنومتر پر شده با آب

C = وزن پیکنومتر که قسمتی از آن با قیر پر شده و

D = وزن پیکنومتر بعلاوه قیر بعلاوه آب

۱۱-۲ دانسیته را با دقت ۰/۰۰۱ به صورت زیر محاسبه کنید:

$$W_T \times \text{وزن مخصوص} = \text{دانسیته}$$

در این رابطه:

وزن مخصوص = از بند ۱-۱۱ محاسبه شده

W_T = دانسیته آب در دمای آزمایش در واحدهای مورد نظر (توجه ۴)

توجه ۴- دانسیته آب از چهل و هفتمین چاپ هند بوک شیمی فیزیک به صورت زیر است:

دمای آزمایش بر حسب	دانسیته آب بر حسب
درجه فارنهایت (درجه سانتیگراد)	پوند بر گالن (گرم بر سانتیمتر مکعب)
۶۰ (۱۵/۶)	۸/۳۳۷ (۰/۹۹۹۰)
۷۷ (۲۵)	۸/۳۲۱ (۰/۹۹۷۱)

۱۲- گزارش

۱۲-۱ وزن مخصوص و دانسیته را با دقت سه رقم بعد از اعشار و دمای آزمایش ۷۷ بر ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ بر

۲۵ درجه سانتیگراد) یا ۶۰ بر ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ بر ۱۵/۶ درجه سانتیگراد) گزارش کنید.

۱۳- دقت

۱۳-۱ دقت یک آزمایش کننده - انحراف استاندارد یک آزمایش کننده برای وزن مخصوص مواد قیری نیمه جامد

آزمایش شده در دمای ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ درجه سانتیگراد) ۰/۰۰۱۳ بدست آمده است. بنابراین نتایج دو

آزمایش خاص انجام شده توسط همان آزمایش کننده با یک نوع ماده نباید بیش از ۰/۰۰۳ تفاوت نماید. (توجه ۵).

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۱-۱۳ برای مواد آزمایش شده در دمای ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتیگراد)، انحراف استاندارد ۰/۰۰۰۸۲ بدست آمده است (توجه ۵). بنابراین نتایج دو آزمایش خاص با همان آزمایش کننده نباید بیش از ۰/۰۰۲ تفاوت نماید (توجه ۵).

۱-۱-۱۳ نتایج آزمایشات خاص انجام شده بوسیله همان آزمایش کننده برای دانسیته نباید بیش از مقدار زیر تفاوت نمایند:

دمای آزمایش برحسب درجه فارنهایت (درجه سانتیگراد)	دانسیته برحسب پوند بر گالن (گرم بر سانتیمتر مکعب)
۶۰ (۱۵/۶)	۰/۰۲۵ (۰/۰۰۳)
۷۷ (۲۵)	۰/۰۱۷ (۰/۰۰۲)

۱۳-۲ دقت چند آزمایشگاه - انحراف استاندارد چند آزمایشگاه برای مواد فیری نیمه جامد آزمایش شده در دمای ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ درجه سانتیگراد) ۰/۰۰۲۴ بدست آمده است (توجه ۵). بنابراین نتایج دو آزمایش خاص انجام شده از دو آزمایشگاه مختلف بر روی همان نمونه ماده نباید تفاوت بیش تر از ۰/۰۰۷ داشته باشد (توجه ۵).

۱۳-۲-۱ برای مواد آزمایش شده در دمای ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتیگراد)، انحراف معیار بدست آمده ۰/۰۰۱۹ است (توجه ۵). بنابراین نتایج دو آزمایش خاص و انجام شده توسط دو آزمایشگاه متفاوت بر روی نمونه های همان مواد نباید بیش از ۰/۰۰۵ اختلاف داشته باشند (توجه ۵).

۱۳-۲-۲ نتایج دو آزمایش خاص انجام شده از دو آزمایشگاه مختلف برای دانسیته روی نمونه هایی از همان مواد نباید بیش از مقدار داده شده در زیر متفاوت باشد:

دمای آزمایش برحسب درجه فارنهایت (درجه سانتیگراد)	دانسیته برحسب پوند بر گالن (گرم بر سانتیمتر مکعب)
۶۰ (۱۵/۶)	۰/۰۵۸ (۰/۰۰۷)
۷۷ (۲۵)	۰/۰۴۲ (۰/۰۰۵)

توجه ۵ - این اعداد به ترتیب، محدوده های (IS) و (DYS) را که در دستورالعمل ۰۶۷۰ تشریح شده، بیان می کنند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک - دقت داده‌های وزن مخصوص برای مواد قیری نیمه جامد

چند آزمایشگاه			یک آزمایش کننده			دما	درجه فارنهایت (درجه سانتیگراد)
DYS	IS	درجات آزادی	DYS	IS	درجات آزادی		
۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۱۸	۲۴	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۱	۵۴	۶۰(۱۵/۶)	قیر
۰/۰۰۶۸	۰/۰۰۲۴	۲۴	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۸۰	۵۴	۷۷(۲۵/۰)	
۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۲۹	۲۷	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۱۳	۷۲	۶۰(۱۵/۶)	قطران
۰/۰۰۴۸	۰/۰۰۱۷	۲۷	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۸۳	۷۲	۷۷(۲۵/۰)	
۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۲۴	۵۱	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۱۳	۱۱۴	۶۰(۱۵/۶)	مقادیر
۰/۰۰۵۳	۰/۰۰۱۹	۵۱	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۰۸۲	۱۱۴	۷۷(۲۵/۰)	ذخیره شده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM :D۸۸

استاندارد روش آزمایش کندروانی سیبولت

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش تجربی، تعیین کندروانی سیبولت مطلق یا کندروانی سیبولت فیورول فرآورده‌های نفتی دردمای معین بین ۲۱ و ۹۹ درجه سانتیگراد (۷۰ و ۲۱۰ درجه فارنهایت) را شامل می‌شود. فرآورده‌های مومی به روش خاصی مورد آزمایش قرار می‌گیرند.

توجه ۱- روشهای آزمایش D۲۴۴۵ و D۲۱۷۰ برای تعیین کندروانی کینماتیک برتری دارند. این روشها به نمونه‌های کوچکتر و زمان کمتری نیاز داشته و دقت بیشتری دارند. کندروانی کینماتیک می‌تواند با استفاده از جدول داده شده در دستورالعمل D۲۱۶۱ به کندروانی سیبولت تبدیل شود. پیشنهاد می‌شود که شاخص‌ها کندروانی کینماتیک به جای کندروانی سیبولت محاسبه شوند.

۱-۲ مقادیر در واحد SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند.

۱-۳ این استاندارد ممکن است شامل مواد، عملیات و لوازم خطرناک باشد. این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرائی آنرا مشخص کند.

۱- مراجع مستند

۱-۲ استانداردهای ASTM

D۹۳	روشهای آزمایش نقطه اشتعال بوسیله دستگاه آزمایش سریسته پنسکی - مارتینیز
D۱۱۷	راهنمای روشهای آزمایش و مشخصات روغنهای عایق الکتریکی با منشأ نفتی
D۱۴۰	دستورالعمل نمونه‌گیری از مواد قیری
D۴۴۵	روش آزمایش کندروانی کینماتیک مایعهای شفاف و کدر (و محاسبه کندروانی دینامیکی)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

D2161	دستورالعمل تبدیل کندروانی کینماتیک به کندروانی سیبولت مطلق یا کندروانی سیبولت فیورول
D2170	روش آزمایش کندروانی کینماتیک قیرها (مواد قیری)
D4057	دستورالعمل نمونه گیری دستی از نفت و فرآورده های نفتی
D4177	روش نمونه گیری اتوماتیک از نفت فرآورده های نفتی
E1	مشخصات دماسنجهای ASTM
E11	مشخصات الکهای سیمی - پارچه ای برای اهداف آزمایش
E102	روش آزمایش کندروانی سیبولت فیورول مواد نفتی دردهای بالا

۳- تعاریف

۳-۱ کندروانی سیبولت مطلق: زمان تصحیح شده عبور ۶۰ میلی لیتر جریان نمونه از میان مجرای کالیبره شده مطلق تحت شرایط معین برحسب ثانیه می باشد. مقدار کندروانی دردمای معین برحسب سیبولت مطلق به ثانیه که به مدت SUS مخفف شده بیان می شود.

۳-۲ کندروانی سیبولت فیورول: زمان تصحیح شده عبور مقدار ۶۰ میلی لیتر جریان نمونه از میان مجرای کالیبره شده فیورول تحت شرایط معین برحسب ثانیه می باشد. مقدار کندروانی دردمای معین برحسب سیبولت فیورول به ثانیه که به صورت SFS مخفف شده بیان می شود.

۳-۳ فیورول، کلمه ای است که از ترکیب حروف اول لغات Fuel (سوخت)، Road (جاده) و Oils (روغنهای نفتی) حاصل شده است.

۴- خلاصه روش آزمایش

۴-۱ زمان عبور مقدار ۶۰ میلی لیتر از جریان مایع از یک مجرای کالیبره شده تحت شرایط بدقت کنترل شده برحسب ثانیه اندازه گرفته می شود. این زمان با استفاده از یک ضریب مجرا تصحیح شده و به صورت کندروانی نمونه در آن درآوردن گزارش می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵- مشخصات و کاربرد

۱-۵ این روش آزمایش در مشخص کردن ویژگیهای فرآوردههای نفتی، همانند عاملی در ایجاد یکساختی محموله ها و منابع تولید مفید واقع می شود.

۲-۵ راهنمای D117 را در مورد قابلیت استفاده روغنهای نفتی به عنوان روغنهای عایق الکتریکی ببینید.

۳-۵ کندروانی سیبولت فیورول تقریباً یک دهم کندروانی سیبولت مطلق است و برای توصیف فرآوردههای نفتی مانند روغنهای سوختی و دیگر مواد باقی مانده که کندروانی سیبولت مطلق آنها بیش از هزار ثابته باشند، پیشنهاد می شود.

۴-۵ تعیین کندروانی سیبولت فیورول مواد قیری در دماهای بالاتر به وسیله روش آزمایش E102 تشریح شده است.

۶- وسایل

۱-۶ کندروانی سنج سیبولت و حمام که در شکل یک داده شده در ضمیمه A1 تشریح شده است.

۲-۶ لوله خارج کننده که در شکل ۲ نشان داده شده است.

۳-۶ نگهدارنده دماسنج که در شکل ۳ نشان داده شده است.

۴-۶ دماسنجهای کندروانی سیبولت که در جدول یک برای قرائت دمای نمونه به ردیف آورده شده اند.

هر دماسنج باید با مشخصات لازم در استاندارد E1 برای آن شماره دماسنج ASTM مطابقت داشته باشد.

۵-۶ دماسنجهای حمام - دماسنجهای کندروانی سیبولت یا هر دماسنج دیگری که دما را نشان داده و دارای دقت معادل باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک - دماسنجهای کندروانی سیبولت استاندارد ASTM

دماسنج		شماره دماسنج	دمای استاندارد آزمایش
نسبت دما درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)	محدوده درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)	ASTM	درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)
۰/۱ (۰/۲)	۲۷ تا ۱۹ (۸۰ تا ۶۶)	۱۷C (۱۷F)	۲۱/۱ (۷۰)
۰/۱ (۰/۲)	۲۷ تا ۱۹ (۸۰ تا ۶۶)	۱۷C (۱۷F)	۲۵/۰ (۷۷)
۰/۱ (۰/۲)	۴۲ تا ۳۴ (۱۰۸ تا ۹۴)	۱۸C (۱۸F)	۳۷/۸ (۱۰۰)
۰/۱ (۰/۲)	۵۷ تا ۴۹ (۱۳۴ تا ۱۲۰)	۱۹C (۱۹F)	۵۰/۰ (۱۲۲)
۰/۱ (۰/۲)	۵۷ تا ۴۹ (۱۳۴ تا ۱۲۰)	۱۹C (۱۹F)	۵۴/۴ (۱۳۰)
۰/۱ (۰/۲)	۶۵ تا ۵۷ (۱۴۸ تا ۱۳۴)	۲۰C (۲۰F)	۶۰/۰ (۱۴۰)
۰/۱ (۰/۲)	۸۷ تا ۷۹ (۱۸۸ تا ۱۷۴)	۲۱C (۲۱F)	۸۲/۲ (۱۸۰)
۰/۱ (۰/۲)	۱۰۳ تا ۹۵ (۲۱۸ تا ۲۰۴)	۲۲C (۲۲F)	۹۸/۹ (۲۱۰)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول دو - مایع پیشنهادی برای حمام

دقت کنترل دمای حمام درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)	A حداکثر اختلاف دمای درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)	مایع پیشنهادی حمام	دمای آزمایش استاندارد درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)
± ۰/۰۳ (۰/۰۵)	± ۰/۰۵ (۰/۱۰)	آب	۷۰/۱ (۷۰)
± ۰/۰۳ (۰/۰۵)	± ۰/۰۵ (۰/۱۰)	آب	۷۷/۰ (۷۷)
± ۰/۰۳ (۰/۰۵)	± ۰/۱۵ (۰/۲۵)	آب باروغن باکتریونی SUS ۷۰ تا ۵۰ دردمای ۳۷/۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت)	۳۷/۸ (۱۰۰)
± ۰/۰۳ (۰/۰۵)	± ۰/۲ (۰/۳۵)	آب باروغن باکتریونی SUS ۵۰ تا ۱۲۰ دردمای ۳۷/۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت)	۵۰/۰ (۱۲۲)
± ۰/۰۳ (۰/۰۵)	± ۰/۳۰ (۰/۵۰)	آب باروغن باکتریونی SUS ۱۵۰ تا ۲۰۰ دردمای ۳۷/۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت)	۵۴/۴ (۱۳۰)
± ۰/۰۶ (۰/۱)	± ۰/۶۰ (۱/۱۰)	آب باروغن باکتریونی SUS ۱۵۰ تا ۱۲۰ دردمای ۳۷/۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت)	۶۰/۰ (۱۴۰)
± ۰/۰۶ (۰/۱)	± ۰/۸۰ (۱/۵)	آب باروغن باکتریونی SUS ۳۷۰ تا ۳۰۰ دردمای ۳۷/۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت)	۸۲/۲ (۱۸۰)
± ۰/۰۶ (۰/۱)	± ۱/۱۰ (۲/۰)	آب باروغن باکتریونی SUS ۳۷۰ تا ۳۰۰ دردمای ۳۷/۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت)	۹۸/۹ (۲۱۰)

A حداکثر تفاوت بین دمای آزمایش و نمونه در زمان آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۶ قیف صافی که در شکل ۴ نشان داده شده، مجهز به تورهای سیمی قابل تعویض ۱۵۰ میکرومتر (شماره ۱۰۰ و ۷۵ میکرومتر) شماره ۲۰۰) که مطابق با مشخصات مربوط به تورسیمی در استاندارد E11 می باشد. ۶-۷ فلاسک دریافت کننده، که در شکل ۵ نشان داده شده است.

۶-۸ زمانسنج، با تقسیمات یک دهم ثانیه و یادقت ۰/۱ درصد وقتی که آزمایش بیش از ۶۰ دقیقه طول بکشد زمان سنج برقی در صورتیکه با جریانی با بسامد کنترل شده کار کند، قابل قبول است.

۷- نمونه گیری

۷-۱ نمونه گیری مواد مطابق با دستورالعمل های D140، D4057 و یاروش D4177 هر کدام که مناسبتر است، انجام شود.

۸- آماده کردن وسایل

۸-۱ از یک مجرای مطلق یا نوک دار برای روغن ها و مواد تقطیری با زمان عبور بیشتر از ۳۲ ثانیه برای داشتن دقت مطلوب استفاده کنید. مایعاتی با زمان عبور بیشتر از هزار ثانیه برای آزمایش با این مجرا مناسب نیستند.

۸-۲ از یک مجرا مطلق یا نوک دار برای مواد باقی مانده با زمان عبور بیشتر از ۲۵ ثانیه که دقت مطلوب را بدهد استفاده کنید. بند ۵-۳ رانیز ببینید.

۸-۳ کندروانی سنج را با حلال مناسبی که خاصیت سمی کمتری داشته کاملاً تمیز کرده سپس تمام حلال را از کندروانی سنج و مسیر جریان آن خارج کنید. فلاسک دریافت کننده را به همان طریق تمیز کنید.

توجه ۲: میله ای که عموماً با کندروانی سنج بکار می رود نباید هرگز برای تمیز کردن استفاده شود. زیرا استفاده از آن ممکن است به زه های عبور جریان و دیوارهای کندروانی سنج آسیب برساند.

۸-۴ کندروانی سنج و حمام را در جایی قرار دهید که در معرض ریختن گرد و غبار یا بخارات که ممکن است نمونه را آلوده کند و یا در معرض تغییر دمای هوا قرار نگیرند.

۸-۵ فلاسک دریافت کننده (شکل ۵) را طوری زیر کندروانی سنج قرار دهید که علامت درجه بندی روی فلاسک از ته بوله کندروانی سنج ۱۰۰ تا ۱۳۰ میلی متر (۴ تا ۵ اینچ) پائین تر بوده و جریان روغن دقیقاً در گلوئی فلاسک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تخلیه شود.

۸-۶ حمام را حداقل ۶ سیلیمتر ($\frac{1}{4}$ اینچ) بالاتر از لبه سرریز کندروانی سنج با مایع حمام مناسبی که از جدول ۲ انتخاب شده است، پر کنید.

۸-۷ ^{با زدن} ~~وزن~~ مناسب ^{در} حرارت حمام را طوری کنترل کنید که دمای نمونه آزمایشی در کندروانی سنج بیش از ± 0.03 درجه سانتیگراد (± 0.05 درجه فارنهایت) از دمای انتخابی بدست آمده نمونه اختلاف نداشته باشد. ۸-۸ اندازه گیری های کندروانی را ^{در} آلامهای زیر نقطه تقطیر در فشار اتاق انجام ندهید.

۸-۹ برای کالیبراسیون آزمایشهای مقایسه‌ای دمای اتاق را بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد (۶۸ و ۸۶ درجه فارنهایت) نگهداشته و دمای واقعی را یادداشت کنید با وجود این دمای اتاق تا ۳۸ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت) خطائی بیش از یک درصد نمی دهد.

۹- کالیبره و استاندارد کردن

۹-۱ کندروانی سنج مطلق را در فواصل زمانی معین بوسیله اندازه گیری زمان عبور روغن استاندارد با کندروانی مناسب در دمای $37/8$ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت) مطابق با روش داده شده در بخش ۱۰، کالیبره کنید. ضمیمه A۲ را برای روغنهای با کندروانی استاندارد قابل دسترسی ببینید.

۹-۲ زمان عبور روغن با کندروانی استاندارد باید معادل مقدار کندروانی سیبولت اعلام شده باشد. اگر زمان عبور از مقدار اعلام شده بیش از 0.2 درصد اختلاف داشته باشد فاکتور تصحیح F را برای کندروانی سنج به صورت زیر محاسبه کنید:

$$F = \frac{V}{t}$$

که در این رابطه:

V = کندروانی سیبولت اعلام شده استاندارد

t = زمان عبور اندازه گیری شده در $37/8$ درجه سانتیگراد (۱۰۰ درجه فارنهایت) بر حسب ثانیه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

توجه ۳: اگر کالیبراسیون براساس کندروروانی روغن استاندارد می که زمان عبور بین ۲۰۰ تا ۶۰۰ ثانیه را دارد انجام گرفته باشد، ضریب تصحیح در تمام دماها برای تمام سطوح کندروروانی قابل اعمال است.

۹-۳ کندروروانی سنج سیولت فیورول رادر ۵۰/۰ درجه سانتیگراد (۱۲۲ درجه فارنهایت) به همان روش بالا با استفاده از روغن با کندروروانی که حداقل دارای زمان عبور ۹۰ ثانیه باشد، کالیبره کنید.

۹-۴ کندروروانی سنج یا مجراهایی که تصحیح بیش از ۱ درصد لازم دارند نباید برای آزمایشهای مقایسه‌ای استفاده شوند.

۱۰- روش آزمایش

۱۰-۱ دمای حمام رادرمای انتخابی برای آزمایش قراردادده و کنترل کنید.

۱۰-۱-۱ دماهای استاندارد برای اندازه گیری کندروروانی های سیولت مطلق ۱/۱، ۳۷/۸، ۵۴/۴ و ۹۸/۹ درجه سانتیگراد (۷۰ و ۱۰۰ و ۱۳۰ و ۲۱۰ درجه فارنهایت) می باشند.

۱۰-۱-۲ دماهای استاندارد برای اندازه گیری کندروروانی های سیولت فیورول ۰/۲۵، ۳۷/۸، ۵۰/۰، ۹۸/۹ درجه سانتیگراد (۷۷، ۱۰۰، ۱۲۳، ۲۱۰ درجه فارنهایت) می باشند.

۱۰-۱-۳ سایر دماهای استاندارد می شوند شامل ۰/۶۰، ۸۲/۲، ۱۴۰ و ۱۸۰ درجه فارنهایت) می باشند.

۱۰-۲ یک درپوش چوب پنبه‌ای که ریسمان جهت خارج کردن آسان به آن متصل است به داخل محفظه هوای ته کندروروانی سنج وارد کنید. چوب پنبه باید کاملاً به حد کافی محکم شود تا از خروج هوا جلوگیری کند که ملاک، عدم وجود روغن روی چوب پنبه وقتی که بیرون کشیده شود به شرحی که بعداً داده می شود، می باشد.

۱۰-۳ اگر دمای انتخاب برای آزمایش بیشتر از دمای اتاق باشد، آزمایش ممکن است بادوباره گرم کردن نمونه در ظرف اصلی خود که بیش از ۱/۷ درجه سانتیگراد (۳۰ درجه فارنهایت) از دمای آزمایش بالاتر نباشد، ممکن است تسریع شود. هرگز هیچ نمونه‌ای را تا دمای ۲۸ درجه سانتیگراد (۵۰ درجه فارنهایت) تا نقطه اشتعال آن حرارت ندهید (روش آزمایش ۹۳D رابینید) زیرا باز دست رفتن مواد فرار آن ممکن است ترکیب آن عوض شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۰-۴ نمونه را بخوبی بهم زده سپس آنرا از الک ۱۵۰ میکرومتر (شماره ۱۰۰) در داخل قیف صافی مستقیماً به کندروانی سنج انتقال دهید تا بالای لبه سرریز هم سطح گردد.

۱۰-۵ کندروانی روغنه‌ای استوانه تصفیه بخار، روغنه‌ای روغنکاری سیاه، روغنه‌ای باقی مانده مواد سوختی و فرآورده‌های مومی مشابه با سابقه حرارتی‌شان می‌توانند تحت تاثیر واقع شوند. از روش گرم کردن مجدد زیر با چنین فرآورده‌هایی که نتایج یکنواختی در دماهای زیر ۹۳ درجه سانتیگراد بدست می‌دهند استفاده کنید:

۱۰-۵-۱ نمونه را در ظرف اصلی خود تا حدود ۵۰ درجه سانتیگراد (۱۲۲ درجه فارنهایت) همراه با بهم زدن و تکان دادن برای حل کردن و مخلوط کردن مواد سوختنی ^{کمز} ~~جوات~~ دهیده بایک میله هم زن ته ظرف را بررسی کنید تا معلوم شود که کل مواد مومی حل شده و به خوبی مخلوط شده اند.

۱۰-۵-۲ حدود ۱۰۰ میلی لیتر از آنرا به داخل یک فلاسک در ازلن مایر ۱۲۵ میلی لیتر بریزند به صورت شل بایک چوب پنبه یا سرپوش لاستیکی سرآزاینند.

۱۰-۵-۳ فلاسک را در حمام آب جوش به مدت ۳۰ دقیقه غوطه ور کنید.

۱۰-۵-۴ بخوبی مخلوط کرده و ^{بهر} ~~باز~~ از حمام آب جوش خارج کنید بیرون فلاسک را تمیز کرده و خشک کنید و نمونه را از میان قیف صافی با تور ۷۵ میکرومتر (شماره ۲۰۰) مستقیماً به داخل کندروانی سنج عبور دهید تا با بالاتر از لبه سرریز هم سطح گردد.

۱۰-۶ نمونه را در داخل کندروانی سنج با دماسنج مناسب کندروانی که مجهز به نگهدارنده دماسنج است (شکل ۳) هم بزنید از حرکت چرخشی با ۳۰ تا ۵۰ دور در دقیقه در سطح افقی استفاده کنید. وقتی دمای نمونه به مدت یک دقیقه هم زدن مداوم با اختلاف ۰/۰۳ درجه سانتیگراد (۰/۰۵ درجه فارنهایت) از دمای آزمایش ثابت ماند، دماسنج را خارج کنید.

توجه ۴: برای تنظیم دما هرگز اقدام به داخل کردن اجسام داغ یا سرد به نمونه نکنید. چنین طرز عملی، روی نمونه ودقت آزمایش اثر می‌گذارد.

۱۰-۷ فوراً نوک لوله خروجی را (شکل ۲) در یک نقطه از گالری قرار داده و عمل مکش را برای خارج کردن روغن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تا اینکه سطح آن در گالری زیرلبه سرریز قرار گیرد، لبه سرریز را بالوله خروجی تماس ندهید، اثر ارتفاع مایع ناشی از نمونه کاهش پیدامی‌کند.

۸-۱۰ جهت اطمینان کنترل کنید که فلاسک دریافت کننده در جای مناسبی قرار دارد؛ سپس چوب پنبه را از کندروانی سنج با استفاده از نخ متصل شده به آن بیرون کشیده و زمان سنج را در همان موقع به راه بیاندازید. ۹-۱۰ زمان سنج را به هنگامی که کف به علامت درجه بندی روی فلاسک دریافت کننده برسد، قطع کنید. زمان عبور را بر حسب ثانیه با دقت ۰/۱ ثانیه یادداشت کنید.

۱۱- محاسبات و گزارش

۱-۱۱ زمان عبور را در ضریب تصحیح کندروانی سنج تعیین شده در بند ۹-۲ ضرب کنید.
۲-۱۱ زمان تصحیح شده عبور را به عنوان کندروانی سیبولت مطلق یا فیورول روغنی که در آن دما آزمایش شده است، گزارش کنید.

۱-۲-۱۱ مقادیر کمتر از SUS ۲۰۰ یا SFS را با دقت ۰/۱ ثانیه گزارش کنید. مقادیر ۲۰۰ ثانیه یا بیشتر را با دقت ثانیه کامل گزارش کنید.

۱۲- دقت و انحراف

۱-۱۲ دقت و انحراف تحت بررسی هستند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

«ضمانت» (مورد ۱)

A1- کندروانی سنج سیولت ومحلقات

A1-1 کندروانی سنج - کندروانی سنج تشریح شده در شکل یک، باید کاملاً از فلز مقاوم در برابر خوردگی بابعاد لازم مطابق با آنچه که در شکل یک نشان داده شده، ساخته شود. نوک مجرای وسیله اندازه گیری مطلق یا فیورول ممکن است طوری ساخته شود که بخش قابل تعویضی در کندروانی سنج باشد. یک مهره در انتهای پائینی کندروانی سنج برای محکم کردن آن در حمام تعبیه کنید و به طور قائم در حمام قرار داده و مسیر را با یک تراز جیوه‌ای بر روی صفحه لبه گالری امتحان کنید. برای جلوگیری از جریان نمونه تا شروع آزمایش از یک چوب پنبه یا وسیله مناسب دیگر آماده کنید. یک زنجیر کوچک یا نخ جهت تسریع در خارج کردن ممکن است به چوب پنبه وصل شود.

A1-2 حمام - حمام همچنین همانند یک نگهدارنده برای نگهداشتن کندروانی سنج در حالت عمودی بخوبی ظرفی برای مایع حمام بکار می‌رود. حمام را به عایق موثر و با یک وسیله هم زن مناسب مجهز کنید. حمام را به یک سیم پیچ برای گرم و سرد کردن و به گرم کننده قابل کنترل باترموستات که توانائی نگهداری حمام در حدود عملی داده شده در جدول ۲ باشد، مجهز کنید. گرم کننده و سیم پیچ باید حداقل در ۳۰ میلیمتری از کندروانی سنج قرار گیرد. وسیله‌ای برای نگهداری مایع حمام در حداقل ۶ میلیمتر (۰/۲۵ اینچ) بالاتر از لبه سرریز آماده کنید. مایع‌های حمام در جدول ۲ داده شده‌اند.

A2- استانداردهای کندروانی

A1 استانداردهای کندروانی سیولت - استانداردهای کندروانی روغن مطابق با شرایط ASTM مقادیر کندروانی سیولت گزارش داده اند که به وسیله تعیین مقادیر کندروانی کینماتیک بنانهاده شده‌اند. مقادیر کینماتیک به مقادیر کندروانی سیولت مطلق و کندروانی سیولت فیورول بوسیله ضرایب تبدیل که در جدول داده شده در دستورالعمل D2161 آمده تبدیل می‌شود. کندروانی های سیولت تقریبی در جدول A2-1 نشان داده شده‌اند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

A2-2 تطبیق استاندارد ها با استانداردهای کندروانی سیپولت - استانداردهای کندروانی ممکن است همچنین برای کالیبراسیون عادی در دیگر دماهای نشان داده شده در جدول A2-1 استفاده شوند.

مابقی مرجع دیگر مناسب برای کالیبراسیون عادی ممکن است با انتخاب روغنهای پایدار که در محدوده مطلوب قرار دارند و تعیین کندروانی آنها در یک کندروانی سنج کالیبره شده مطابق با مشخصات لازم استاندارد ASTM بنا نهاده شوند.

A2-3 کالیبراسیون عادی - استانداردهای کندروانی ممکن است همچنین برای کالیبراسیون عادی در دیگر دماهایی که در جدول A2-1 نشان داده شده، استفاده شوند.

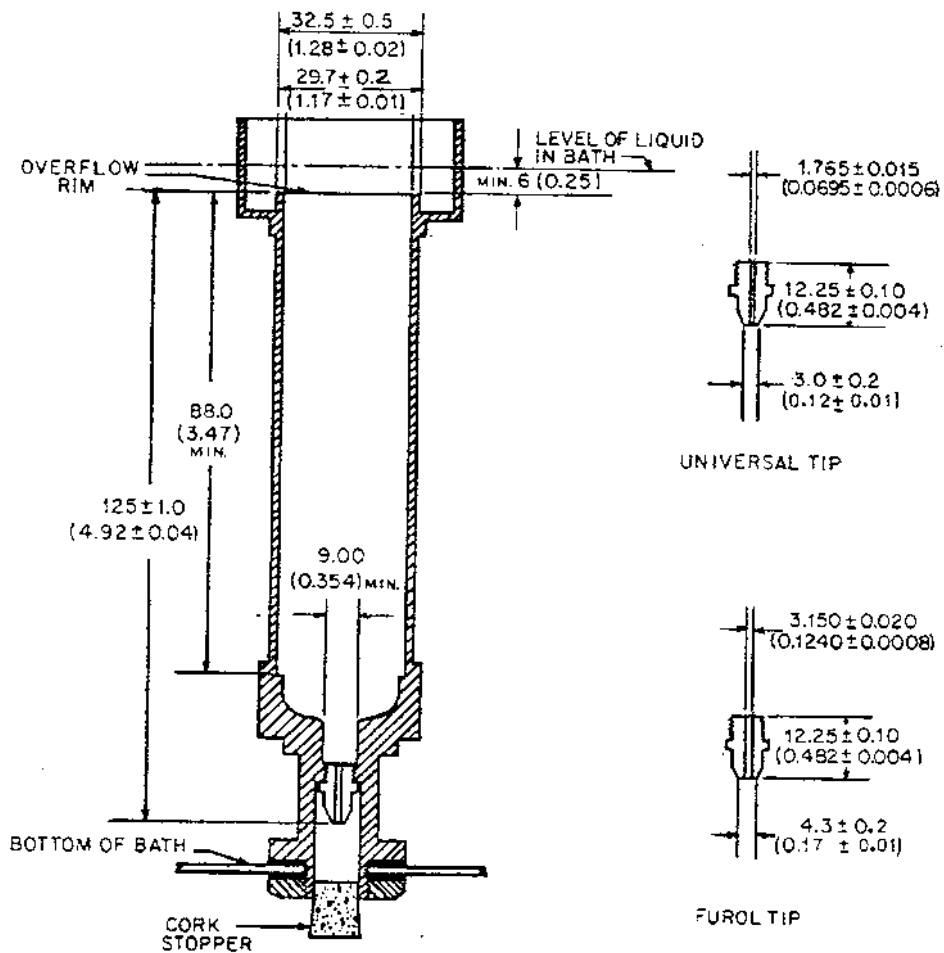
روغنهای استاندارد کندروانی سیپولت (A)

جدول A2-1

روغنهای استاندارد کندروانی	SUS در 37/8 درجه سانتیگراد (100 درجه فارنهایت)	SUS در 98/9 درجه سانتیگراد (210 درجه فارنهایت)	SFS در 50 درجه سانتیگراد (122 درجه فارنهایت)
S3	36	---	---
S6	46	---	---
S20	100	---	---
S60	290	---	---
S200	930	---	---
S600	---	150	130

A - این روغنهای استاندارد کندروانی در ظرف 0/5 لیتری (یک پیت) از کمپانی وسایل کانون صندوق پستی 16 در دسترس می باشد. /ظ

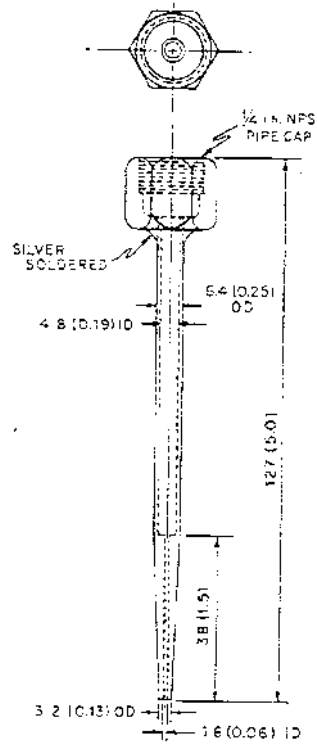
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



NOTE—All dimensions are in millimetres (inches).

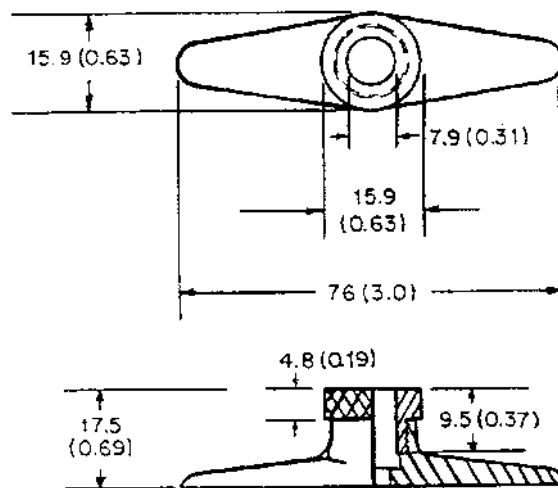
شکل یک - کندروانی سنج سیبولت با مجرای مطلق و فیورول

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



NOTE - All dimensions are in millimetres (inches).

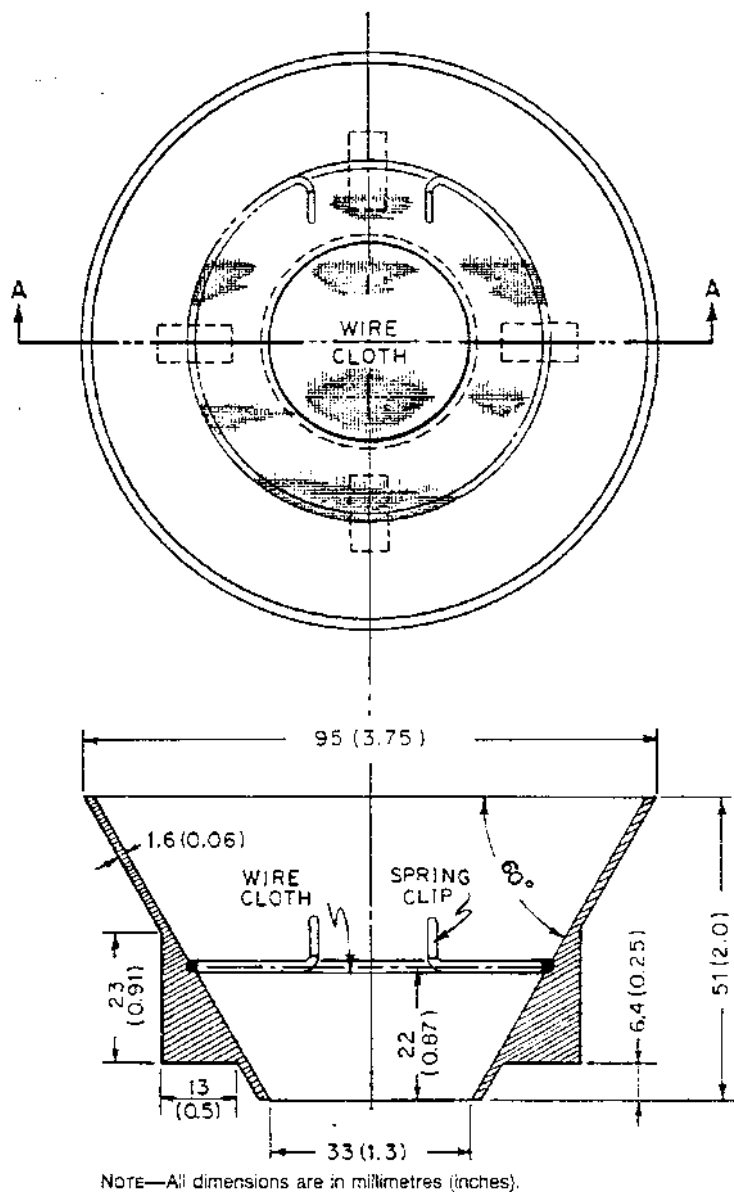
شکل دو - لوله خارج کننده برای استفاده با کندروانی سنج سیبولت



NOTE - All dimensions are in millimetres (inches).

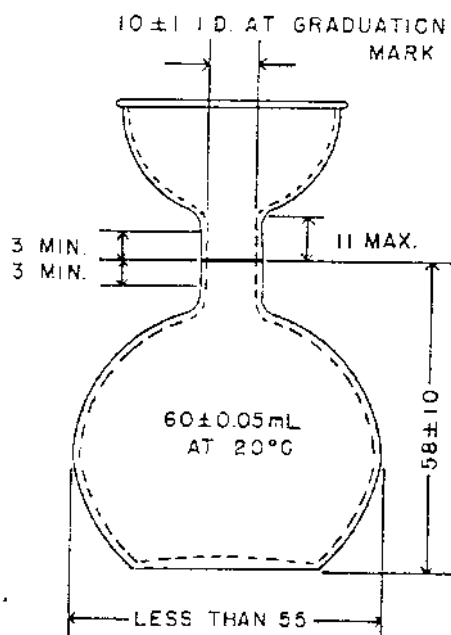
شکل ۳ - نگهدارنده دماسنج

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۴ - قیف صافی برای استفاده با اکندروانی سنج سیبولت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



NOTE—All dimensions are in millimetres.

شکل ۵ - فلاسک گیرنده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ۷۸-۹۲ :D ASTM

روش استاندارد آزمایش نقطه اشتعال و نقطه شعله ور شدن با ظرف روباز کلوند

۱- هدف

۱-۱ این روش شامل تعیین نقطه اشتعال و نقطه شعله ور شدن همه فرآورده های قیری بجز روغنهای نفتی و آلتها می باشد که نقطه اشتعال زیر ۱۷۵ درجه فارنهایت (۷۹ درجه سانتیگراد) دارند. می باشد.

توجه ۱- مقادیر به و حدهای پنج - یونگ به عنوان استاندارد پذیرفته می شوند.

توجه ۲- این دستورالعمل در انگلیس و بسیاری از کشورهای دیگر به صورت روش IP-۳۵ استفاده می شود مگر اینکه روش IP-۳۴ - D۹۳ مشخص شده باشد. این روش ممکن است در موقع لزوم برای تعیین نقطه شعله ور شدن روغنهای نفتی با استفاده از روش IP-۳۴ - D۹۳ در نظر گرفته شود. روش IP-۳۴ - D۹۳ همچنین ممکن است وقتی که مد نظر باشد تعیین مکان حضور تمرکز با غلظت کم مواد با نقطه اشتعال پایین تر که ممکن است با روش D۹۲ حذف گردند. استفاده شود.

روش D۱۳۱۰ ممکن است در صورتیکه نقطه اشتعال زیر ۱۷۵ درجه فارنهایت (۷۹ درجه سانتیگراد) بوسیله روش IP-۳۶ - D۹۲ تعیین شده باشد. استفاده شود.

۱-۲ این استاندارد باید برای اندازه گیری و تشریح خواص مواد فرآورده ها یا تجهیزات در مقابل حرارت و شعله تحت شرایط آزمایشگاهی کنترل شده استفاده شود و نباید برای تشریح یا ارزیابی خطرات آتش یا احتمال آتش گیری مواد فرآورده ها یا تجهیزات تحت شرایط واقعی آتش گرفتن استفاده شود. لیکن نتایج این آزمایش ممکن است به عنوان عامی ارزیابی احتمال آتش گیری که برای شمارش همه عواملی که مربوط به ارزیابی خطرات آتش در یک استفاده نهایی می باشد. مفید واقع شود.

۲- اسناد قابل کاربرد

۲-۱ استانداردهای ASTM

D۹۳ آزمایش نقطه اشتعال با وسیله آزمایش سرسینه پستی - مارتینز

D۱۳۱۰ آزمایش نقطه اشتعال مایعات با ظروف روباز

E۱ مشخصات دماسنجهای ASTM

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۲ دیگر روشها

روش ۳۵ IP نقطه اشتعال (روبان) و نقطه شعله ور شدن توسط اسباب پسنکی - مارتینز

۳ - خلاصه روش

۱-۳ ظرف آزمایش تا سطح معینی با نمونه پر می شود. دمای نمونه ابتدا سریعاً و سپس با نرخ ثابت به آرامی تا نزدیکی نقطه اشتعال افزوده می شود. در فواصل معین یک شعله آزمایش کوچک از روی ظرف عبور داده می شود. کمترین دمایی که طی انجام آزمایش اشتعال سبب شود که بخارات بالای سطح مایع مشتعل شود نقطه اشتعال در نظر گرفته می شود برای تعیین نقطه شعله ور شدن، آزمایش تا وقتی که انجام آزمایش اشتعال سبب شود روغن مشتعل شده و برای حداقل ۵ ثانیه بسوزد، ادامه می شود.

۴ - وسایل

۱-۴ وسایل ظرف رو باز کلونند - این وسایل شامل ظرف آزمایش، صفحه حرارت دادن، اعمال کننده شعله آزمایش، گرم کننده و نگهدارنده هایی که در ضمیمه با جزئیات تشریح شده اند. مجموعه وسایل، صفحه حرارت دادن، و ظرف به ترتیب در شکل های ۱ و ۲ و ۳ نشان داده شده است. ابعاد مربوطه نیز به ترتیب در جداول ۱، ۲ و ۳ آمده اند.

۲-۴ محافظ - یک محافظ مربعی شکل ۶۴۰ میلی متری (۱۱۸ اینچی) و ارتفاع ۶۱۰ میلی متر (۲۴ اینچ) که جلو آن باز باشد، پیشنهاد می شود.

۳-۴ دماسنج - یک دماسنج دارای محدوده نشان داده شده در زیر و مطابق با مشخصات تشریح شده در E۱ با مشخصات استاندارد IP برای دماسنجها:

شماره دماسنج		محدوده دماسنج
IP	ASTM	
۲۸F	۱۱F	۲۰ تا ۷۶۰ درجه فارنهایت
۲۸C	۱۱C	۶ تا ۴۰۰+ درجه سانتیگراد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

توجه ۳- دستگاه‌های آزمایش تعیین نقطه اشتعال اتوماتیک وجود دارد و استفاده از آنها ممکن است در کاهش مدت زمان آزمایش سودمند بوده و اجازه استفاده از نمونه‌های کوچکتر داده و دیگر عواملی که ممکن است استفاده از آنها مفید باشند، مزایایی دارد. اگر دستگاه آزمایش اتوماتیک استفاده شده، استفاده کننده باید مطمئن باشد که بروی همه محصولات برای کالیبراسیون، تطبیق و عمل تایید انجام شده است در همه حالت‌های مشکوک، نقطه اشتعال که به صورت دستی تعیین شده باید به عنوان آزمایش مرجع در نظر گرفته شود.

۵- آماده سازی وسایل

۵-۱ وسایل راروی یک سطح ثابت میز در اتاق یا بخش ^{نظری} آزلرزش نگهدارید. بالای وسایل را از دور شدید با هر وسیله مناسب محافظت کنید تا مناسب نشان دادن نقطه اشتعال باشد. آزمایشها در هواکش آزمایشگاهی (توجه ۴) یا در هر موقعیتی که آماده باشد که بروی هم انباشته نشود، انجام می‌گیرند. وقتی که دما به ۳۰ درجه فارنهایت (۱۷ درجه سانتیگراد) کمتر از نقطه اشتعال رسید، مراقبت باید انجام شود که از پخش بخارات در ظرف آزمایش با حرکت های بی دقت یا تنش نزدیک ظرف اجتناب شود.

توجه ۴- بعضی نمونه‌هایی که بخارات یا محصولات آنها به علت تغییر شیمیایی در اثر حرارت، قابل اعتراض هستند، مجاز است که کل وسیله با محافظ در یک هواکش قراردادده شود، مجموعه باید طوری تنظیم شود بدون اینکه باعث ایجاد جریان‌ات هوا بالای ظرف در ضمن افزایش ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) نهایی قبل از نقطه اشتعال شود، بتواند بیرون کشیده شود.

۵-۲ ظرف آزمایش را با یک حلال مناسب بشوئید تا هر روغن یا اثرات ماده پس داده یا باقی مانده از آزمایش قبلی خارج شود. اگر رسوبات کربن موجود باشند، باید با کرک فولادی خارج شوند. ظرف را با آب سرد شست و برای چند دقیقه روی شعله روباز با صفحه داغ خشک کنید تا اثرات نهایی حلال و آب خارج شوند. ظرف را تادمای حداقل ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) زیر نقطه اشتعال مورد انتظار قبل از استفاده خشک کنید.

۵-۳ دماسنج را در حالت قائم به طوری که فاصله انتهای حباب از ته ظرف $6/4$ میلی لیتر ($\frac{1}{4}$ اینچ) باشد، نگهدارید و در نقطه‌ای در وسط راه بین مرکز و کنار ظرف بر روی یک قطر عمود بر کمان (یا خط) مسیر جاروب شعله آزمایش و ظرف مقابل به بازوی سوزنده شعله آزمایش قرار دهید.

توجه ۵- خط غوطه وری قرار گرفته بر روی دماسنج باید ۲ میلی متر ($\frac{5}{64}$ اینچ) زیر سطح لبه ظرف وقتی که دماسنج

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

به طور مناسبی جاگرفت، باشد.

۶- روش آزمایش:

۱-۶ ظرف را در دمای مناسب پر کنید (توجه ۶) به طوریکه خط تصحیح مینسک دقیقاً در خط پر قرار گیرد. اگر مقدار خیلی زیادی به ظرف افزوده شده، مقادیر اضافی را با استفاده از قطره چکان پزشکی بردارید، لیکن اگر نمونه بر بیرون دستگاه موجود باشد، آن را خالی کرده، تمیز کرده و دوباره پر کنید. هر حباب هوا بر سطح نمونه را از بین ببرید. توجه ۶- نمونه های کند روانی باید حرارت داده شوند تا قبل از ریختن به حالت روان در آیند لیکن دما در حین حرارت دادن نباید از ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) زیر نقطه اشتعال احتمالی بیش تر شود.

۲-۶ شعله آزمایش را روشن کرده و آنرا با قطر $\frac{3}{2}$ تا $\frac{4}{8}$ میلی متر ($\frac{1}{8}$ تا $\frac{3}{16}$ اینچ) تنظیم کنید با مقایسه با اندازه مهره که اگر روی دستگاه نصب شده باشد.

۳-۶ حرارت اولیه را طوری اعمال کنید که نرخ افزایش دمای نمونه ۲۵ تا ۳۰ درجه فارنهایت (۱۴ تا ۱۷ درجه سانتیگراد) بر دقیقه باشد. وقتی دمای نمونه به دمای تقریباً ۱۰۰ درجه فارنهایت (۵۶ درجه سانتیگراد) زیر نقطه اشتعال پیش بینی شده رسید، حرارت دادن را کم کنید به طوریکه نرخ افزایش دما برای حداقل ۵۰ درجه فارنهایت (۲۸ درجه سانتیگراد) آخر قبل از نقطه اشتعال بین ۹ تا ۱۱ درجه فارنهایت (۵ تا ۶ درجه سانتیگراد) در دقیقه باشد.

۴-۶ حداقل در دمای ۵۰ درجه فارنهایت (۲۸ درجه سانتیگراد) زیر نقطه اشتعال اعمال شعله آزمایش را با قرائت دما بر روی دماسنج در هر ۵ درجه فارنهایت (۲ درجه سانتیگراد) متوالی، انجام دهید. شعله را از میان مرکز ظرف با زاویه عمود بر قطری که از دماسنج می گذرد، عبور دهید. بایک حرکت صاف مداوم شعله بر روی خط راست یا در طول محیط دایره ای که شعاع حداقل ۱۵۰ میلی متر (۱۶ اینچ) دارد اعمال کنید. مرکز شعله آزمایش باید در یک صفحه افقی که از لبه بالا تر ظرف بیش از ۲ میلی متر ($\frac{5}{64}$ اینچ) بالا نبوده و فقط در یک جهت عبور کند. دفعه بعد که شعله اعمال می شود، آنرا در جهت معکوس عبور دهید. زمان صرف شده در عبور شعله آتش از میان ظرف در هر حالتی باید حدود یک ثانیه باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۶ وقتی که یک شعله در هر نقطه سطح روغن ظاهر شود دمای قرائت شده بر روی دماسنج را به عنوان نقطه اشتعال ملاحظه شده یادداشت کنید اما شعله حقیقی را با هاله آبی رنگی که بعضی اوقات اطراف شعله آزمایش را احاطه می کند اشتباه نکنید

۶-۶ برای تعیین نقطه شعله وری، حرارت دادن را ادامه دهید به طوری که دمای نمونه با نرخ ۱ تا ۱۱ درجه فارنهایت (۵ تا ۶ درجه سانتیگراد) بر دقیقه افزایش یابد. اعمال شعله آزمایش را با فواصل ۵ درجه فارنهایت (۲ درجه سانتیگراد) ادامه دهید تا اینکه روغن آتش گرفته و سوختن به مدت حداقل ۵ ثانیه ادامه یابد. دما را در این نقطه به عنوان نقطه شعله ورمشاهده شده روغن یادداشت کنید.

۷- محاسبات و گزارش

۷-۱ فشار جو را در زمان آزمایش یادداشت کنید. وقتی فشار متفاوت از ۷۶۰ میلی متر جیوه باشد نقطه اشتعال یا شعله و رشدن یا هردو را با معادلات زیر تصحیح کنید:

$$P = F + 0.06(760 - P)$$

یا

$$P = C + 0.03(760 - P)$$

در این رابطه:

$$F = \text{نقطه اشتعال یا شعله وری یا هردو ملاحظه شده با دقت ۵ درجه فارنهایت}$$

$$C = \text{نقطه اشتعال یا شعله وری یا هردو ملاحظه شده با دقت ۲ درجه سانتیگراد}$$

$$P = \text{فشار جو، بر حسب میلی متر جیوه}$$

۷-۲ نقطه اشتعال یا شعله و رشدن یا هردو را با دقت ۵ درجه فارنهایت یا ۲ درجه سانتیگراد یادداشت کنید.

۷-۳ مقدار نقطه اشتعال یا شعله و رشدن یا هردو را بعنوان نقطه اشتعال یا شعله و رشدن COC یا هردو نمونه آزمایش شده به روش ^{۳۶}IP - ^{۹۱}ASTM D-IP گزارش کنید.

۸- انحراف

۸-۱ اطلاعات زیر باید برای قضاوت پذیرش نتایج (با اطمینان ۹۵ درصد) استفاده شوند.

۸-۱-۱ نتایج دوتایی که به وسیله یک آزمایش کننده بدست آمده، اگر اختلاف بیش از مقادیر زیر داشته باشند، باید

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مشکوک در نظر گرفته شوند:

تکرارپذیری

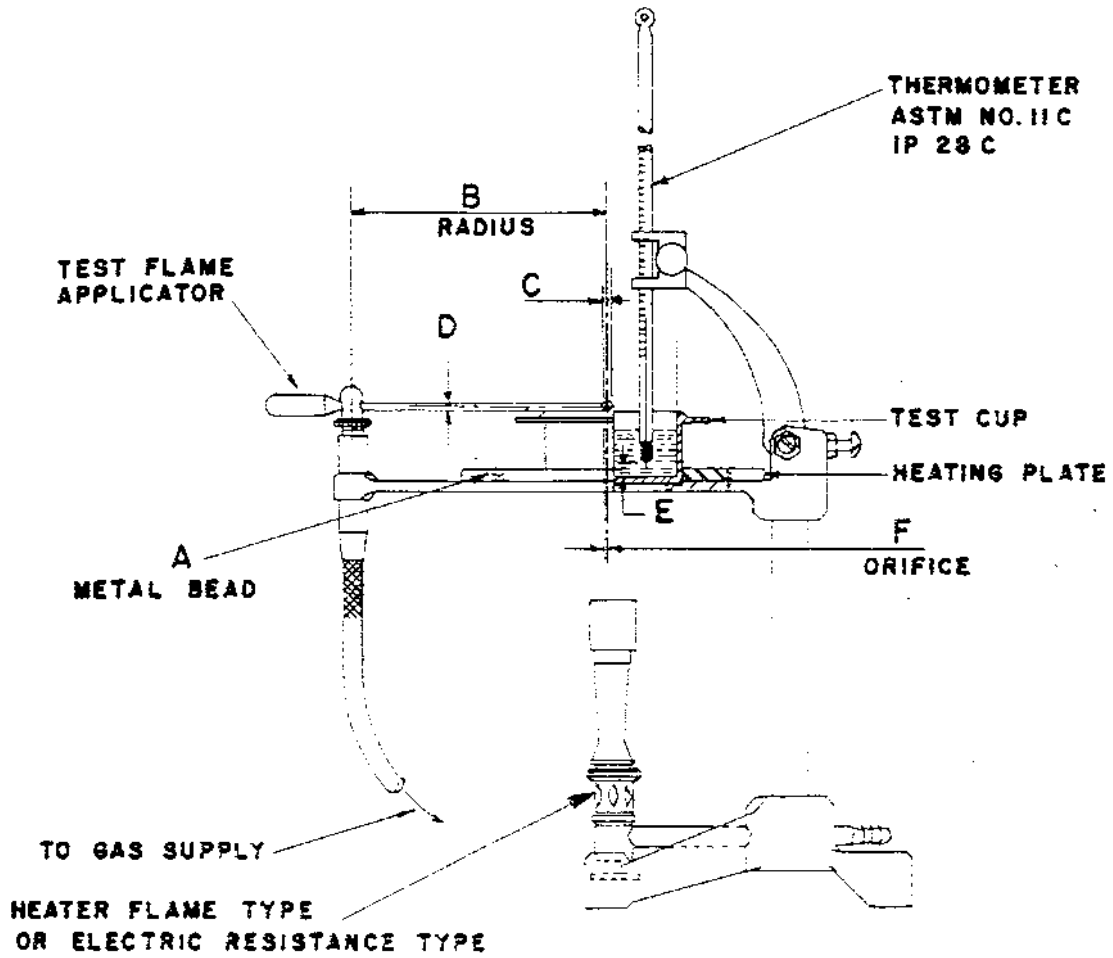
نقطه اشتعال	۱۵ درجه فارنهایت (۸ درجه سانتیگراد)
نقطه شعله ور شدن	۱۵ درجه فارنهایت (۸ درجه سانتیگراد)

۸-۱-۲ نتایج ارائه شده به وسیله هر دو آزمایشگاه در صورتیکه بیش از مقادیر زیر اختلاف داشته باشند باید مشکوک در نظر گرفته شوند:

دوباره انجام دادن

نقطه اشتعال	۳۰ درجه فارنهایت (۱۷ درجه سانتیگراد)
نقطه شعله ور شدن	۲۵ درجه فارنهایت (۱۴ درجه سانتیگراد)

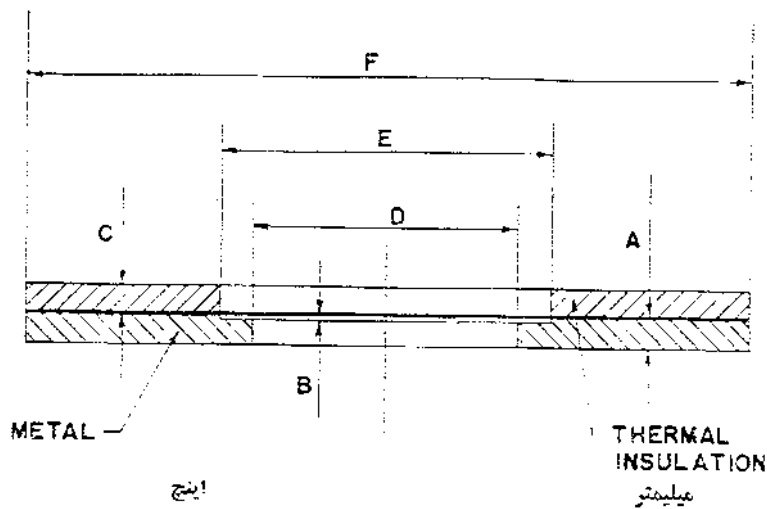
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



اینچ		میلیمتر		
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	
۰/۱۸۹	۰/۱۲۶	۴/۸	۳/۲	A - قطر
اسمی	۶	اسمی	۱۵۲	B - شعاع
اسمی	۰/۰۶۳	اسمی	۱/۶	C - قطر
۰/۰۷۸	-	۲	-	D -
۰/۲۷۶	۰/۲۳۶	۷	۶	E -
اسمی	۰/۰۳۱	اسمی	۰/۸	F - قطر

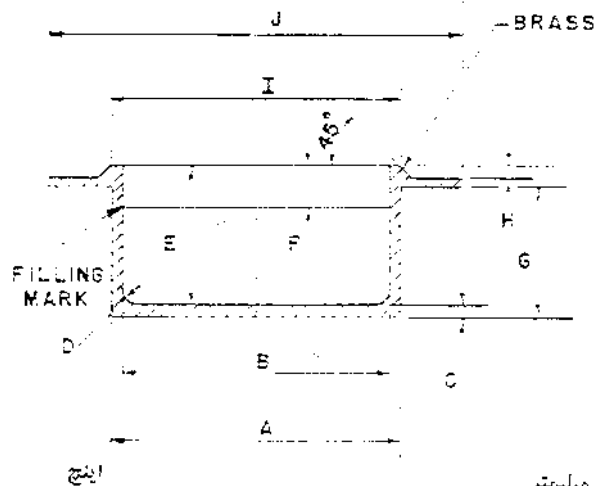
شکل یک - تجهیزات ظرف روباز کلوند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



اینچ		میلیمتر		
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	- A
۰/۰۷۶	۰/۰۲۶	۷	۶	- B
۰/۰۳۹	۰/۰۲	۱/۰	۰/۵	- C
۲/۲۷۶	۰/۲۳۶	۷	۶	- D
۲	۲/۱۶۵	۵۶	۵/۵	- E
۲/۷۷۶	۲/۷۲۹	۷۰/۵	۶۹/۵	- نظر
۶/۲۶۰	۲/۷۶۸	۱۵۹	۱۴۶	- نظر

شکل ۲ - صفحه حرارت دادن



اینچ		میلیمتر		
حداکثر	حداقل	حداکثر	حداقل	- A
۲/۷۷۷	۲/۶۵۸	۶۹	۶۷/۵	- B
۲/۵۲۰	۲/۴۸۰	۶۴	۶۲	- C
۰/۱۳۸	۰/۱۱۰	۳/۵	۲/۸	- D
اسمی	۰/۱۵۷	اسمی	۴	- E
۰/۲۳۹	۰/۲۸۰	۳۱	۳۲/۵	- F
۰/۳۹۴	۰/۳۵۶	۱۰	۹	- G
۰/۲۸۰	۰/۲۲۱	۳۰/۵	۳۱	- H
۰/۱۳۸	۰/۱۱۰	۲/۵	۲/۸	- I
۰/۷۵۶	۰/۶۶۸	۷۰	۶۷	- J
۲/۹۷۷	۲/۸۱۹	۱۰۰	۹۹	

شکل ۳ - ظرف روباز کلونند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

« ضمیمه »

A₁ تجهیزات برای وسیله آزمایش ظرف روباز کلوند

A₁-1 ظرف آزمایش - مطابق با شکل ۳ و با ابعاد نشان داده شده در جدول ۳ می باشد. ظرف باید از برنج یا فلز زنگ نزن دیگر با ضریب هدایت حرارتی معادل، ساخته شود. ظرف ممکن است به یک دسته مجهز شده باشد.

A₁-2 صفحه حرارت دادن - یک صفحه برنجی، چدنی، آهن کار شده یا صفحه فولادی بایک سوراخ مرکزی احاطه شده با سطح گود شده مسطح بایک صفحه سخت آزیست به طوریکه صفحه فلزی را غیر از بالای سطح آلوده شده مسطح بیوشاند در حالتی که ظرف آزمایش را نگه می دارد. ابعاد لازمه برای صفحه حرارت دادن در شکل ۲ نشان داده شده است، لیکن گرچه صفحه می تواند بجای گرد، مربع بوده و صفحه فلزی می تواند قسمتهای الحاقی مناسبی برای جای دادن وسیله اعمال شعله آزمایش و نگهدارنده دماسنج داشته باشد. همچنین یک مهره فلزی به طوریکه در بند A₁-3 تشریح شده ممکن است بر روی صفحه نصب گردد به طوریکه در سراسر و تدریجاً بالای حفره کوچک مناسب در صفحه آزیست ادامه می یابد.

A₁-3 وسیله اعمال شعله آزمایش - وسیله برای اعمال شعله، از هر نوع مناسب ممکن است باشد، اما تا کبد می شود که نوک آن در انتها، تقریباً قطر $\frac{1}{6}$ میلیمتر ($\frac{1}{16}$ اینچ) داشته و مجرای آن دارای قطر $\frac{0}{8}$ میلیمتر ($\frac{1}{133}$ اینچ) باشد. وسیله اعمال شعله آزمایش به چنان روشی قرار گیرد که اجازه دهد جاروب توسط شعله آزمایش خود بخود دوبار انجام گیرد، شعاع نوسان نباید کمتر از ۱۵۰ میلیمتر (۶ اینچ) بوده و مرکز مجرای آن باید طوری نگهداشته شود که نوسان در صفحه ای کمتر از ۲ میلیمتر ($\frac{5}{64}$ اینچ) بالای صفحه لبه ظرف صورت گیرد. مطلوب است که یک مهره با قطر $\frac{3}{2}$ تا $\frac{4}{8}$ میلیمتر ($\frac{1}{8}$ تا $\frac{3}{16}$ اینچ) در محل مناسب طوری بر روی وسایل قرار گیرد که اندازه بتواند شعله آزمایش با آن مقایسه شود.

A₁-4 گرم کننده - حرارت می تواند از هر منبع مناسب اعمال شود. استفاده از شعله گاز یک چراغ الکلی مجاز است، اما تحت هیچ شرایطی تهیه یا شعله آزاد نباید اطراف ظرف بالا بیایند. یک گرم کننده الکتریکی کنترل شونده با ولتاژ متغیر ترجیح داده می شود. منبع حرارتی باید در مرکز دهانه صفحه حرارت دادن بدون حرارت بالای موضعی، قرار گیرد. گرم کننده های از نوع شعله دار ممکن است از بالا با محافظ هایی از نوع مناسب که بالاتر از سطح بالائی صفحه آزیستی نباشد، محافظت شوند.

A₁-5 نگهدارنده دماسنج - هر وسیله مناسب که دماسنج را در وضعیت معینی در ضمن آزمایش نگهداشته و به محض اتمام آزمایش، اجازه خروج آسان دماسنج را بدهد، ممکن است استفاده شود.

A₁-6 نگهدارنده صفحه حرارت دادن - هر نگهدارنده مناسب که صفحه حرارت دادن را تراز و محکم نگه دارد ممکن است استفاده شود. ط ۴/۱۲

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ۹۵ ASTM:D و ۷۴ IP:

روش استاندارد آزمایش تعیین مقدار آب در فرآورده‌های نفتی و مواد قیری بوسیله تقطیر

۱- هدف

۱-۱ این روش شامل تعیین مقدار آب در نفت خام، قطران و فرآورده‌های بدست آمده از این مواد، می‌باشد.
۱-۱-۱ فرآورده‌های خاصی که در بند ۷-۱-۱ آمده بیانگر محدوده موادی است که با جزئیات این روش در نظر گرفته شده است.

۱-۱-۲ برای امولسیونهای قیری به روش ASTM:D ۲۴۴، آزمایش‌های قیرهای امولسیونی مراجعه کنید.
۱-۲ مراجع در این روش در استانداردهای دیگر به موادی به جز آنچه در بند ۷-۱-۱ آورده شده، اشاره می‌کند.
توجه ۱- با بعضی از انواع روغنهای، نتایج مطلوبی ممکن است با روش ASTM:D ۱۷۹۶ و IP ۷۵ - API ۲۵۴۸ آزمایش تعیین آب و رسوب در روغنهای خام و روغنهای سوختی بوسیله سانتریفوژ بدست آید.

۲- خلاصه روش

۱-۲ ماده مضمن برگشتن آب غیر قابل اختلاط حلال که همزمان با آب نمونه تقطیر می‌شود، حرارت داده می‌شود. حلال تغلیظ شده و آب، پیوسته در یک ظرف جدا می‌شوند، آب در بخش مدرج ظرف جای گرفته و حلال به دستگاه تقطیر برمی‌گردد.

۳- وسایل

۱-۳ وسایل متشکل از یک دستگاه تقطیر شیشه‌ای یا فلزی، یک گرم‌کننده، یک تغلیظ‌کننده برگشتی و یک ظرف شیشه‌ای مدرج می‌باشند. دستگاه تقطیر، ظرف و تغلیظ‌کننده ممکن است بوسیله یکی از روشهای مناسب فراهم نمودن یک اتصال بدون تراوش، به یکدیگر وصل شوند. اتصال‌های ترجیحی اتصالیهای زمینه‌ای برای شیشه هستند و حلقه‌های O شکل برای اتصال فلز به شیشه می‌باشند. انواع مجموعه در شکل‌های ۲، ۱ و ۳ نشان داده شده‌اند.

۱-۱-۳ دستگاه تقطیر - یک ظرف شیشه‌ای یا فلزی با گردن کوتاه و اتصال مناسب برای جا دادن لوله برگشتی با ظرف. ظروف با ظرفیت اسمی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی لیتر مناسب هستند.

۱-۳-۲ گرم‌کننده - هر گرم‌کننده مناسب گازسوز یا برقی با دستگاه تقطیر شیشه‌ای می‌تواند استفاده شود. یک اجاق

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

حلقه‌ای گاز سوز با روزنه‌های روی محیط داخلی باید با دستگاه تقطیر فلزی استفاده شود و باید دارای چنان ابعادی باشد به طوری که بتواند هنگام آزمایش مواد که در دستگاه تقطیر شبیه کف یا بلور هستند ظرف را به بالا و پایین حرکت دهد.

۲-۳ ابعاد و مشخصات انواع ظروف شیشه‌ای برای استفاده در این روش در استاندارد ASTM E ۱۲۳ برای وسایل تعیین آب بوسیله تقطیر و استاندارد انگلیسی BS ۷۵۶ وسایل دیان و استارک، تشریح شده‌اند. یک تغلیظ کننده خنک شونده با آب با طول ۴۰۰ میلی متر به جای طول ۳۰۰ میلی متر که در استاندارد انگلیسی ۷۵۶ مشخص شده، پیشنهاد می‌شود.

۳-۳ دستگاههای تقطیر و ظروف باید با توجه به محدوده مواد و مقدار آب مورد انتظار، انتخاب شوند.
توجه ۲- بجای استاندارد کردن یک دستگاه ویژه با ابعاد و شکل مورد نظر، یک وسیله مشخص وقتی که نتایج دقیقی با استاندارد بعلاوه روش تشریح شده در بند ۶ بدست دهد، قابل قبول است.

۴- حلال - مایع حامل

۴-۱ حلال معطر

۴-۱-۱ زایلن صنعتی یا

۴-۱-۲ مخلوطی از ۲۰ درصد حجمی تولوئن صنعتی و ۸۰ درصد حجمی زایلن یا C_{10}

۴-۱-۳ نفت یا نفتا قطران زغال سنگ بدون آب با کمتر از ۵ درصد در تقطیر در دمای ۲۵۷ درجه فارنهایت (۱۲۵ درجه سانتیگراد) و کمتر از ۲۰ درصد در دمای ۳۲۰ درجه فارنهایت (۱۶۰ درجه سانتیگراد) وقتی با روش آزمایش روش ۸۶ ASTM: D ۱۲۳، IP، آزمایش برای تقطیر محصولات نفتی و با وزن مخصوص از ۰/۸۵۴۵ در $\frac{6}{6}$ درجه فارنهایت $(\frac{15}{6})$ درجه سانتیگراد کمتر نباشد، آزمایش انجام می‌شود.

۴-۲ مواد تقطیر شده نفتی، پنج درصد جوشیده بین ۱۹۴ و ۲۱۲ درجه فارنهایت (۹۰ و ۱۰۰ درجه سانتیگراد) و ۹۰ درصد تحت ۴۱۰ درجه فارنهایت (۲۱۰ درجه سانتیگراد) تقطیر شده.

۴-۳ مواد فرار

۴-۳-۱ مواد فرار نفت با نقطه جوش در محدوده ۲۱۲ تا ۲۴۸ درجه فارنهایت (۱۰۰ تا ۱۲۰ درجه سانتیگراد) یا

۴-۳-۲ ایزواکتان، با ۹۵ درصد خلوص یا بهتر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵- نمونه گیری

۱-۵ بخشی از نمونه که برای آزمایش استناده می شود باید کاملاً نمایانگر کل نمونه باشد. اگر مواد مایع هستند، نمونه را به هنگام دریافت کاملاً مخلوط کرده، در صورت لزوم گرم کنید تا از یکنواختی آن اطمینان حاصل شود. مواد جامد را که به اندازه کافی شکننده هستند خرد کرده و کاملاً مخلوط کنید، و یک نمونه نمایانگر برای تجزیه بگیرید. وقتی شکی در یکنواختی نمونه نیست، تعدادی از نمونه ها را آزمایش کرده و از اطلاعات آنها متوسط بگیرید. روش نمونه گیری در بخش IV از استاندارد IP یا روش ASTM:D ۱۴۰ "نمونه گیری از مواد قیری" و روش ASTM:D ۲۷۰ "نمونه گیری از نفت و فرآورده های نفتی" تشریح شده است.

۲-۵ اندازه نمونه مورد آزمایش بستگی به مقدار آب مورد انتظار نمونه دارد، بطوریکه آب بدست آمده نباید از ظرفیت ظرف بیش تر باشد مگر اینکه از یک ظرف شیردر استفاده شود که وقتی آب بیشتر شود آب بتواند به داخل یک استوانه مدرج راه یابد.

۶- استاندارد نمودن

۱-۶ مجموعه وسایل داده شده وقتی مطلوب خواهند بود که قرائت ها بدقت با افزودن آب از یک بورت یا پی پت کالیبره شده به روغن هیدروکربن شفاف بدست آمده و آزمایش طبق بخش ۷ انجام شود.

۲-۶ قرائت ها بدقت بررسی خواهند شد اگر محدوده مجاز داده شده در جدول یک برای تغییرات اندازه ظرف مدرج بیشتر نباشند.

۳-۶ یک قرائت خارج از محدوده قابل قبول، بد عمل کردن ناشی از نشت بخار، سرعت خیلی زیاد جوشیدن، کالیبره نبودن ظروف، یا داخل شدن رطوبت خارجی را نشان می دهد. این عوامل را قبل از تکرار استاندارد نمودن حذف کنید.

۷- روش آزمایش

۱-۷ مقدار مناسبی از نمونه با دقت ± 1 درصد اندازه گیری کرده و به ظرف تقطیر انتقال دهید.

۱-۱-۷ مقدار معینی نمونه های مایع را در یک استوانه مدرج با توجه به مقدار مناسب اندازه بگیرید. مصالح چسبیده به استوانه را با یک سهم ۵۰ میلی لیتری و دو سهم ۲۵ میلی لیتری با مایع حاوی حلال بشوئید. حلال انتخاب شده از نوع توصیف شده در بخش ۴ و مطابق با نوع پیشنهاد شده در فهرست زیر برای مصالح خاص مورد آزمایش خواهد بود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استوانه را بعد از انتقال کامل نمونه و هربار شستشو خالی کنید.

مواد

نوع مایع حاوی حلال

حلال بودار قیر - قطران - قطران زغال سنگی - قطران گاز آب، قضران راه - قیر محلول،

قیر مایع و اسید قطران

مواد تقطیر شده نفتی نفت خام، روغن راه، روغن سوختی، روغن روان و سولفونات نفت

مواد فرار نفتی گریس چوب کننده

۲-۱-۲-۳ مصالح جامد یا کند روان را مستقیماً در داخل ظرف تقطیر توزین کرده و ۱۰۰ میلی لیتر از مایع حاوی حلال انتخابی اضافه کنید.

۲-۱-۳ در حالتی که مقدار آب مواد کم بوده و نیز وقتی که نمونه‌ها بزرگ باشند ممکن است حجم حاوی حلال بیش از ۱۰۰ میلی لیتر لازم باشد، استفاده شود.

۲-۱-۴ مهره شیشه‌ای یا دیگر وسایل جوشیدن ممکن است در صورت لزوم برای کاهش شدت بیرون دادن بخار اضافه شوند.

۲-۲ ترکیب وسایل را مطابق آنچه در شکل‌های ۲، ۱ و ۳ نشان داده شده‌اند سوار کنید. ظرف را بر طبق مقدار آب مورد انتظار از نمونه انتخاب کنید و همه اتصالات بخار و مایع را محکم کنید و اگر ظرف فلزی با پوشش قابل حرکت استفاده می‌شود، یک پوشش از کاغذ ضخیمی که با حلال مرطوب شده بین بدنه ظرف و پوشش قرار دهید. لوله تغلیظ کننده و ظرف باید از نظر شیمیایی جهت اطمینان از زهکشی آزادانه آب به کف ظرف، تمیز باشد. یک صفحه کتانی، آزادانه بالای لوله تغلیظ کننده قرار دهید تا از وارد شدن رطوبت جو به داخل آن جلوگیری شود. آب خنک را از میان پوشش تغلیظ کننده بگردانید.

۲-۳ ظرف تقطیر را حرارت دهید. سرعت جوشیدن را تنظیم کنید به طوری که مواد متطر تغلیظ شده از تغلیظ کننده با نرخ ۲ تا ۵ قطره در ثانیه خالی شود. اگر از ظرف فلزی استفاده می‌شود، حرارت دادن را بوسیله اجاق حلقه‌ای گازسوز حدود ۳ اینچ (۷۶ میلی متر) بالای کف ظرف و کمی پایین‌تر از منبع سوخت شروع کنید، به طوری که عمل تقطیر انجام گیرد. عمل تقطیر را تا وقتی ادامه دهید که هیچ آبی در هیچ قسمتی از وسایل مگر در ظرف، دیده نشده و حجم آب در ظرف به مدت ۵ دقیقه ثابت بماند. اگر حلقه مقاومی از آب در لوله تغلیظ کننده وجود دارد، بدقت نرخ تقطیر را افزایش دهید یا تغلیظ آب را برای چند دقیقه قطع کنید.

۲-۴ وقتی چرخش آب تکمیل شد، اجازه دهید، ظرف و محتویات آن در دمای اتاق سرد شوند. هر قطره آبی که به کتاره ظرف چسبیده یا میله شیشه‌ای یا وسیله مناسب دیگر از جای خود رانده و آن را به سطح آب منتقل کنید.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

حجم آب در ظرف را با دقت درجه بندی ظرف قرائت کنید.

۸- محاسبه

۸-۱ آب نمونه را به صورت درصد وزنی یا حجمی مطابق با آنچه که از نمونه گرفته شده به صورت زیر محاسبه کنید:

$$\text{درصد آب} = \frac{\text{حجم آب در ظرف}}{\text{وزن یا (حجم) نمونه}} \times 100$$

اگر بخار آب - مواد رسوبی، موجود باشند ممکن است مانند آب اندازه گیری شوند.

۹- گزارش:

۹-۱ نتایج مقدار آب به روش ASTM:D 95-IP 74 را با دقت ۰/۰۵ درصد اگر گیرنده ۲ میلی لیتری استفاده شود و اگر گیرنده ۱۰ میلی لیتری یا ۲۵ میلی لیتری با دقت ۰/۱ درصد با مقدار ۱۰۰ میلی لیتری یا ۱۰۰ گرم نمونه استفاده شده، گزارش کنید.

۱۰- دقت

۱۰-۱ معیار زیر برای قضاوت قابل قبول بودن نتایج (با احتمال ۹۵ درصد) وقتی از ظروف ۱۰ میلی لیتری یا ۲۵ میلی لیتر استفاده می شود، باید استفاده گردد. وقتی که از ظرف ۲ میلی لیتری استفاده می شود، دقت آن مشخص نشده است.

۱۰-۲ تکرار پذیری - دو مقدار آب تعیین شده توسط یک آزمایش کننده در صورتی که بیش از مقادیر زیر اختلاف داشته باشند، باید مشکوک در نظر گرفته شوند:

مقدار آب جمع شده،

بر حسب میلی لیتر

۰/۱ میلی لیتر

صفر تا یک

۰/۱ میلی لیتر یا ۲ درصد (میانگین هر کدام بیشتر باشد)

۱/۱ تا ۲۵

۱۰-۳ دوباره انجام گرفتن - نتایج گزارش شده توسط دو آزمایشگاه اگر آنها بیش از مقادیر زیر اختلاف داشته باشند

باید مشکوک در نظر گرفته شوند:

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مقدار آب جمع شده،

برحسب میلی لیتر

صفر تا ۱/۰

۱/۱ تا ۲۵

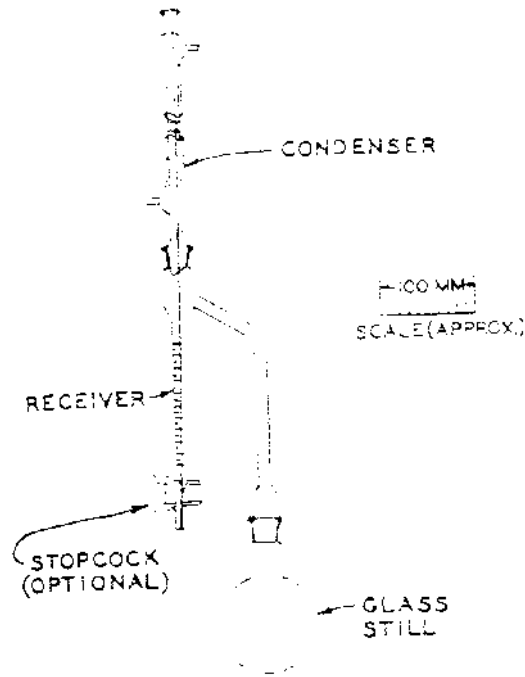
۰/۲ میلی لیتر

۰/۲ میلی لیتر یا ۱۰ درصد (میانگین هرکدام بیشتر باشد)

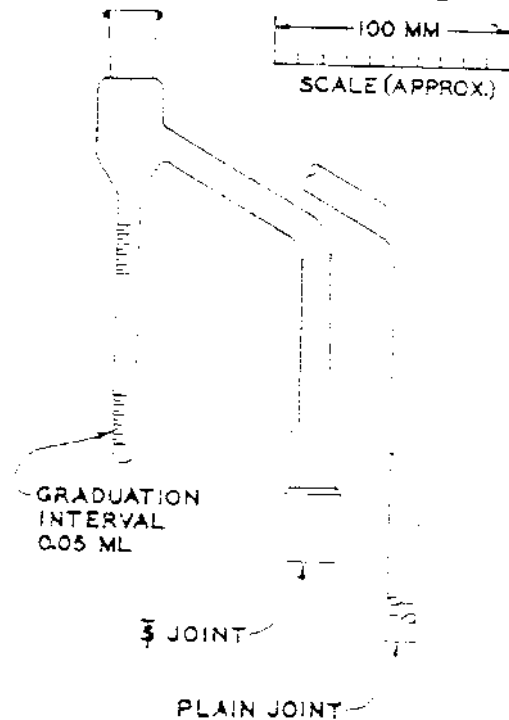
جدول یک - محدوده‌های قابل قبول

ظرفیت گیرنده در ۲۰ درجه سانتیگراد، برحسب میلی لیتر	حجم آب اضافه شده به فلاسک در ۲۰ درجه سانتیگراد، برحسب میلی لیتر	محدوده قابل قبول برای آب گرفته شده در ۲۰ درجه سانتیگراد، برحسب میلی لیتر
۲	۱	1 ± 0.05
۱۰	۱	1 ± 0.1
۱۰	۵	5 ± 0.2
۲۵	۱۲	12 ± 0.2

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

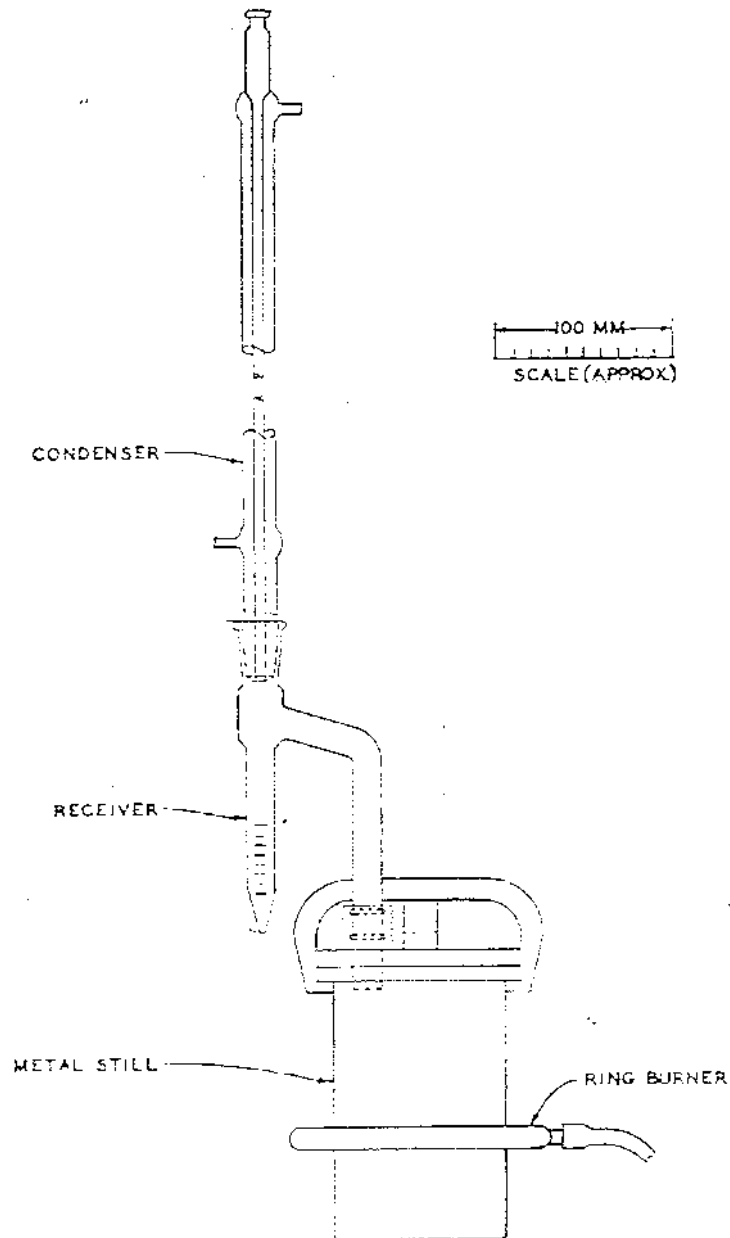


شکل یک - نوع مجموعه دستگاه تقطیر شیشه‌ای (دیان و استارک)



شکل دو - گیرنده دو میلی لیتری که پی در پی به ظرف تقطیر شیشه‌ای متصل می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



توجه - قطر داخلی ظرف باید ۱۵ تا ۱۶ میلی متر باشد.
شکل سه - نوعی از مجموعه وسایل با ظرف تقطیر فلزی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM: D ۱۱۳

روش آزمایش استاندارد تعیین میزان انگمی مواد قیری

۱- هدف:

۱-۱ میزان انگمی مواد قیری با فاصله‌ای که قبل از شکستن وقتی بین دو انتهای یک نمونه از مواد بشکل تشریح شده در بخش ۴، با سرعت معین در دمای معین کشیده می‌شود دراز می‌گردد، اندازه‌گیری می‌شود. بجز موارد مشخص شده دیگر، آزمایش باید در دمای 77 ± 0.9 درجه فارنهایت (25 ± 0.5 درجه سانتیگراد) و با سرعت 5 ± 0.5 سانتیمتر در دقیقه انجام گیرد. در دماهای دیگر سرعت باید مشخص شود.

۱-۲ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند:

۱-۲ استانداردهای ASTM

- ۶۶۷۰ دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف روش‌های آزمایش برای مصالح ساختمانی
- D۵ روش آزمایش درجه نفوذ مواد قیری
- D۱۷۵۴ روش آزمایش اثر حرارت و هوا بر روی مواد قیری (آزمایش لعاب نازک قیر)
- D۲۸۷۲ روش آزمایش اثر حرارت و هوا بر روی لعاب نازک قیر متحرک (آزمایش لعاب نازک قیرگردان)
- E۱ مشخصات دما سنجهای ASTM
- E۱۱ مشخصات الکهای سیمی - پارچه‌ای برای اهداف آزمایشها

۳- اهمیت و موارد کاربرد

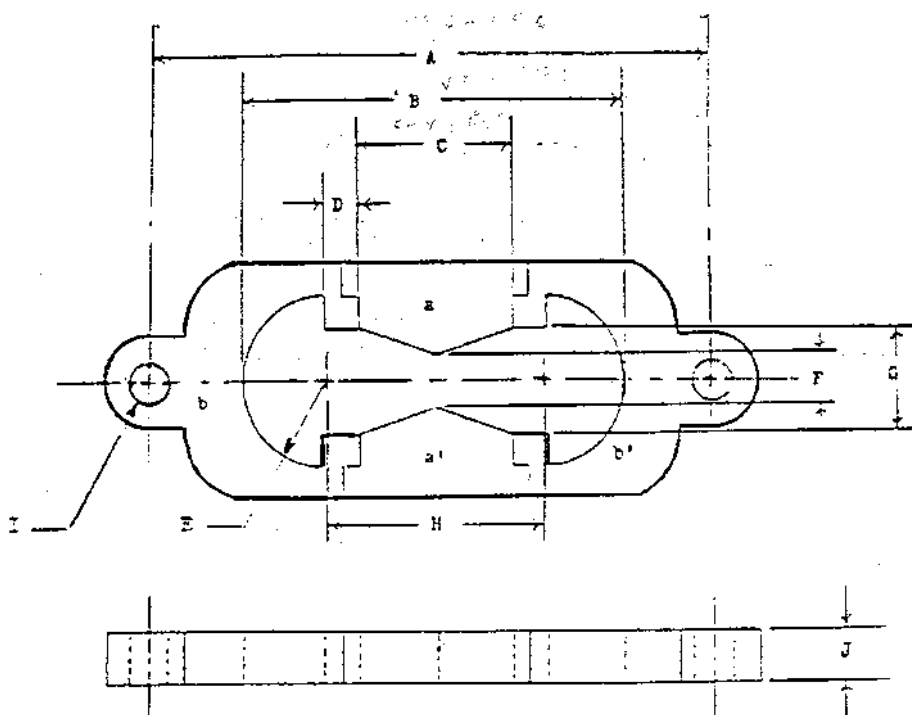
۳-۱ این روش آزمایش، اندازه‌ای از خواص کششی مواد قیری را فراهم کرده و ممکن است برای اندازه‌گیری میزان انگمی برای مشخصات مورد لزوم استفاده شود.

۴- وسایل:

۴-۱ قالب: قالب باید مشابه طرح نشان داده شده در شکل ۱ باشد. قالب از جنس بونج ساخته شده و انتهای b و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

b' محکم شده و قسمت های a و a' کنار قالب جای گیرند. ابعاد قالب بسته شده مانند آنچه در شکل یک نشان داده شده با تغییرات قابل قبول ساخته شوند.



- A—Distance between centers, 111.5 to 113.5 mm.
- B—Total length of briquet, 74.5 to 75.5 mm.
- C—Distance between clips, 29.7 to 30.3 mm.
- D—Shoulder, 6.8 to 7.2 mm.
- E—Radius, 15.75 to 16.25 mm.
- F—Width at minimum cross section, 9.9 to 10.1 mm.
- G—Width at mouth of clip, 19.8 to 20.2 mm.
- H—Distance between centers of radii, 42.9 to 43.1 mm.
- I—Hole diameter, 6.5 to 6.7 mm.
- J—Thickness, 9.9 to 10.1 mm.

شکل یک - قالب نمونه آزمایش انگمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۴ حمام آب: حمام آب باید در دمای خاص آزمایش نگهداری شده و تغییرات آن نباید بیش از ۰/۱۸ درجه فارنهایت (۰/۱ درجه سانتیگراد) متفاوت از این دما باشد. حجم آب نباید کمتر از ۱۰ لیتر بوده و نمونه نباید در عمقی کمتر از ۱۰ سانتیمتر غوطه ور شود و باید روی قفسه مشبک با حداقل فاصله ۵ سانتیمتر از کف حمام نگهداری شود.

۳-۴ دستگاه آزمایش: برای کشیدن و دور کردن ماده قیری هر وسیله‌ای می‌تواند استفاده شود به طوری که نمونه پیوسته غرق آب بوده مانند آنچه در بند ۳-۵ توضیح داده شده درحالی که دو گیره با سرعت ثابت همان طور که تشریح شده، بدون لرزش از یکدیگر کشیده می‌شوند.

۴-۴ دماسنج: دماسنجی با محدوده نشان داده در زیر و مطابق با مشخصات لازم ذکر شده در استاندارد E ۱ (توجه ۱).

شماره دماسنج استاندارد ASTM	محدوده دمایی
۶۳۰	۸- تا ۳۲ درجه سانتیگراد
۶۳۴	۱۸ تا ۸۹ درجه فارنهایت

توجه ۱ - در حالتی که نمونه‌های آزمایش انگمی در حمام استاندارد تعیین درجه نفوذ به دمای ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتیگراد) قرار گرفته‌اند، دماسنجی که برای آزمایش استاندارد D ۵ توصیف شده می‌تواند بجای آنچه که در بالا آمده، مورد استفاده قرار گیرد.

۵- روش آزمایش:

۵-۱ قالب را روی یک صفحه برنجی سوار کنید. سطح صفحه، سطوح داخلی جوانب a و a شکل یک و قالب را با لایه نازکی از مخلوط گلیسیرین و نشاسته. تالک یا کائولین (خاک رس چینی) برای جلوگیری از چسبندگی مواد در حین آزمایش کاملاً بپوشانید. صفحه‌ای که قالب روی آن قرار می‌گیرد باید کاملاً مسطح و تراز بوده به طوری که سطح کف قالب در تماس کامل از هر طرف باشد. نمونه را بدقت و با اجتناب از گرم شدن بیش از حد موضعی، گرم کنید تا نمونه به اندازه کافی روان جهت ریختن شود.

نمونه ذوب شده را از الک شماره ۵۰ (۳۰۰ میکرومتر) مطابق با مشخصات E ۱۱ عبور دهید. بعد از بهم زدن کامل آنرا داخل قالب بریزید. در پرکردن قالب مواظب بهم خوردن قسمت‌های مختلف و همچنین تغییر شکل قالب باشید. در پرکردن، مواد را به صورت جریان باریکی از یک انتها تا انتهای دیگر قالب، با حرکت جلو و عقب بریزید تا قالب بیشتر از سطح آن پر شود. قالب شامل نمونه را بمدت ۳۰ تا ۴۰ دقیقه در دمای اتاق نگهدارید تا خنک شود و سپس آنرا در حمام آب که در دمای مشخص قرار دارد به مدت ۳۰ دقیقه نگهدارید، سپس با چاقوی تراز بتونه یا کاردک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

داغ نمونه را با قالب دقیقاً هم سطح کنید.

۵-۲ نگهداری نمونه در دمای استاندارد - صفحه برنجی و قالب را با نمونه قالب‌گیری شده در حمام آب قرار داده و در دمای مشخص شده به مدت ۸۵ تا ۹۵ دقیقه نگهدارید. سپس نمونه قالب‌گیری شده را از صفحه جدا کرده و تکه‌های جانبی را جدا کنید و سریعاً آزمایش را انجام دهید.

۵-۳ آزمایش کردن: حلقه‌های هر یک از انتهای گیره‌ها را در سوزن یا قلاب دستگاه آزمایش قرار داده و دوگیره را با سرعت یکنواخت مشخص به سمت دور از هم بکشید تا نمونه گسیخته شود. تغییر ± 5 درصدی از سرعت مشخص شده، قابل قبول است. فاصله بین دوگیره را وقتی که گسیختگی اتفاق می‌افتد برحسب سانتیمتر اندازه بگیرید. درحالی‌که آزمایش انجام می‌شود آب مخزن دستگاه آزمایش باید نمونه را از بالا و پایین حداقل $2/5$ سانتیمتر بپوشاند و پیوسته در دمای مشخصه با اختلاف $0/9 \pm$ درجه فارنهایت ($0/5$ درجه سانتیگراد) نگهداشته شود.

۶- گزارش:

۶-۱ آزمایش معمول به نحوی است که مواد بین دوگیره تا نقطه‌ای کشیده می‌شوند تا به باریکی نخ می‌شوند تا گسیختگی در نقطه‌ای که باریک شدن به نحوی باشد که سطح مقطع بسیار ناچیز باشد، اتفاق افتد. متوسط سه آزمایش معمول را به عنوان انگمی نمونه گزارش کنید.

۶-۲ اگر مواد قیری به سطح آب بیاید و یا با کف حمام تماس پیدا کند، آزمایش معمول در نظر گرفته نمی‌شود. وزن مخصوص آب حمام را با افزودن متیل الکل یا کلرید سدیم تنظیم کنید به طوری که در طول آزمایش مواد قیری نه به سطح آب بیایند، نه اینکه به کف حمام برسند.

۶-۳ اگر یکی از سه آزمایش معمول قابل انجام نبود، گزارش کنید که انگمی تحت شرایط آزمایش قابل اندازه‌گیری نمی‌باشد.

۷- دقت:

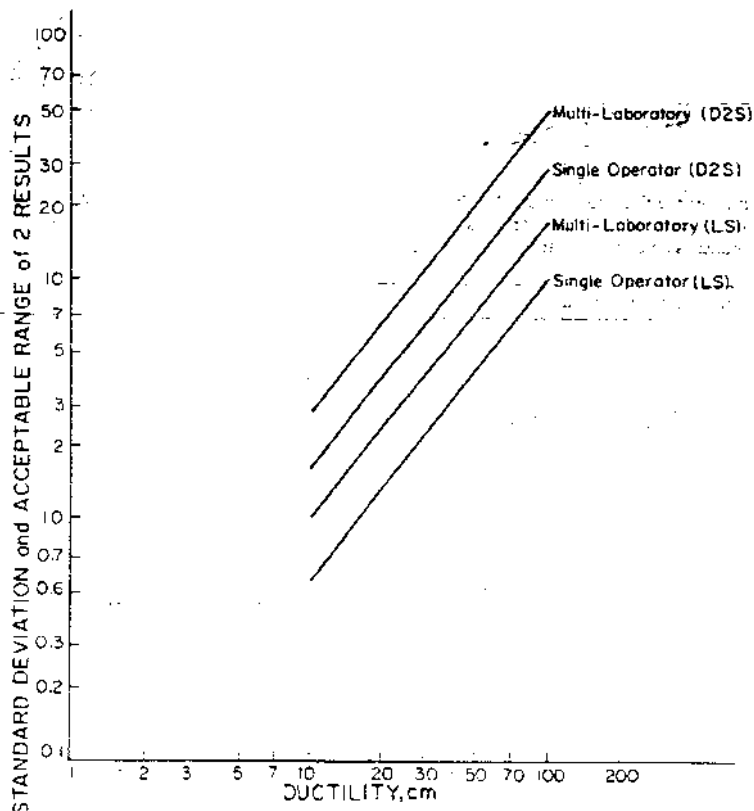
۷-۱ معیار قضاوت پذیرش نتایج آزمایش انگمی در دمای ۷۷ درجه فارنهایت (۲۵ درجه سانتیگراد) بدست آمده از این روش، در شکل ۲ نشان داده شده است.

توجه ۲ - محدوده دقت برای انگمی که در شکل ۲ نشان داده شده، براساس آزمایشات انجام شده بر روی قیر خالص است. دقت آزمایشها روی مواد قیری باقی مانده، مانند آنچه که از روشهای $D 1754$ ، $D 2872$ بدست می‌آید هنوز تخمین زده نشده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

توجه ۳ - اعداد ترسیم شده در شکل ۲ محدوده ۱۵ و DYS را برای دقت یک آزمایش کننده و برای دقت چند آزمایشگاه به نحوی که در دستورالعمل ۶۷۰ D تشریح شده، نشان می دهد.

توجه ۴ - اطلاعات برای دستیابی به تعیین مناسب دقت در ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ درجه سانتیگراد) کافی نیست. لیکن، آنالیز نتایج آزمایشها از ۱۳ آزمایشگاه روی یک قیر برای آن قیری که متوسط نتایج آزمایش انگمی ۴۵ سانتیمتر بود، دقت چند آزمایشگاه (DYS) را ۲۳ سانتیمتر نشان می دهد. /ق ۴/۲



شکل دو - اطلاعات مربوط به دقت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM :D139

روش استاندارد آزمایش شناوری مواد قیری

۱- هدف

۱-۱ این روش شامل آزمایش شناوری مواد قیری می باشد.

۲-۱ این استاندارد ممکن است شامل مواد، عملیات و تجهیزات خطرناک باشد. این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند. محدوده های احتیاط ویژه را در بخش ۱-۷ ببینید.

۲- مراجع مستند

۱-۲ استانداردهای ASTM

C 670 دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف برای آزمایشهای مصالح ساختمانی

D 140 دستورالعمل نمونه گیری از مواد قیری

D 244 روش آزمایش قیرهای امولسیون

D 2170 روش آزمایش کندروانی کینماتیک قیرها

E 1 مشخصات دماسنجهای ASTM

۳- خلاصه ای از روش آزمایش

۱-۳ یک گلوله از قیر در حلقه مخروطی شکل جای می گیرد. مجموعه شناوری و حلقه سپس در حمام آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

در دمای معین شناور می شود. زمان بین فرارگرفتن لوازیم بر روی آب و عبور آب از میان ماده به عنوان اندازه گیری قوام مواد تحت آزمایش در نظر گرفته شود.

۴- مشخصات و موارد کاربرد

- ۴-۱ آزمایش شناوری رفتارروانی یا معیارهای قوام مواد قیری را مشخص می کند.
۴-۲ این آزمایش در تعیین قوام قیر در تخمین معیارهای یکنواختی در حمل و نقل یا منابع مورد استفاده مفید است.

۵- وسایل

- ۵-۱ وسیله شناوری - وسیله شناوری (شکل یک) باید از جنس آلومینیوم یا آلیاژی از آلومینیوم ساخته شده باشد و باید با مشخصات زیر مطابقت کند:

حد اقل	میانگین	حد اکثر	
۳۷/۷۰	۳۷/۹۰	۳۸/۱۰	جرم شناور بر حسب گرم
۳۴/۰	۳۵/۰	۳۶/۰	ارتفاع کل شناور بر حسب میلیمتر
۲۶/۵	۲۷/۰	۲۷/۵	ارتفاع قسمت بالایی تا لبه پایینی شانه بر حسب میلیمتر
۱/۳	۱/۴	۱/۵	ضخامت شانه بر حسب میلیمتر
۱۱/۰	۱۱/۱	۱۱/۲	قطر سوراخ بر حسب میلیمتر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۲ طوقه - طوقه (شکل یک) باید از برنج ساخته شده و مطابق با مشخصات زیر باشد:

حد اکثر	متداول	حداقل	
۱۰/۰۰	۹/۸۰	۹/۶۰	جرم طوقه برحسب گرم
۲۲/۷	۲۲/۵	۲۲/۳	ارتفاع کل طوقه برحسب میلیمتر
۱۲/۹۲	۱۲/۸۲	۱۲/۷۲	قطر داخلی در پایین، برحسب میلیمتر
۹/۷۵	۹/۷۰	۹/۶۵	قطر داخلی در بالا، برحسب میلیمتر

قسمت بالای طوقه باید به طور محکم در لبه پایین تر شانه پیچانیده شود.

۵-۳ کالیبره کردن مجموعه - مجموعه شناور و طوقه نصب شده را که طوقه تا سطح زیرین پر شده و جرم کل آن به $53/2$ گرم رسیده بر روی آب شناور خواهد شد به طوری که شانه $1/5 \pm 8/5$ میلیمتر بالای سطح آب باشد. تنظیم نمودن جرم کل مجموعه فقط به منظور کالیبراسیون عمق فروروی در حمام آزمایش می باشد.

۵-۴ دماسنج - دماسنج ASTM مخصوص نقطه نرمی پایین که برحسب درجه سلسیوس یا فارنهایت درجه بندی شده که دارای محدوده ۲- تا $+80$ درجه سانتیگراد یا 30 تا 180 درجه فارنهایت بوده و مطابق با مشخصات لازم برای دماسنج ۱۵ درجه سانتیگراد یا ۱۵ درجه فارنهایت، که در مشخصات B۱ تشریح شده است، می باشد.

۵-۵ حمام آزمایش - حمام مدور با حداقل قطر داخلی ۱۸۵ میلیمتر و شامل ۱۸۵ میلیمتر آب در عمق یا حمام چهار گوش با حداقل ابعاد داخلی ۱۵۰ میلیمتر عرض و ۳۰۰ میلیمتر طول و شامل حداقل عمق آب ۱۱۰ میلیمتر، ارتفاع سطح ظرف بالای آب باید حداقل ۴۰ سانتیمتر باشد. حمام باید با وسیله الکتریکی، گازی یا دیگر وسایل مناسب گرم شود. یک پایه یا نگهدارنده مناسب دیگر که قادر به نگهداری دماسنج در وضعیت مناسب در حمام در ضمن آزمایش باشد، لازم است.

۵-۶ حمام آب در ۵ درجه سانتیگراد - یک حمام آب با ابعاد مناسب که دما را در $1/0 \pm 5/0$ درجه سانتیگراد نگهدارد که ممکن است بوسیله ذوب یخ انجام شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷-۵ صفحه برنجی برای ریختن - یک صفحه برنجی صاف، مسطح با ابعاد تقریبی ۷۵ در ۵۰ میلیمتر که باید از چسبیدن مواد قیری به آن جلوگیری شود. یک روش مناسب به این منظور، پوشش دادن صفحه درست قبل از استفاده با لایه نازکی از مخلوط گلیسیرین و دکستروزین، تا لک یا کائولین (خاک چینی) می باشد. صفحات یا پوشش های دیگر، یا هر دو برای رسیدن به نتیجه مشابه می توانند استفاده شوند.

۶- روش آزمایش

۱-۶ حلقه برنجی را از انتهای کوچکترش روی صفحه پوشش داده شده قرار دهید.

۲-۶ نمونه را در کمترین دمای ممکن، ذوب کرده که به حالت کاملاً مایع برای ریختن آسان غیر از باقیمانده روغنی کروزت آماده شود. نمونه باید مخلوط شده و در دمای ۱۰۰ تا ۱۲۵ درجه سانتیگراد ریخته شود. برای قیرهای امولسیون، آزمایش باقی مانده تقطیر بر طبق بخش ۷۰ روش آزمایش ۲۴۴ D انجام می شود. نمونه را کاملاً هم بزنید تا همگن شده و عاری از حباب هوا باشد. سپس آنرا به داخل طوقه به هر روش مناسبی چنان بریزید که کمی بالاتر از سطح بالایی قرارگیرد.

۳-۶ قیر و فرآورده های قیری - قیر و فرآورده قیری را دمای اتاق بمدت ۱۵ تا ۶۰ دقیقه خنک کرده و سپس به مدت ۵ دقیقه در حمام آب ۵ درجه سانتیگراد قرار دهید، بعد از آن مواد اضافی از بالای طوقه را با کاردک یا چاقوی فولادی که کمی گرم شده، بردارید. سپس طوقه و صفحه را در حمام آب ۵ درجه سانتیگراد قرار دهید و به مدت ۱۵ تا ۳۰ دقیقه به حال خود بگذارید.

۴-۶ فرآورده های قطران - پس از برداشتن قسمت اضافی مواد سرریز شده از بالای طوقه با کاردک یا چاقوی فولادی که کمی گرم شده سریعاً فرآورده قطرانی را در حمام آب ۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه غوطه ور کنید. سپس طوقه و صفحه را در حمام آب ۵ درجه سانتیگراد قرار داده و آنها را در این حمام به مدت حداقل ۱۵ و حداکثر تا ۳۰ دقیقه به حال خود بگذارید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۶ آب حمام آزمایش را تا دمایی که آزمایش انجام می‌شود، گرم کنید. این دما نباید بیش از ۵/۰ درجه سانتیگراد از دمای مشخص شده برای آزمایش متفاوت باشد از هر وسیله مناسب برای گرم کردن حمام بدون هم زدن می‌توان استفاده کرد. دما را با دماسنج غوطه ور شده که انتهای حباب آن در عمق 2 ± 40 میلی‌متر زیر سطح آب باشد، تعیین کنید.

۶-۶ پس از اینکه مواد مورد آزمایش در حمام آب ۵ درجه سانتیگراد بمدت حداقل ۱۵ و حداکثر ۳۰ دقیقه نگهداری شد، طوقه را با محتویات آن از صفحه جدا کرده و به شناور آلومینیمی ببندید. مجموعه را به مدت یک دقیقه کاملاً در حمام آب ۵ درجه سانتیگراد غوطه ور کنید. سپس آب داخل شناور را خالی کرده و مجموعه را بر روی حمام آزمایش شناور کنید. حرکت جاتیبی مجموعه باید مجاز باشد اما حرکت چرخشی نباید به آن داده شود. وقتی توده ماده گرم شده و جریان یابد، به سمت بالا فشار آورده و از طوقه خارج می‌شود تا اینکه آب به داخل ظرف کاسه وارد شده و باعث گردد تا کاسه فرورود.

۶-۷ زمان بین قرار گرفتن دستگاه بر روی آب و عبور آب از میان مواد را با استفاده از یک زمان سنج برحسب تائیه تعیین کنید و آنرا به عنوان اندازه‌ای از قوام مواد تحت آزمایش بگیرید.

۷- احتیاط‌ها

۷-۱ احتیاط‌های مخصوصی لازم است تا اینکه اطمینان حاصل شود طوقه کاملاً به شناور کیپ شده و هیچ تراوش آبی بین طوقه و شناور در حین انجام آزمایش دیده وجود ندارد.

۸- دقت و انحراف

۸-۱ معیار قضاوت پذیرش نتایج آزمایش شناوری بدست آمده با این روش آزمایش در جدول یک داده شده‌اند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک - انحراف

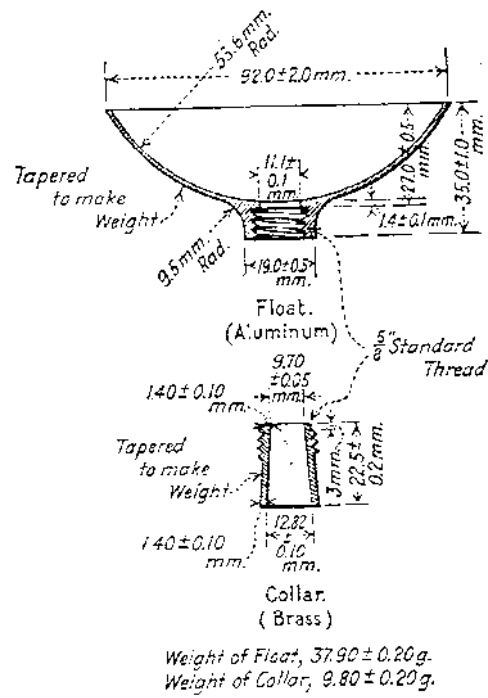
توجه: مقادیر داده شده در ستون ۲ ضرایب تغییراتی هستند که برای مواد و حالات تشریح شده آزمایش در ستون یک مناسب می باشند. مقادیر داده شده در ستون ۳ محدوده‌ای هستند که تفاوت بین نتایج دو آزمایش خاص انجام شده برحسب درصد نباید از این حدود تجاوز کند.

الفوب	الفوب	مواد و نوع آزمایش
متوسط محدوده قابل قبول دو نتیجه، درصد	متوسط ضریب تغییرات، درصد	
۶/۵	۲/۳	دقت یک آزمایش کننده: قطران در ۳۲ و ۵۰ درجه سانتیگراد قیصرخالص و قیصرامولسیون باقی مانده در ۶۰ درجه سانتیگراد (درجه نفوذ ۱۲۰ و بالا تر)
۴/۸	۱/۷	
۱۱/۹	۴/۲	دقت چند آزمایشگاه: قطران در ۳۲ و ۵۰ درجه سانتیگراد قیصرخالص و قیصرامولسیون باقی مانده در ۶۰ درجه سانتیگراد (درجه نفوذ ۱۲۰ و بالا تر)
۳۰/۲	۱۰/۷	

الف: اعداد نشان داده شده به ترتیب (۱٪) و (۲٪) محدوده‌های تشریح شده در دستورالعمل C ۶۷۰ می باشند.

ب: برای روشهای پیشنهادی بخش ۱۰ روش آزمایش D ۲۱۷۰ را ببینید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل یک: وسیله آزمایش شناوری مواد قیری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM:D ۱۴۰

دستورالعمل استاندارد نمونه‌گیری مواد قیری

۱- هدف

۱-۱ این دستورالعمل برای نمونه‌گیری مواد قیری در نقاطی از کارخانه، مخازن نگهداری یا محل تحویل اعمال می‌شود.

۱-۲ مقادیر برحسب واحدهای اینچ - پوند به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند. واحدهای SI در داخل پرانتز فقط جهت اطلاع تهیه شده‌اند.

۱-۳ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استناد کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنها مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱ استاندارد ASTM

D۳۴۶ دستورالعمل جمع‌آوری و آماده‌کردن نمونه‌های کک برای تجزیه آزمایشگاهی

۳- مشخصات و موارد کاربرد

۳-۱ نمونه‌گیری به اندازه آزمایش مهم است و احتیاط‌هایی باید در نظر گرفته شود تا نمونه بدست آمده، طبیعت حقیقی و حالات مواد را نشان دهد.

۳-۲ نمونه‌ها به دو منظور زیر می‌توانند گرفته شوند:

۳-۲-۱ برای نشان دادن هرچه دقیقتر میانگین توده‌ای واقعی مواد نمونه‌گیری شده، یا

۳-۲-۲ برای اثبات حداکثر تغییرات در مشخصاتی که مواد دارا می‌باشند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴- انتخاب نمونه‌ها

۴-۱ جایی که عملی باشد، از مواد قیری باید در نقطه‌ای از کارخانه یا مخزن نگهداری، نمونه‌گیری شده و در همان زمان قبل از انتقال، آزمایشات به منظور کنترل پذیرش یا عدم پذیرش صورت پذیرد.

۴-۲ وقتی نتوان در نقاطی از کارخانه یا مخزن نگهداری، نمونه‌گیری شود باید از محموله‌ای که تحویل شده سریعاً نمونه گرفته شود.

۵- اندازه نمونه‌ها

۵-۱ مقدار نمونه از مواد مایع باید به صورت زیر باشد:

۵-۱-۱ برای آزمایشهای متداول آزمایشگاهی یک لیتر (امولسیون یک گالن (چهار لیتر)).

۵-۱-۲ از مخزن ماده یک گالن یا

۵-۱-۳ از خمیره یا چلیک، یک کوارت

۵-۲ مقدار نمونه از مصالح نیمه جامد و جامد باید به صورت زیر باشد:

۵-۲-۱ از خمیره، چلیک یا به صورت بهم چسبیده، ۲ تا ۳ پوند (یک تا ۱/۵ کیلوگرم) یا

۵-۲-۲ از مصالح خرد شده یا پودر شده به صورت توده یا بسته به میزان ۲ تا ۳ پوند.

۶- ظروف:

۶-۱ نوع ظروف:

۶-۱-۱ ظروف برای مواد قیری مایع، بجز امولسیونها باید ظروف دهان گشاد با درپوش پیچی یا فشاری

۶-۱-۲ ظروف برای مواد قیری امولسیونی باید بطری یا شیشه دهان گشاد پلاستیکی و ظروف پلاستیکی دهان گشاد یا درپوش پیچی یا فشاری باشد.

۶-۱-۳ ظروفی برای گرد یا پودر مواد قیری باید ظروف با درپوش فشاری یا پلاستیکی قرار داده شده، در ظروف دیگری که مناسب برای حمل کردن هستند، باشند.

۶-۲ اندازه ظروف:

۶-۲-۱ اندازه ظروف باید متناسب با مقدار نمونه لازم باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷- محافظت و نگهداری نمونه‌ها

۷-۱ ظروف نمونه‌ها باید نو باشند. آنها نباید شسته یا آب کشیده شوند یا اینکه با پارچه آغشته به روغن پاک شوند. اگر ظروف دارای لایه‌های چسبیده یا لایه‌های مشهودی باشند یا اگر تمیز و خشک نباشند، نباید استفاده شوند. درپوش و ظرف باید محکم به یکدیگر بسته شوند.

۷-۲ مراقبت کنید که از آلوده شدن نمونه‌ها جلوگیری شود. فوراً پس از پر کردن ظرف، درپوش باید محکم شده و به طور مؤثری مهر و موم شود.

۷-۳ ظرف پر شده نمونه نباید در حلال فرو رود و نباید با پارچه اشباع شده یا حلال پاک شود. اگر تمیز کردن لازم باشد از یک پارچه خشک تمیز استفاده کنید.

۷-۴ نمونه‌های امولسیون‌نی باید از یخزدن با استفاده از بسته بندی صحیح محافظت شوند.

توجه ۱- وقتی در نمونه‌گیری امولسیونها دقت نشود به طوری که هنگام اخذ نمونه، نمونه تحت فشار قرار گیرد که اثر رفتار سریع باعث به تله افتادن هوا شود که باعث ایجاد خط در نتایج آزمایش می‌شود. هر حباب قابل رؤیت در مواد نشانه هوایی است که گیر افتاده است. علاوه بر این ظرف نمونه‌گیری باید کاملاً پر شود تا ایجاد پوسته شدن ناشی از تماس امولسیون - هوا به حداقل برسد.

۷-۵ نمونه‌ها نباید از یک ظرف به ظرف دیگر منتقل نشوند به غیر از مواردی که لازم است که در این صورت باید به روش نمونه‌گیری انجام شود.

۷-۶ سریعاً پس از پر کردن، مهر و موم کردن و تمیز کردن ظروف نمونه باید با مداد علامت گذاری برای مشخص شدن به طور مناسبی علامت گذاری شود و این علامت باید روی ظروف نه بر روی سطح نمونه گذاشته شود. از برجسب‌های پارچه‌کتانی نیز می‌توان برای مشخص کردن استفاده کرد، اگر آنها به طور محکم به ظرف بتوانند بسته شوند به چنان وضعیتی که اطمینان حاصل شود به هنگام انتقال آنها گم نخواهند شد. برجسب‌های پارچه‌ای نباید با استفاده از سرپوشهایی جهت محکم نمودن آنها ضمیمه شوند.

۸- نمونه‌گیری در محل کارخانه

۸-۱ مخازن قائم که قابل حرکت دادن نیستند (مواد مایع یا مواد مایع شده تحت اثر حرارت) (با ظرفیت ۸۰۰ متر مکعب یا بیشتر) سه روش نمونه‌گیری پیشنهاد می‌شود: (توجه ۲)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۱-۱ نمونه قیری - روش شیر - شیرها باید با دسترسی آسان و ایمن جای گیرند بر روی کناره مخزن به طوریکه اولین شیر در یک سوم از بالا که بالاتر از ۳ فوت (یک متر) از بالا نباشد دومین شیر در یک سوم وسط مخزن و سومین شیر در یک سوم از کف مخزن به طوریکه فاصله آن از کف کمتر از $3\frac{1}{4}$ فوت (۱/۱ متر) نباشد. طرح توجه ۲- در ضمن نمونه گیری به هر یک از روشهای توصیفی همه ورودیهای پرکردن و خروجیهای خالی کردن مخزن باید بسته باشند.

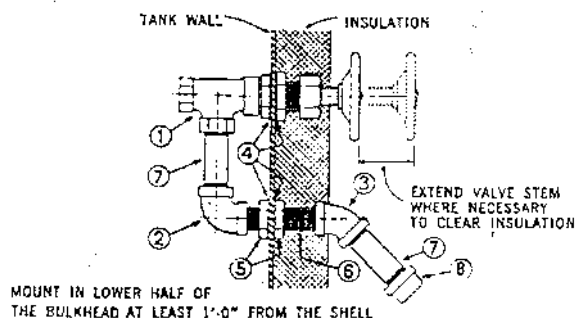
۸-۱-۱-۱ حداقل یک گالن (چهار لیتر) از فرآورده از هر شیر نمونه گیری باید کشیده و خالی شود قبل از اینکه نمونه برای آزمایش گرفته شود و

۸-۱-۱-۲ مقدار یک لیتر تا یک گالن نمونه باید از شیر نمونه گیری برای آزمایش گرفته شود.

۸-۱-۲ روش نمونه بردار (برای قیرخالص مناسب نیست) نمونه ها باید در مقاطعی از مخزن در بالا، وسط و پایین تر از سطوحی که در بند ۸-۱-۱ تشریح شد با وارد کردن نمونه دزد به داخل مواد، گرفته شوند. یک نمونه مناسب با اطلاعات قابل استفاده در شکل ۲ نشان داده شده است.

توجه ۳- بیشتر مواد قیری در حالت مایع چنان کند روان و چسبیده هستند که بعد از خالی کردن معمولی از یک ظرف به طریق ریختن بقدر کافی از مواد در ظرف باقی می ماند که باعث آلوده شدن نمونه دومی که قبلاً از تمیز کردن کامل به ظرف ریخته می شود، می گردد. خواص فوق الذکر مواد قیری نیز در تمیز کردن ظرف مشکل ایجاد کرده که طاقت فرسا بوده و یک وظیفه اتلاف کننده وقت است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



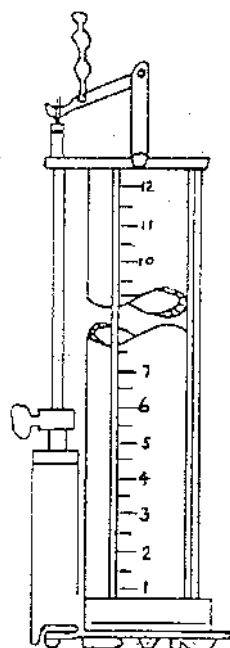
REF. No.	DESCRIPTION	No. REQ.
1	3/4" 'VOGT' P-9844 STEEL ANGLE VALVE OR SIMILAR, PANEL MOUNTED	1
2	3/4" STEEL OR MALL. IRON 90° ELBOW	2
3	3/4" STEEL OR MALL. IRON 45° ELBOW	1
4	ASBESTOS GASKETS SNUG ON THREAD OR WOUND WITH YARN	4
5	3/4" 150# SCREWED M. I. LOCKNUT	2
6	3/4" x 3 1/2" ± PARALLEL THREADED STEEL PIPE NIPPLE (CUT FROM 3/4" STD. TANK NIPPLE IF OTHERWISE UNOBTAINABLE)	1
7	3/4" x 3" THREADED STEEL PIPE NIPPLE	2
8	3/4" MALL. IRON PIPE CAP	1

شکل یک - وسیله نمونه گیری نوع غرق نمودن

توجه ۴- نمونه دزد تشریح شده در شکل ۲ ممکن است برای تکرار نمونه گیری استفاده شود زیرا آلودگی نمونه توسط مواد قبلی، بوسیله عمل تمیز کردن خودی که با عبور مواد از میان نمونه دزد نمونه ای شکل که دو انتهای آن باز است برطرف می شود. عمل بالا و پایین کشیدن نمونه گیر سه یا چهار مرتبه در یک ضول چند فوتی در عمق نمونه پیشنهاد می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

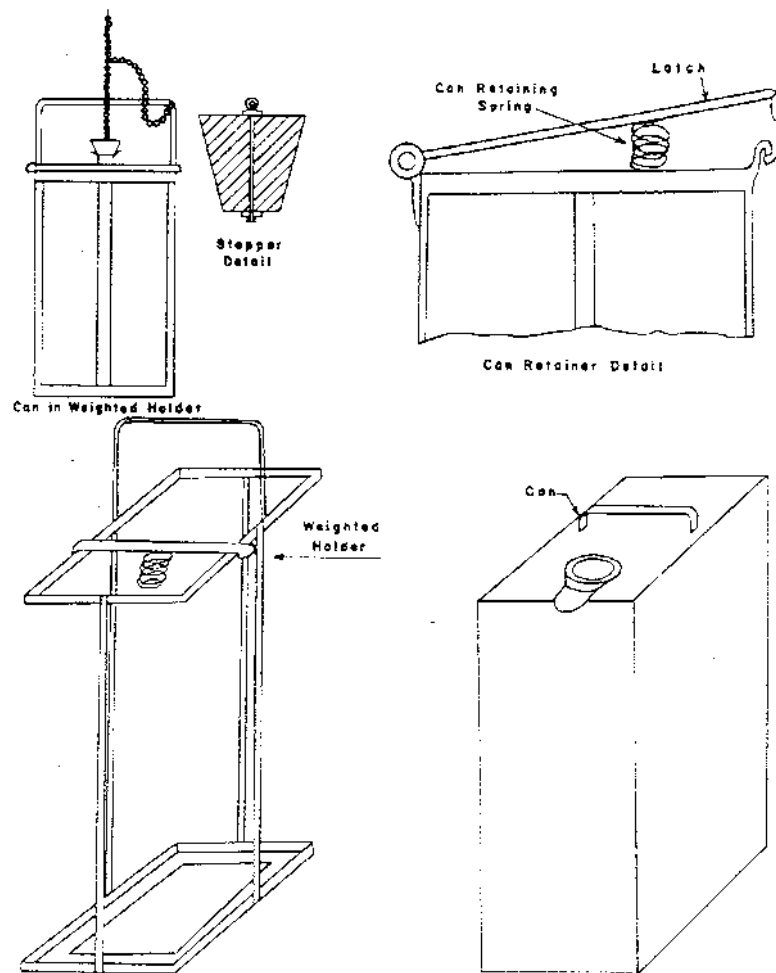
۸-۱-۳ روش ظرف یکبار مصرف - نمونه‌ها باید از سطوح بالا، وسط و پایین‌تر با وارد کردن یک ظرف به داخل مواد با یک وسیله نگهدارنده مناسب وزن گرفته شود. اساس روش در استفاده از ظرف تمیز برای گرفتن نمونه است، این نمونه را به ظرف تمیز دیگر ریخته و ظرفی را که برای نمونه‌گیری از مخزن استفاده شده است، دور بیاندازید. یک نوع وسیله مناسب با نحوه استفاده آن در شکل ۳ نشان داده شده است.



توجه: این نوع نمونه‌گیر به داخل مخزن یا شیر پایینی باز وارد می‌شود (بالای هم بسته نیست) وقتی به عمق مطلوب رسید، به زنجیر پایینی کشش اندکی داده می‌شود، به طوریکه شیر پایینی بسته شود. نمونه‌گیر سپس از مخزن بیرون کشیده می‌شود و مقادیر از محتویات آن به ظرف نمونه منتقل می‌گردد. این نمونه‌گیر ممکن است برای دوباره نمونه‌گیری در همان مخزن استفاده شود.

شکل ۲ - نمونه‌گیر از نوع نمونه دزد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



توجه - این نوع نمونه گیر با درپوش قرار گرفته در محل خود، به داخل مخزن پایین برده می شود. وقتی به عمق مطلوب رسید، درپوش بوسیله سیم، میله یا زنجیر متصل شده، خارج شده و به ظرف اجازه پر شدن داده می شود. تکمیل پر شدن با قطع حبابهای هوایی که از ظرف به سطح مایع می آیند، مشخص می شود. نمونه گیر سپس از تانک بیرون کشیده شده و محتویات آن به ظرف نمونه گیر تمیز ریخته می شود. یک ظرف تمیز (بطری) باید برای هر نمونه گرفته شده استفاده شود.

شکل ۳- نمونه گیر با ظرف یکبار مصرف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۱-۴ سه نمونه از مخزن مواد ممکن است جداگانه برای قوام جهت مشخص کردن طبقه بندی آزمایش شوند، نمونه‌ها ممکن است ترکیب شده، کاملاً مخلوط شده و برای دیگر آزمایشهایی که برای تعیین مشخصات میانگین مواد لازم است، یک کوارت تا یک گالن (یک تا ۴ لیتر) نمونه گرفته شوند.

۸-۲ مخازن نگهداری مواد (مواد مایع یا مواد مایع شده بر اثر حرارت) که مجهز به هم زن مکانیکی هستند. وقتی مخزن به هم زن مکانیکی مجهز است که با بررسی به هنگام نمونه‌گیری یا بررسی پیمانانه عمل مخلوط کردن محتویات مخزن را انجام می‌دهد یک نمونه با هر یک از روش‌های تشریح شده در بندهای ۸-۱-۱، ۸-۱-۲ و یا ۸-۱-۳ گرفته شود، مناسب استفاده برای اهداف آزمایش خواهد بود.

۹- نمونه‌گیری از ماشینهای مخزنی، مخازن حمل، کامیونهای توزیع کننده یا مخازن نگهداری گردنده

۹-۱ نمونه ممکن است از شیر نمونه‌گیری یا دهانه، در صورتیکه در مخازن تدارک دیده شده باشند، گرفته شود. وقتی چنین وسایل نمونه‌گیری لازم باشد، آنها در خود مخزن ساخته می‌شوند. یک وسیله نمونه‌گیری از این نوع در شکل یک نشان داده شده است. قبل از گرفتن نمونه، یک گالن از مواد باید از شیر نمونه‌گیری گرفته و خالی شود. ۹-۲ نمونه‌های مواد مایع و موادی که تحت اثر حرارت مایع می‌شوند ممکن است بوسیله نمونه‌گیری به روش عمیق با استفاده از ظرف تمیز دهان گشاد یا لبه دار در یک نگهدارنده که در شکل ۴ نشان داده شده، گرفته شود. یک ظرف تمیز باید برای گرفتن هر نمونه استفاده شود و ماده نمونه‌گیری شده باید سپس به ظرف تمیز و نو دیگری برای نگهداری یا آزمایش نمونه منتقل شود.

۹-۳ یک جداکننده کپ شونده شبیه آنچه که در شکل ۵ طرحی از آن نشان داده شده، ممکن است در خط خالی کردن داخل شود. قبل از نمونه‌گیری یک گالن از مواد باید از این شیر نمونه‌گیری گرفته شده و خالی شود.

۱۰- نمونه‌گیری از مخازن حمل کننده و کشتی‌ها

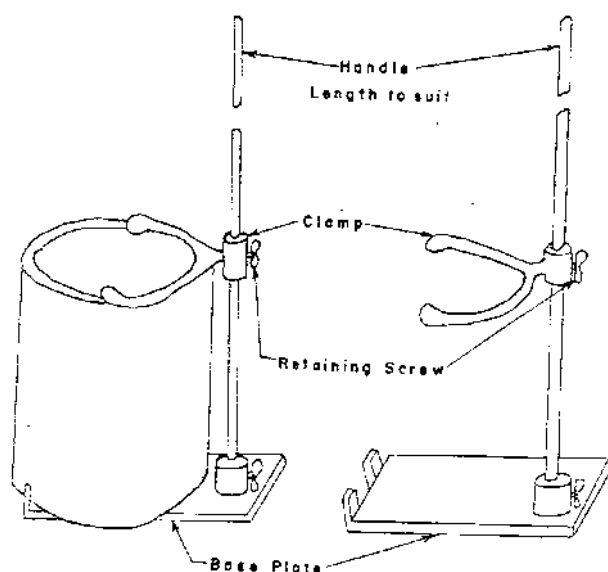
۱۰-۱ برای مواد مایع (شامل همه قیرهای محلول و مواد مایع شده تحت اثر حرارت) نمونه‌هایی از بالا، وسط و پایین تر مواد باید به روشهایی که در بندهای ۸-۱-۲ و ۸-۱-۳ تشریح شد، گرفته شوند.

۱۰-۲ برای همه مواد دیگر که تحت حرارت مایع شده‌اند، فقط یک نقطه نمونه از بالا توسط روش نمونه‌گیری عمیق، نمونه دزد یا ظرف یک بار مصرف باید گرفته شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

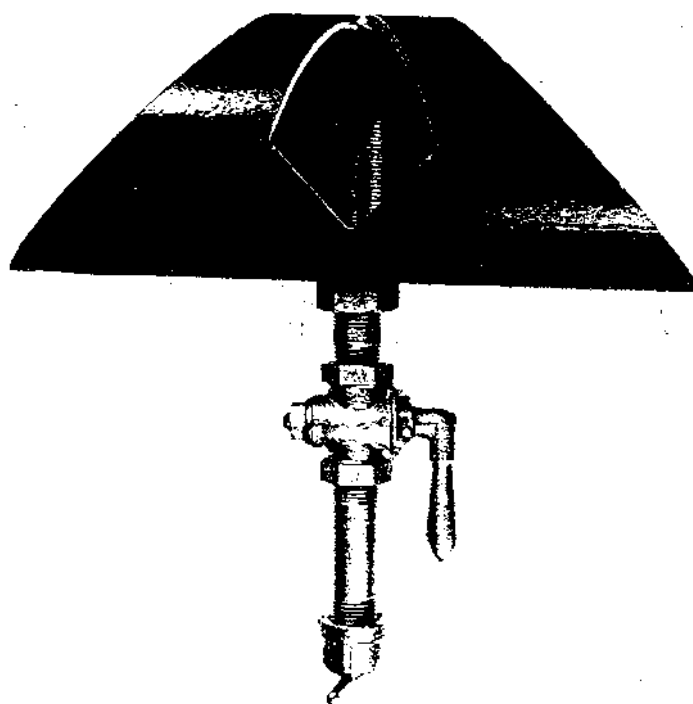
۱۱- نمونه گیری از خطوط لوله در ضمن بارگیری یا تخلیه بار

۱-۱۱ وقتی تانکرها و کشتی های حمل کننده نمونه بارگیری کرده یا بار خالی می کنند ممکن است نمونه ها از خط لوله گذرنده که مواد داخل آن جاری هستند با داخل کردن لوله نمونه گیر به یک مقطع بالا آورنده خط لوله روی مخمل خالی کردن پمپ یا در خط کاملاً پر شده که نیروی ثقل سبب جریان مواد می شود، گرفته شوند. یک نمونه گیر مناسب در خط لوله در شکل ۵ نشان داده شده است. لوله نمونه گیر نباید بیش از $\frac{1}{8}$ قطر خط لوله بوده و سوراخ آن باید به جهت جریان مایع باشد. این لوله باید به یک شیر یا خروجی قابل کنترل مجهز شده باشد و به یک ظرف گیرنده نمونه خالی شود. حداقل سه نمونه یک گالنی باید در فواصل یکسان به هنگام بارگیری یا خالی کردن بار گرفته شوند. به هنگام تکمیل بارگیری یا تخلیه بار، نمونه های یک گالنی باید با هم ترکیب شده، کاملاً با هم مخلوط شده بدون این که خصوصیات آنها تغییر کند و یک نمونه یک گالنی از آنها گرفته شود.



توجه - نمونه گیر با ظرف محافظ در محل به تندی داخل مخزن می شود تا به عمق مطلوب برسد و اجازه داده می شود تا با نمونه پر شود. نمونه سپس از مخزن بیرون کشیده شده و محتویات آن به ظرف نمونه منتقل می شود. برای گرفتن هر نمونه از یک ظرف تمیز باید استفاده شود.

شکل ۴ - نمونه گیری



شکل ۵- وسیله نمونه گیری قیر در خطوط

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱-۲ وقتی تانکرها و کشتی‌های با ظرفیت ۲۵۰۰۰ بشکه^۱ (۴۰۰۰ متر مکعب) یا کمتر نمونه‌گیری می‌شود باید حداقل پنج نمونه یک‌گالنی در فواصل یکسان به هنگام بارگیری و تخلیه کامل بار (با ظرفیت ۲۵۰۰۰ بشکه یا بیشتر حداقل ۱۰ نمونه یک‌گالنی نیاز دارد) گرفته شود. بعد از تکمیل بارگیری و یا تخلیه بار نمونه‌های یک‌گالنی باید طوری با هم ترکیب شده و کاملاً مخلوط شوند که مشخصات آنها تغییر نکرده و از آنها نمونه یک‌گالنی گرفته شود.

۱۲- نمونه‌گیری از شبکه‌ها یا خمیره‌ها

۱۲-۱ بعد از مخلوط کردن کامل، نمونه‌های مواد قیری مایع باید از شبکه‌ها یا خمیره‌ها توسط لوله یا نمونه‌دزد با گرفتن یک لیتر از مواد از بسته‌های انتخابی به طور تصادفی مطابق بخش ۱۳ گرفته شوند.

۱۳- نمونه‌گیری از مواد نیمه جامد یا مواد جامد خرد نشده

۱۳-۱ بشکه‌ها، خمیره‌ها، جعبه‌ها و پاکت‌ها - جایی که بخشی از مواد به طور وضوح از یک نوبت یا پیمانانه از محصولات نمونه‌گیری شده‌اند، یک بسته باید به طور تصادفی انتخاب و بشرح زیر نمونه‌گیری شود. وقتی بخشی از مواد به طور نامعلوم از یک نوبت یا پیمانانه از محصول نمونه‌گیری شده باشد، یا جایی که نمونه‌های تکی انتخاب شده باشد به طوری که در بالا تشریح شده در آزمایش به منظور تطابق مشخصات لازم شکست بخورند، تعدادی از بسته‌ها باید به طور تصادفی معادل با ریشه سوم تعداد کل بسته‌های آن بخش انتخاب شوند. جدول زیر تعداد نمونه‌های انتخاب شده برای محموله‌های با اندازه‌های مختلف را نشان می‌دهد:

تعداد بسته‌های در محموله

تعداد بسته‌های انتخابی	تعداد بسته‌های در محموله
۲	۸۵۲
۳	۲۷۵۹
۴	۶۴۵۲۸
۵	۱۲۵۵۶۵
۶	۲۱۶۵۱۲۶
۷	۳۴۳۵۲۱۷
۸	۵۱۲۵۳۴۴
۹	۷۲۹۵۵۱۳
۱۰	۱۰۰۰۵۷۳۰
۱۱	۱۳۳۱۵۱۰۰

1- barrel (for petroleum , 42 gal)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نمونه‌ها باید حداقل از فاصله ۳ اینچی (۷۶ میلیمتری) زیر سطح و حداقل به فاصله ۳ اینچی از کناره ظرف گرفته شوند. اگر مواد به حد کافی سخت باشد ممکن است یک چکش تمیز برای خرد کردن و پهن کردن و اگر مواد نرم هستند از یک چاقوی سفت بتونه زنی استفاده شود. وقتی بیشتر از یک بسته از هر بخش نمونه گیری شده، هر نمونه به طور جداگانه نباید کمتر از $\frac{1}{4}$ پوند (۰/۱ کیلوگرم) وزن داشته باشد. وقتی بخشی از مواد به طور وضوح از یک نوبت یا یک پیمانه از محصول می باشد، همه نمونه‌های این قسمت باید ذوب شده و کاملاً مخلوط شوند و یک نمونه متوسط یک گالنی (۴ لیتری) از مواد ترکیب شده برای آزمایش گرفته شود. در صورتی که بیش از یک نوبت یا یک پیمانه محصول موجود باشد و پیمانه‌ها بتوانند به طور مشخص متفاوت باشند یک نمونه یک گالنی مرکب باید از هر پیمانه برای آزمایش آماده شود. جایی که امکان تفکیک بین پیمانه‌های متفاوت وجود ندارد، هر نمونه باید جداگانه آزمایش شود.

۱۴- نمونه گیری از مواد خرد شده یا پودر شده

۱۴-۱ مخزن مواد - مواد قیری جامد خرد شده یا پودر شده باید مطابق روش ASTM:D۳۴۶ نمونه گیری شوند. نمونه‌های جک نباید کمتر از ۵۰ پوند (۲۵ کیلوگرم) باشد از این نمونه باید برای آزمایش نمونه ۲ تا ۳ پوندي (۱ تا ۱/۵ کیلوگرمی) انتخاب شود.

۱۴-۲ خمیره‌ها، شبکه‌ها، پاکتها و جعبه‌ها - جایی که ماده خرد شده یا پودر شده در خمیره‌ها، شبکه‌ها، یا پاکتها است تعدادی از بسته‌ها برحسب تصادف طبق آنچه که در بخش ۱۳ تشریح شده باید انتخاب شوند. یک نمونه حداقل با وزن ۱/۵ پوند (۰/۷ کیلوگرم) باید از نزدیک مرکز هر ظرف گرفته شود به طوری که یک نمونه کل که وزن آن کمتر از ۵۰ پوند (۲۲/۷ کیلوگرم) نباشد بدست آید، از آن نمونه ۲ تا ۳ پوند (۱ تا ۱/۵ کیلوگرم) برای آزمایش طبق آنچه که در دستورالعمل D۳۴۶ تشریح شده باید انتخاب شود.

۱۵- نمونه گیری به هنگام تحویل محموله

۱۵-۱ نمونه گیری از مواد قیری باید بمحض رسیدن مواد قیری به محل کارخانه، محل انبار یا محل انجام کار یا در زمان تخلیه بار انجام گیرد.

۱۵-۲ تعداد نمونه‌های لازم باید از هر محموله مواد قیری گرفته شود. در حالتی که واحدهای محموله کوچک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

باشد نظیر دستگاههای پخش قیر، نمونه‌ها باید به گونه‌ای گرفته شود که نمایانگر حداکثر ۱۰ گالن ۴۰ لیتر باشند.

۱۵-۳ نمونه‌گیری باید به یکی از سه روش زیر انجام شود:

۱۵-۳-۱ مطابق بخش ۸

۱۵-۳-۲ با خارج کردن شیر نمونه‌گیری مجرای موجود در خط انتقال به هنگام تخلیه تقریباً یک سوم میانی بار، یا

۱۵-۳-۳ به وسیله داخل کردن وسیله نمونه‌گیری به سطح تقریباً یک سوم میانی بار یا مخزن

۱۵-۴ آزمایشها برای قابل پذیرش بودن مواد باید بر روی یکی از نمونه‌های گرفته شده انجام گیرد. دیگر نمونه‌ها

برای تأیید در صورت احتمال شکست خوردن آزمایش اولین نمونه برای رعایت کردن آنچه که لازم است نگهداری

می‌شوند.

۱۶- احتیاطها

۱۶-۱ بعلت اینکه انواع زیاد و گروههای مواد قیری پی در پی منتقل شده و در همان ظروف یا ظروف مشابه

ذخیره می‌شوند. در هر حال این ظروف با مواد باقی مانده، رسوبها یا حلالهای تمیزکننده آلوده می‌شوند. همچنین

عوامل متعددی وجود دارد که نمونه‌های بدست آمده کاملاً نمایانگر مواد نباشند یا بعد از گرفتن آلوده بشوند.

بنابراین ناگزیر تولیدکننده، حمل‌کننده، استفاده‌کننده و نمونه‌گیر باید احتیاطهای مداوم را به هنگام نمونه‌گیری و

حمل این مواد انجام دهد.

۱۷- لغات کلیدی

۱۷-۱ مواد قیری، مواد خرد شده، قیر منابع، مواد پودر شده، نمونه‌گیری، مواد نیمه جامد، مواد جامد

غیر خرد شده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM: D۴۰۲ و IP: ۲۷/۷۳

روش استاندارد آزمایش تقطیر فرآورده‌های قیر محلول

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش شامل تقطیر فرآورده‌های قیر محلول می‌شود.

۱-۲ این استاندارد ممکن است شامل مواد، عملیات و لوازم خطرناک باشد که همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش در این استاندارد بیان نمی‌شود. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱ استانداردهای ASTM

D۸۶	روش آزمایش برای تقطیر فرآورده‌های نفتی
D۳۷۰	روش آزمایش برای آب‌گیری از روغنهای نگهدارنده
E۱	مشخصات دماسنج‌های ASTM
E۱۳۳	مشخصات تجهیزات تقطیر

۲-۲ استانداردهای IP :

IP ۱۳۳/ASTM D۸۱

دماسنج‌های مشخص شده در استانداردهای IP

گیرنده‌های اهمی مشخص شده در استاندارد های انگلیسی ۶۵۸:۱۹۶۲

C.O.۳ - روش استاندارد برای آزمایش قطران و فرآورده‌های آن (منتشر شده توسط کمیته امپراتوری انگلیس برای استاندارد کردن آزمایشهای فرآورده‌های قطران)

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱ ۲۰۰ میلی‌لیتر از نمونه در فلاسک ۵۰۰ میلی‌لیتری با نرخ کنترل شونده دما تادمای ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) تقطیر شده و حجمهای تقطیر شده، (بخارات تقطیر شده) در دماهای مشخص شده اندازه‌گیری می‌شوند. باقی مانده تقطیر و نیز بخارات تقطیر شده، می‌توانند در صورت لزوم مورد آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

واقع شوند.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱ این روش مقدار مواد فرار تشکیل دهنده فرآورده‌های قیری محلول را اندازه می‌گیرد. خواص مواد باقی مانده تقطیر، نه لزوماً مشخصات قیر استفاده شده در مخلوط اولیه و نه باقی مانده‌ای که ممکن است در هر زمان خاص بعد از استفاده بر روی فرآورده‌های قیری محلول به جای بماند، می‌باشد. وجود سیلیکون در قیر محلول ممکن است در باقی مانده تقطیر موجب تاخیر در از دست دادن بخارات در مواد باقی مانده، که در ظرف باقی مانده ریخته می‌شود، گردد.

۵- وسایل

۵-۱ فلاسک تقطیر، با ظرفیت ۵۰۰ میلی لیتر با بازوی کناری دارای ابعاد نشان داده شده در شکل یک.

توجه یک: ابعاد فلاسک از آنچه در استاندارد IP ۲۷/۶۱ مشخص شده به مشخصات لازم که در استاندارد IP ۲۷/ASTM: D ۴۰۲ تغییر یافته لیکن این تغییرات اندک است. فلاسک‌های قدیمی ممکن است تا تمام شدن ذخیره انبار استفاده شوند.

۵-۲ تغلیظ کننده، شیشه استاندارد پوشش داده شده با طول اسمی پوشش از ۳۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر و طول کل لوله 450 ± 10 میلی‌متر (شکل سه را ببینید)

۵-۳ لوله اتصال، شیشه بادبازره ضخیم (یک میلی‌متر)، با بالای مسلح و زاویه تقریبی ۱۰۵ درجه قطر داخلی در انتهای بزرگ تقریباً ۱۸ میلی‌متر و در انتهای کوچک نباید کمتر از ۵ میلی‌متر باشد. سطح پائین تر لوله اتصال باید روی منحنی نزولی صافی از انتهای بزرگ تا انتهای کوچکتر باشد. خط داخلی انتهای خروجی باید قائم بوده و انتهای خروجی باید تحت زاویه 45 ± 5 درجه نسبت به خط داخلی قطع شده یا تراشیده شود. (از صیقل آتشی استفاده نشود)

۵-۴ نگهدارنده، از جنس فولاد که با ۳ میلی‌متر آزیست که در پنجره‌ای عمودی از میکا کیپ شده، به ابعادی که در شکل ۲ نشان داده شده تنظیم گردیده است و برای محافظت فلاسک از جریان هوا و برای کاهش تابش استفاده می‌شود. پوشش (بالائی) باید در دو قسمت $6/4$ میلی‌متری ($\frac{1}{4}$ اینچی) از آزیست مقوایی کلفت ساخته شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۵ نگهدارنده و محافظ فلاسک، دو صفحه ۱۵ سانتیمتر مربعی از شبکه سیمی گروهی بر روی یک سه گوشه یا حلقه.

۶-۵ منبع حرارتی، قابل تطابق با منبع گاز سوز یا معادل آن

۷-۵ گیرنده، استوانه استاندارد مندرج ۱۰۰ میلی لیتری مطابق با ابعاد داده شده در شکل ۴ و مشخصات E1۳۳ یا گیرنده ۱۰۰ میلی لیتری که در شکل ۴ برای این روش نشان داده شده است.

توجه ۲: گیرنده های کوچکتر با ظرفیت کمتر که دارای تغییرات ظرفیت ۰/۱ میلی لیتر می باشد ممکن است وقتی مه حجم کل تقطیر شده مورد انتظار کم است و دقت بیشتری لازم است، استفاده شوند.

۸-۵ ظرف باقی مانده، یک ظرف فلزی ۸ اونس با پوشش به قطر 75 ± 5 میلیمتر و ارتفاع 55 ± 5 میلیمتر

۹-۵ دماسنج، دماسنج ASTM (AF) AC مطابق با مشخصات دماسنج های E1 یا دماسنج ۶C استاندارد IP مطابق با مشخصات استاندارد دماسنج های IP

۶- نمونه گیری

۶-۱ نمونه را کاملاً هم زده، در صورت لزوم گرم کرده تا اینکه از یکنواختی آن قبل از برداشتن قسمتی برای تجزیه اطمینان حاصل شود.

۶-۲ اگر آب کافی موجود باشد که سبب کف کردن یا ایجاد بخار شود با حرارت دادن نمونه در یک فلاسک به قدر کافی بزرگ جهت جلوگیری از ورود کف به داخل بازو، آب نمونه را بگیرید. وقتی ایجاد کف متوقف شد، تقطیر را متوقف کنید. اگر روغن های سبک بخار شده اند، جدا کرده و وقتی مواد داخل ظرف به حد کافی خنک شد که از بخار شدن روغن جلوگیری گردد به داخل فلاسک برگردانید مواد داخل ظرف را قبل از برداشتن برای تجزیه کاملاً مخلوط کنید. یک روش دیگر در روش آزمایش D۳۷۰ تشریح شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷- آماده کردن وسایل

۱-۷ وزن مقدار ۲۰۰ میلی لیتر نمونه را با استفاده از وزن مخصوص مواد در $\frac{15/6}{15/6}$ درجه سانتیگراد ($60/60^{\circ}C$) محاسبه کنید. این مقدار را با دقت $\pm 0/5$ گرم در داخل فلاسک ۵۰۰ میلی لیتری وزن کنید.

۲-۷ فلاسک را برنگهدارنده محافظ با دو صفحه بر روی سه گوشه یا حلقه قرار دهید. لوله تغلیظ کننده را به لوله فلاسک بایک گیره اتصال وصل کنید. تغلیظ کننده را طوری محکم کنید که محور حباب فلاسک بر مرکز گردن آن عمود باشد. لوله اتصال را به انتهای بالائی لوله تغلیظ کننده طوری تنظیم کنید که فاصله از گردن فلاسک تا خروجی لوله اتصال 650 ± 50 میلی لیتر باشد. (شکل ۳ را ببینید).

۳-۷ دماسنج را به داخل سرپوش محکم و کیپ، در گردن فلاسک داخل کنید طوری که حباب دماسنج در فلاسک قرارگیرد. دماسنج را $6/4$ میلیمتر ($\frac{1}{4}$ اینچ) از کف فلاسک با استفاده از تغییر مقیاس روی دماسنج تا حدود $6/4$ میلیمتر بالای سرپوش بالا آورید.

۴-۷ شعله اجاق را بایک محافظ یا نگهدارنده مناسب نگهداری کنید. گیرنده را طوری قرار دهید که لوله اتصال حداقل تا ۲۵ میلیمتر ادامه یافته اما نباید زیر نشانه ۱۰۰ میلی لیتر باشد.

بایک تکه کاغذ خشک کن یا ماده مشابه، با وزن مناسب که به اندازه لوله اتصال بریده شده آنرا بپوشانید.

۵-۷ فلاسک، لوله تغلیظ، لوله اتصال و گیرنده باید قبل از شروع تقطیر، تمیز و خشک باشند. ظرف باقی مانده هشت اونسی را در محیطی عاری از رطوبت بر روی پوشش آن قرار دهید.

۶-۷ از میان پوشش تغلیظ کننده، آب خنک رد کنید. برای جلوگیری از تشکیل مواد مقطر جامد در لوله تغلیظ، از آب گرم استفاده کنید.

۸- روش آزمایش

۸-۱ اگر ارتفاع آزمایشگاهی که تقطیر در آن انجام می شود ۵۰۰ فوت (۱۵۰ متر) یا بیشتر از سطح تراز دریا ارتفاع داشته باشد دما را تصحیح کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تصحیحات دما برای اثر ارتفاع در جدول یک و جدول دو نشان داده شده است. اگر فشار سنجی بر حسب واحد میلیمتر جیوه باشد، تصحیح دما در جدول ۳ داده شده است. دماهای پیش بینی نشده را تصحیح نکنید. تصحیحی را برای تنه دما سنج انجام ندهید.

توجه ۳: جدول سه محدوده دمایی وسیعی از ۱۶۰ تا ۳۶۰ درجه سانتیگراد را در برمی گیرد. وبه محدوده جهانی مشخصات دیگر از مشخصات ASTM/IP ترجیح داده می شود.

۸-۲ حرارت را به نحوی اعمال کنید که اولین قطره عصاره از انتهای بازوی کناری فلاسک در ۱۵ دقیقه بیافتند. تقطیر را طوری تنظیم کنید که آهنگ افتادن قطرات به صورت زیر باشد. شمارش قطرات باید در نوک تیز نوله اتصال انجام شود:

۵۰ تا ۷۰ قطره در دقیقه تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد (۵۰۰ درجه فارنهایت)

۲۰ تا ۷۰ قطره در دقیقه بین ۳۱۶ تا ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۵۰۰ و ۶۰۰ درجه فارنهایت)

بیش از ده دقیقه نباید تکمیل شدن تقطیر از دمای ۳۱۶ تا ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۰۰ تا ۶۸۰ درجه فارنهایت) باشد.

۸-۲-۱ حجم مواد تقطیر شده را در گیرنده با دقت ۰/۵ میلی لیتر در دماهای تصحیح شده ثبت کنید. اگر حجم مواد

تقطیر شده بدست آمده بحرانی است، از یک گیرنده با درجه بندی ۰/۱ میلی لیتر استفاده کنید که در حمام شیشه ای

با دمای $3 \pm 15/6$ درجه سانتیگراد (5 ± 60 درجه فارنهایت) نگهداری شده است.

توجه ۴: بعضی از فراورده های قیر محلول در محدوده دمایی ۳۱۶ درجه سانتیگراد (۶۰۰ درجه فارنهایت)

تقطیر نشده و یا خیلی کم تقطیر می شوند. در این حالت ماندن بالای حالت تقطیر غیر عملی می گردد. برای چنین

حالاتی اگر نرخ افزایش دما از ۵ درجه سانتیگراد بیشتر باشد باید یک روش طراحی شود.

۸-۳ وقتی دما به دمای تصحیح شده ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) رسید شعله را خاموش کرده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

و فلاسک و ترمومتر را بردارید. در حالتی که فلاسک در موقعیت ریختن است، ترمومتر را برداشته و فوراً محتویات را به ظرف باقی مانده بریزید. کل زمان از خاموش کردن شعله تا شروع ریختن نباید بیش از ۱۵ ثانیه باشد. به هنگام ریختن بازوی کناری باید در حالت افقی باشد تا از جمع شدن مواد برگشتی باقی مانده جلوگیری شود. توجه: تشکیل پوسته روی سطح ماده در حین خنک کردن بخارهایی را که جمع خواهند شد حبس کرده و وقتی بداخل نمونه بهم زده شود سبب بالا رفتن نتایج درجه نفوذ می شوند. اگر پوسته در ضمن خنک کردن شروع به شکل گرفتن کند، باید به آرامی کنار زده شود. این عمل می تواند بایک کاردک یا حداقل دستخوردگی نمونه انجام شود.

۸-۴: اجازه دهید ماده تغلیظ شده به گیرنده ریخته شده و حجم کل مواد مقطر جمع شده را به صورت کل مواد تقطیر در ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) یادداشت کنید.

۸-۵: وقتی که مواد باقی مانده سرد شده اند به طوریکه بخار کردن کاملاً قطع گردید، کاملاً هم زده و به داخل ظرفی برای آزمایش خواصی مانند درجه نفوذ، کندروانی یا نقطه نرمی بریزید. بعد از مرحله ریختن طبق مشخصات روش ASTM یا IP اقدام کنید.

۸-۶: اگر مورد نظر باشد، مواد تقطیری یا ترکیبی از مواد تقطیری از چند آزمایش ممکن است برای آزمایش تقطیر مجدد مطابق باروش آزمایش ASTM: D۸۶ یا IP ۱۲۳ و وقتی که تقطیر مربوط به قطران زغال سنگ است مطابق روش C.O.3 پیشنهاد شود.

۹- محاسبات و گزارش:

۹-۱ باقی مانده مواد قیری، درصد مواد باقی مانده را با دقت ۰/۱ به صورت زیر محاسبه کنید:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

$$R = [(200 - TD) / 200] \times 100$$

در این رابطه:

R = مقدار باقی مانده به صورت حجم و

TD = کل مواد تقطیری بدست آمده در ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) برحسب میلی لیتر
۹-۱-۱ مواد باقی مانده از تقطیر در ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) را به صورت تفاوت درصد حجم گزارش کنید.

۹-۲ کل مواد تقطیر، درصد کل مواد مقطر را با دقت ۰/۱ به صورت زیر محاسبه کنید:

$$TD = (TD / 200) \times 100 \text{ برحسب درصد}$$

۹-۲-۱ کل مواد تقطیر شده را در ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) به صورت درصد حجم گزارش کنید.

۹-۳ اجزاء مواد تقطیر شده:

۹-۳-۱ درصد های حجمی نمونه اولیه را با تقسیم کردن حجم مشاهده شده بر ۲ (برحسب میلی لیتر) بدست آورید.

درصد حجم را با دقت ۰/۱ به صورت زیر گزارش کنید:

تا ۱۹۰ درجه سانتیگراد (۳۷۴ درجه فارنهایت)

تا ۲۲۵ درجه سانتیگراد (۴۳۷ درجه فارنهایت)

تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد (۵۰۰ درجه فارنهایت)

تا ۳۱۶ درجه سانتیگراد (۶۰۰ درجه فارنهایت)

۹-۳-۲ درصد های حجمی کل مواد تقطیر شده را با تقسیم کردن حجم مشاهده شده برحسب میلی لیتر را به میلی لیترهای بخش بدست آمده در ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) و ضرب کردن در ۱۰۰ تعیین

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

کنید.

این مقدار را به عنوان مواد تقطیر شده، درصد حجمی کل مواد تقطیر شده را در ۳۶۰ درجه سانتیگراد (۶۸۰ درجه فارنهایت) به صورت زیر با دقت ۰/۱ گزارش کنید:

تا ۱۹۰ درجه سانتیگراد (۳۷۴ درجه فارنهایت)

تا ۲۲۵ درجه سانتیگراد (۴۳۷ درجه فارنهایت)

تا ۲۶۰ درجه سانتیگراد (۵۰۰ درجه فارنهایت)

تا ۳۱۶ درجه سانتیگراد (۶۰۰ درجه فارنهایت)

۴-۹ وقتی آزمایش درجه نفوذ، کندروانی یا دیگر آزمایشها باید انجام شوند، مراجع این روشها را به خوبی دیگر روشهای استفاده شده گزارش کنید. مثال - درجه نفوذ (ASTM: D5 IP49) مواد باقی مانده از

ASTM: D402 /IP27

۱۰- انحراف ودقت

۱-۱۰ معیارهای زیر باید برای قضاوت قابل قبول بودن نتایج استفاده شوند: (با احتمال ۹۵ درصد)

۱-۱-۱۰ تکرارپذیری، مقادیر دوتایی به وسیله یک آزمایش کننده نباید مورد شک قرار گیرند مگر اینکه درصدهای تعیین شده بیش از یک درصد حجم نمونه اولیه تفاوت داشته باشند.

۱-۱-۲ انجام دوباره. مقادیر گزارش شده توسط هر یک از دو آزمایشگاه نباید مورد شک قرار گیرند مگر اینکه درصدهای گزارش شده بیش از مقادیر زیر تفاوت داشته باشند:

بخشهای تقطیر شده، درصد حجمی نمونه اولیه:

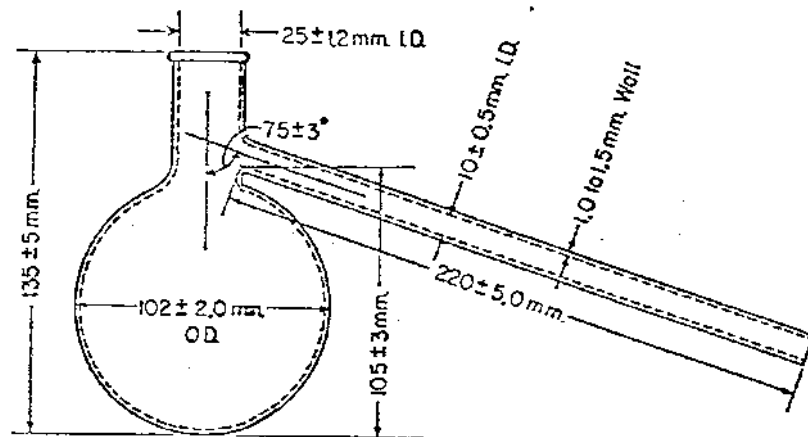
تا ۱۷۵ درجه سانتیگراد (۳۴۷ درجه فارنهایت) ۳/۵

بیش از ۱۷۵ درجه سانتیگراد (۳۴۷ درجه فارنهایت) ۲/۰

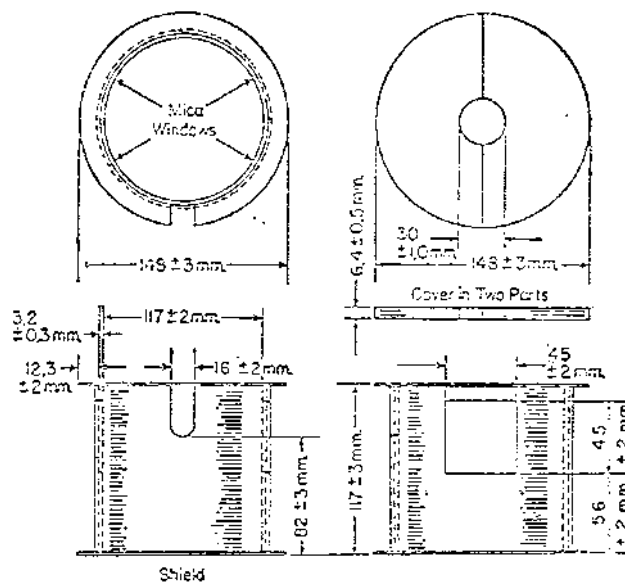
باقی مانده، درصد حجمی با اختلاف از نمونه اولیه ۲/۰

۱-۲ معیار قضاوت تغییر پذیری نتایج آزمایشهای روی مواد باقی مانده تقطیر تعیین نشده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل یک - فلاسک تقطیر



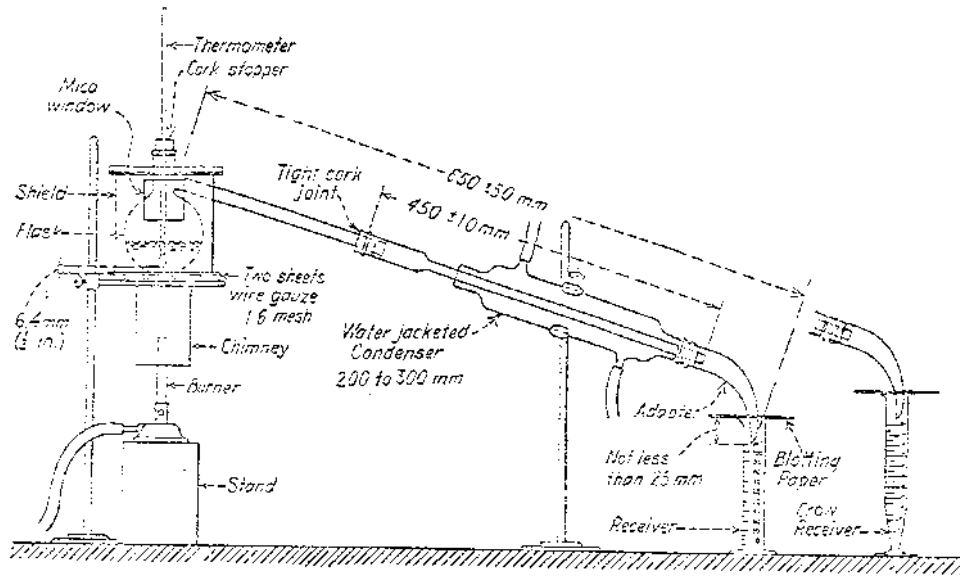
استوانه با انتهای باز، ساخته شده
از ۲۲ درجه آبکاری چدن یا ۳ میلی متر
پوشش ازبستی محکم شده به فلزی

دو پنجره میکا که بازویه
قائم به انتهای شکاف
تهیه شده اند.

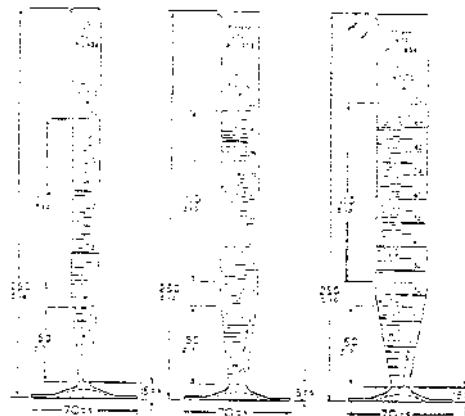
شکل دو - نگهدارنده

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۳ - وسایل تقطیر



All dimensions are in millimetres

شکل ۴ - ظروف گیرنده با ظرفیت ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ میلی لیتری

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۱ - تصحیح دماها با تغییر ارتفاع، برحسب درجه سانتیگراد

دماهای تبدیل شده برای تغییر ارتفاع، برحسب درجه سانتیگراد				ارتفاع بالاتر از سطح تراز دریا فوت (متر)	
۳۶۲	۳۱۸	۳۶۳	۲۲۷	۱۹۲	(-۳۰۵) - ۱۰۰۰
۳۶۱	۳۱۷	۲۶۱	۲۲۶	۱۹۱	(-۱۵۲) - ۵۰۰
۳۶۰	۳۱۶	۲۶۰	۲۲۵	۱۹۰	(۰) ۰
۳۵۹	۳۱۵	۲۵۹	۲۲۴	۱۸۹	(۱۵۲) ۵۰۰
۳۵۸	۳۱۴	۲۵۸	۲۲۴	۱۸۹	(۳۰۵) ۱۰۰۰
۳۵۷	۳۱۳	۲۵۸	۲۲۳	۱۸۸	(۴۵۷) ۱۵۰۰
۳۵۶	۳۱۲	۲۵۷	۲۲۲	۱۸۷	(۶۱۰) ۲۰۰۰
۳۵۵	۳۱۲	۲۵۶	۲۲۱	۱۸۶	(۷۶۲) ۲۵۰۰
۳۵۴	۳۱۱	۲۵۵	۲۲۰	۱۸۶	(۹۱۴) ۳۰۰۰
۳۵۳	۳۱۰	۲۵۴	۲۲۰	۱۸۵	(۱۰۶۷) ۳۵۰۰
۳۵۲	۳۰۹	۲۵۴	۲۱۹	۱۸۴	(۱۲۱۹) ۴۰۰۰
۳۵۱	۳۰۸	۲۵۳	۲۱۸	۱۸۴	(۱۳۷۲) ۴۵۰۰
۳۵۰	۳۰۷	۲۵۲	۲۱۸	۱۸۳	(۱۵۲۴) ۵۰۰۰
۳۴۹	۳۰۶	۲۵۱	۲۱۷	۱۸۲	(۱۶۷۶) ۵۵۰۰
۳۴۹	۳۰۵	۲۵۰	۲۱۶	۱۸۲	(۱۸۲۹) ۶۰۰۰
۳۴۸	۳۰۵	۲۵۰	۲۱۵	۱۸۱	(۱۹۸۱) ۶۵۰۰
۳۴۷	۳۰۴	۲۴۹	۲۱۵	۱۸۰	(۲۱۳۴) ۷۰۰۰
۳۴۶	۳۰۳	۲۴۸	۲۱۴	۱۸۰	(۲۲۸۶) ۷۵۰۰
۳۴۵	۳۰۲	۲۴۸	۲۱۳	۱۷۰	(۲۴۳۸) ۸۰۰۰

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۲ - تصحیح دما برای تغییر ارتفاع، برحسب درجه فارنهایت

دماهای تبدیل شده برای تغییر ارتفاع، برحسب درجه سانتیگراد					ارتفاع از سطح تراز دریا برحسب فوت (تواز)	
۶۸۴	۶۰۴	۵۰۳	۴۴۰	۳۷۷	-۱۰۰۰	(-۳۰۵)
۶۸۲	۶۰۲	۵۰۲	۴۳۸	۳۷۵	-۵۰۰	(-۱۵۲)
۶۸۰	۶۰۰	۵۰۰	۴۳۷	۳۷۴	۰	(۰)
۶۷۸	۵۹۸	۴۹۸	۴۳۶	۳۷۳	۵۰۰	(۱۵۲)
۶۷۰	۵۹۷	۴۹۷	۴۳۴	۳۷۱	۱۰۰۰	(۳۰۵)
۶۷۵	۵۹۵	۴۹۵	۴۳۳	۳۷۰	۱۵۰۰	(۴۵۷)
۶۷۳	۵۹۳	۴۹۴	۴۳۱	۳۶۹	۲۰۰۰	(۶۱۰)
۶۷۱	۵۹۲	۴۹۲	۴۳۰	۳۶۷	۲۵۰۰	(۷۶۲)
۶۶۹	۵۹۰	۴۹۱	۴۲۹	۳۶۶	۳۰۰۰	(۹۱۴)
۶۶۷	۵۸۸	۴۹۰	۴۲۷	۳۶۵	۳۵۰۰	(۱۰۶۷)
۶۶۶	۵۸۷	۴۸۸	۴۲۶	۳۶۴	۴۰۰۰	(۱۲۱۹)
۶۶۵	۵۸۵	۴۸۷	۴۲۵	۳۶۳	۴۵۰۰	(۱۳۷۲)
۶۶۳	۵۸۴	۴۸۵	۴۲۳	۳۶۱	۵۰۰۰	(۱۵۲۴)
۶۶۱	۵۸۲	۴۸۵	۴۲۲	۳۶۰	۵۵۰۰	(۱۶۷۶)
۶۶۰	۵۸۱	۴۸۳	۴۲۱	۳۵۹	۶۰۰۰	(۱۸۲۹)
۶۵۸	۵۸۰	۴۸۱	۴۲۰	۳۵۸	۶۵۰۰	(۱۹۸۱)
۶۵۶	۵۷۸	۴۸۰	۴۱۸	۳۵۷	۷۰۰۰	(۲۱۳۴)
۶۵۵	۵۷۷	۴۷۹	۴۱۷	۳۵۶	۷۵۰۰	(۲۲۸۶)
۶۵۳	۵۷۵	۴۷۸	۴۱۶	۳۵۵	۸۰۰۰	(۲۴۳۸)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۳ - ضرایب تصحیح دمای محاسبه شده

تصحیح الف در ۱۰ میلی متر تفاوت در فشار برحسب درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)	دمای اسمی برحسب درجه سانتیگراد (درجه فارنهایت)
(۰/۹۲۵)۰/۵۱۴	(۳۲۰) ۱۶۰
(۰/۹۵۷)۰/۵۳۱	(۳۴۷) ۱۷۵
(۰/۹۸۹)۰/۵۴۹	(۳۷۴) ۱۹۰
(۱/۰۶۳)۰/۵۹۱	(۴۳۷) ۲۲۵
(۱/۱۶۶)۰/۶۲۰	(۴۸۲) ۲۵۰
(۱/۱۳۸)۰/۶۳۲	(۵۰۰) ۲۶۰
(۱/۱۷۰)۰/۶۵۰	(۵۲۷) ۲۷۵
(۱/۲۲۳)۰/۶۸۰	(۵۷۲) ۳۰۰
(۱/۲۵۷)۰/۶۹۸	(۶۰۰) ۳۱۵/۶
(۱/۲۷۷)۰/۷۰۹	(۶۱۷) ۳۲۵
(۱/۳۵۱)۰/۷۵۱	(۶۸۰) ۳۶۰

الف - انجام عمل تفریق در حالتی که فشار هوا زیر ۱۶۰ میلی متر جیوه است،

انجام عمل جمع در حالتی که فشار هوا بالای ۱۶۰ میلی متر جیوه است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM:D ۹۷۹۵

روش استاندارد نمونه‌گیری از مخلوطهای آسفالتی

۱- هدف:

- ۱-۱ این روش شامل نمونه‌گیری از مخلوطهای آسفالتی در محل کارخانه، انبار یا کارگاه می‌باشد.
- ۱-۲ این استاندارد ممکن است شامل مواد، وسایل و عملیات خطرناک باشد که همه موارد ایمنی مربوط به کار با این استاندارد در این مبحث بیان نمی‌شود. لذا وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرائی آنرا مشخص کند.
- ۱-۳ محدوده مقادیر در واحدهای متریک قابل قبول است. مقادیر داخل پرانتز فقط جهت اطلاع ارائه شده‌اند.

۲- مراجع مستند:

۲-۱ استانداردهای ASTM:

دستورالعمل کاهش نمونه‌های صحرائی مصالح سنگی به اندازه آزمایش	CY۰۲
روش آزمایش گرفتن نمونه ناخالص از زغال سنگ	D۲۲۳۴
دستورالعمل نمونه‌گیری تصادفی از مصالح ساختمانی	D۳۶۶۵
دستورالعمل نمونه‌گیری احتمالی از مواد.	E۱۰۵
دستورالعمل انتخاب اندازه نمونه برای تخمین کیفیت متوسط از یک قسمت یا فرآیند.	E۱۲۲
دستورالعمل برای پذیرش محصول مبتنی بر نتایج نمونه‌گیری احتمالی	E۱۴۱

۳- اهمیت و موارد کاربرد

۳-۱ کلیات:

- ۳-۱-۱ نمونه‌گیری اهمیتی معادل انجام آزمایش دارد و شخص نمونه‌گیرنده باید دقت بسیاری در نمونه‌گیری بعمل آورد تا نمونه‌ها، نمایانگر قابل قبولی از طبیعت و حالات موادی که از آنها نمونه گرفته شده است، باشند.
- ۳-۱-۲ برای کسب اطلاعات اولیه، نمونه‌ها باید توسط بخشی که مسئولیت تکمیل اطلاعات را دارد گرفته شوند.
- نمونه‌ها، برای کنترل فرآورده تهیه شده در کارخانه یا انبار، یا در محل مصرف بوسیله سازنده، پیمانکار یا مسئولین

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دیگر بخشها برای حسن انجام کار، اخذ می شوند. نمونه هایی که برای آزمایش هایی جهت پذیرش یا عدم پذیرش از نظر خریدار، مورد استفاده واقع خواهند شد توسط خریدار یا نماینده قانونی او گرفته می شوند.

۴- روش آزمایش:

۴-۱ بررسی - مواد باید برای تعیین اختلافات قابل تشخیص بررسی شوند. فروشنده باید تجهیزات لازم برای بررسی و نمونه گیری مناسب و ایمن را فراهم کند.

۴-۲ نمونه گیری - روشهای انتخاب محل و تعداد دفعات نمونه گیری در دستورالعمل D 3665 تشریح شده اند. ۴-۲-۱ نمونه گیری از تسمه نقاله - تسمه نقاله را متوقف کرده و به طور تصادفی حداقل سه مساحت تقریباً هم اندازه را روی تسمه، برای نمونه گیری انتخاب کنید. در هر محل نمونه گیری صفحه ای را جای دهید، که شکل هر صفحه با شکل تسمه یکنواخت باشد. از محلهای انتخابی، مقادیر تقریباً مساوی از مصالح بگیریید که در نهایت نمونه ای به مقدار معادل یا بیش تر از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۴-۳-۲ داشته باشید. همه مصالح روی صفحات را بدقت به ظرف مناسب بریزید.

۴-۲-۲ نمونه گیری از کامیون یا حمل کننده های جاده ای - با یک روش تصادفی، بخشهایی را برای نمونه گیری از فرآورده حمل شده، انتخاب کنید. حداقل سه نمونه با مقادیر تقریباً مساوی بگیریید. به طور تصادفی از واحدهایی که نمونه گیری شده، انتخاب و با یکدیگر مخلوط کنید تا نمونه صحرائی به مقدار معادل یا بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۴-۳-۲ داشته باشید. نمونه ممکن است بوسیله جمع آوری مقادیر با یک بیلچه یا بیل بدست آید.

۴-۲-۳ نمونه گیری از جاده قبل از تراکم - وقتی فقط یک نمونه باید گرفته شود، حداقل سه مقدار تقریباً مساوی به طور تصادفی از بخشی که باید نمونه گیری شود بدست آورده، نمونه ها را با هم ترکیب کنید تا نمونه صحرائی به میزان بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۴-۳-۲ داشته باشید.

۴-۲-۳-۱ وقتی تعداد سه نمونه یا بیشتر برای ارزیابی مقدار زیادی از مصالح باید گرفته شود، از روش تصادفی برای تعیین محل نمونه گیری استفاده کنید. از هر محل یک نمونه انتخاب کنید، با اطمینان از اینکه مقدار نمونه بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۴-۳-۲ باشد.

۴-۲-۳-۲ همه مقادیر با نمونه ها را از سطح جاده با توجه به اینکه شامل کلیه مواد قرار گرفته در زیر باشد، از عمق کامل مصالح بگیریید. در صورت لزوم صفحات را روی سطح راه موجود قرار دهید تا شامل همه مصالح مخلوط که

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

در لایه روی قرار می‌گیرند باشد. با علامتهایی، قسمتهایی را که باید از آنها نمونه گرفته شود مشخص کنید. صفحاتی که قبل از پخش مخلوط قرار داده می‌شوند می‌توانند دلیل روشنی بر توزیع تقریباً یکنواخت باشند.

۴-۲-۴ نمونه‌گیری از یکه نقاله متحرک که مخلوط را به مخزن صندوقی حمل می‌کند - بخشهایی را برای نمونه‌گیری از نقاله متحرک به روش تصادفی، بسته به ظرفیت مخزن صندوقی انتخاب کنید. به محض خالی شدن پیمانه کارخانه آسفالت منقطع، نقاله متحرک را متوقف کنید. شیبی به پهنای ۱۵۰ میلی‌متر (۶ اینچ) از بالا تا پایین توده حفر کنید. تقریباً سه مقدار مساوی از بالا، میانه و ته شیار، نمونه برداشته و نمونه‌های هر بخش را در یک ظرف بریزید. نمونه ترکیب شده از بخشهای مختلف باید نمونه صحرائی به مقدار معادل یا بیش از مقدار حداقل پیشنهادی در بند ۴-۳-۲ را بدست بدهد.

۴-۲-۵ نمونه‌گیری از قیف تغذیه نقاله برای انتقال مخلوط به انبار - براساس حداکثر ظرفیت انبار به طور تصادفی بخشهایی را برای نمونه‌گیری از قیف انتخاب کنید. حداقل سه مقدار تقریباً مساوی از مواد برای هر نمونه، با گذراندن تابه یا سطل و یا ظرف مناسب دیگری از میان جریان کامل موادی که از قیف بر روی نقاله می‌ریزند، اخذ کنید. از ترکیب نمونه‌های هر بخش، باید مقدار نمونه صحرائی معادل یا بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۴-۳-۲ باشد، بدست آید.

۴-۲-۶ نمونه‌گیری از جاده پس از تراکم - بخشهایی را به طور تصادفی برای نمونه‌گیری از مصالح در محل انتخاب و حداقل سه مقدار مساوی انتخابی به طور تصادفی از بخشی که باید نمونه‌گیری شود، بدست آورید. هر مقدار را آزمایش کرده و برای تعیین قابلیت پذیرش، از نتایج آزمایشها میانگین بگیرید. همه مقادیر مصالح را از کل عمق جاده اخذ و توجه کنید که تمام مواد لایه را شامل شود. هریک از مقادیر باید به روش مغزه‌گیری، اره کردن و دیگر روشهایی که حداقل دستخوردگی را در مصالح ایجاد کند، گرفته شود.

۴-۳ تعداد و مقادیر نمونه‌های صحرائی:

۴-۳-۱ تعداد نمونه‌های صحرائی لازم (که به یکی از روشهای تشریحی در بند ۴-۲ اخذ شده‌اند) بستگی به حساسیت و تنوع خواصی که باید اندازه‌گیری شوند، دارد. هر بخشی را که باید یک نمونه صحرائی از آن گرفته شود قبل از نمونه‌گیری، علامت‌گذاری کنید. تعداد نمونه‌های صحرائی اخذ شده باید کافی باشند تا نتایج آزمایش رضایت بخش باشند.

توجه ۱: راهنمایی برای تعیین تعداد نمونه‌های لازم برای کسب نتایج آزمایش را در روش D۲۲۳۴ و دستورالعمل‌های E۱۰۵، E۱۲۲ و E۱۴۱ یافت.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۳-۲ راهنمایی در مورد مقدار مواد در نمونه‌های صحرایی در جدول یک ارائه شده است. مقادیر نمونه‌ها بستگی به نوع و تعداد آزمایشهایی که مواد تحت آنها قرار می‌گیرند داشته و مقدار کافی مواد باید برای انجام مناسب این آزمایشها اخذ شوند. کنترل‌های استاندارد و آزمایش‌های قابل قبول در استانداردهای ASTM آورده شده و مقداری از نمونه صحرایی را که برای هر آزمایش خاص لازم است، در این استانداردها مشخص می‌شود.

جدول یک - راهنمایی برای تخمین مقدار نمونه

حد اکثر اندازه اسمی مصالح سنگی (الف)	حد اقل وزن تقریبی مخلوط متراکم نشده بر حسب کیلوگرم (پوند)	حد اقل مساحت تقریبی مخلوط متراکم شده بر حسب سانتیمتر مربع (اینچ مربع)
۲/۳۶ میلیمتر (شماره ۸)	۱/۸ (۴)	۲۳۲ (۳۶)
۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴)	۱/۸ (۴)	۲۳۲ (۳۶)
۹/۵ میلیمتر (۳/۸ اینچ)	۳/۶ (۸)	۲۳۲ (۳۶)
۱۲/۵ میلیمتر (۱/۴ اینچ)	۵/۴ (۱۲)	۴۱۳ (۶۴)
۱۹ میلیمتر (۳/۴ اینچ)	۷/۳ (۱۶)	۶۴۵ (۱۰۰)
۲۵/۰ میلیمتر (۱ اینچ)	۹/۱ (۲۰)	۹۲۹ (۱۴۴)
۳۸/۱ میلیمتر (۱ ۱/۴ اینچ)	۱۱/۳ (۲۵)	۹۲۹ (۱۴۴)
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۱۵/۹ (۳۵)	۱۴۵۳ (۲۲۵)

الف - حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی، بزرگترین اندازه الک در ردیف مشخصات اجرایی است که مصالح سنگی مجازند. روی آن باقی بمانند.

به طور کلی، مقادیر مشخص شده در جدول یک مقدار کافی از مصالح را برای آزمایشهای متداول مهیا خواهد کرد. مقدار نمونه آزمایش را از نمونه‌های صحرایی با چهار قسمت کردن یا دو قسمت کردن به روشی مشابه با دستورالعمل C ۷۰۲ یا در صورت لزوم با روشهای آزمایش کاربردی دیگر بدست آورید.

توجه ۲: مساحت‌های تقریبی یک نمونه با وزن معین نمونه در جدول یک ارائه شده است. این ابعاد براساس ضخامت معمول برای هر اندازه مصالح سنگی مقرر شده، می‌باشد. تغییر در ضخامتها، وزن مخصوص مصالح سنگی و طرح اختلاط سبب تغییر در این مساحتها خواهد شد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵- انتقال نمونه‌ها:

۵-۱- نمونه‌ها را در ظرفی که بنحوی ساخته شده‌اند که مانع از دست دادن و یا آلودگی هر قسمت از نمونه و یا خرابی محتویات به علت عملکرد نامناسب در ضمن انتقال شود، حمل کنید.

۵-۲- مشخصات نمونه‌ها باید جداگانه بر روی آنها چسبانیده شود تا اطلاعات لازم را به استفاده کننده نمونه ارائه دهد. نمونه‌ای از نوع اطلاعاتی که ممکن است مفید باشد، شامل موارد زیر است، لیکن اطلاعات فقط به این موارد محدود نمی‌شود:

۵-۲-۱ کاری که مصالح برای آن بکار می‌روند، شماره قطعه پروژه، شماره مسیر بزرگراه، استان و دیگر اطلاعات جغرافیایی.

۵-۲-۲ منبع نمونه، برای نمونه‌های مخلوط کارخانه‌ای، این اطلاعات شامل مسئول کارخانه، محل کارخانه و نوع کارخانه، اندازه پیمانانه و مشخصات قیر و مصالح سنگی استفاده شده در مخلوط می‌باشد.

۵-۲-۳ برای نمونه‌های اخذ شده از جاده نقطه‌ای که نمونه‌گیری شده، همراه با شماره ایستگاه و موقعیت طولی در روسازی، و اینکه نمونه‌گیری از روسازی، کپه یا غیره انجام شده است.

۵-۲-۴ کیفیت

۵-۲-۵ نمونه‌گیری توسط چه کسی با چه عنوانی انجام گرفته است.

۵-۲-۶ تاریخ آخرین مخلوط کردن، اگر در محل مخلوط شده است.

۵-۲-۷ تاریخ نمونه‌گیری

۵-۲-۸ مشخصات و آدرس درخواست کننده

۵-۲-۹ نمونه‌گیری به چه منظور انجام شده است و

۵-۲-۱۰ برای چه کسی گزارش باید تهیه شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ضمیمه

اطلاعات غیر ضروری

X1- تعداد و اندازه مواد بدست آمده مورد نیاز برای تخمین مشخصات بخش نمونه گیری شده

X1-1- هدف

X1-1-1 این ضمیمه استفاده منطقی توسط کمیته مسئول در توسعه این دستورالعمل را ارائه می کند.

X1-2- تشریح اصطلاحات خاص این استاندارد

X1-2-1 نمونه صحرایی - مقدار مصالح با اندازه کافی که باید آزمایش شوند تا تخمین قابل قبولی از کیفیت متوسط یک بخش را ارائه دهند.

X1-2-2 قسمت - مقدار قابل ملاحظه فرض شده از مصالح حقیقی از یک منبع که با همان فرآیند تولید شده است، (برای مثال تولید یک روز یا جرم یا حجم مشخص) می باشد.

X1-2-3 نمونه آزمایش - مقداری از مصالح به اندازه کافی از نمونه صحرایی بزرگتر با روش طراحی شده با اطمینان از نمایانگر بودن نمونه صحرایی و بنابراین بخشی که نمونه گیری شده، بدست آورید.

X1-2-4 بخش - یک پیمانہ یا زیر مجموعه کامل از یک قسمت مصالح حقیقی (برای مثال، یک محموله کامیون یا یک مساحت مشخص پوشش داده شده)

X1-3 بخش، اندازه و تغییر پذیری بخش آزمایش

X1-3-1 بخشی که توسط یک نمونه صحرایی باید شناسایی شود، نباید به اندازه ای بزرگ باشد که اثرات عمده تغییر پذیری در آن را پوشیده و همچنین این بخش نباید آنقدر کوچک باشد که از تغییر پذیری ذاتی بین قسمتهای کوچک مصالح حقیقی متأثر شود.

X1-3-2 یک بخش از مصالح حقیقی مرکب از مصالح سنگی دانه بندی شده با مخلوطهای مصالح سنگی ممکن است شامل یک محموله کامل کامیون باشد. اگر چنین احتمالی باشد، محموله کامل باید به عنوان یک موضوع عملی آزمایش شود. یک نمونه صحرایی ترکیبی از سه مقدار انتخاب شده یا بیشتر می باشد که به طور تصادفی از موادی که به کامیون بارگیری شده یا از کامیون تخلیه شده است، گرفته می شوند. تحقیق نشان داده است که چنین روشی تخمین قابل قبولی از دانه بندی میانگین را بدست می دهد که ممکن است از ۱۵ یا ۲۰ مقدار از کامیون اندازه گیری شود.

X1-3-3 تغییر پذیری مهم با مقدار زیادی از مصالح، در جاهایی که ممکن است وجود داشته باشد، باید بوسیله اندازه گیری های آماری نشان داده شود، بطوریکه انحراف استاندارد بین بخشهایی که به طور تصادفی انتخاب شده در محدوده تعیین شده برای بخش قرار گیرد. /ق

استاندارد ASTM : D1075 - 2000

روش استاندارد آزمایش تأثیر آب بر روی مقاومت فشاری مخلوطهای آسفالتی متراکم شده

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش شامل اندازه‌گیری افت مقاومت فشاری مخلوطهای آسفالتی متراکم شده حاوی قیر خالص است که این افت، نتیجه عملکرد آب بر روی این نمونه‌ها می‌باشد. یک فهرست عددی از مقاومت فشاری کاهش یافته از مقایسه مقاومت فشاری نمونه تازه تهیه شده با مقاومت فشاری نمونه‌های کاملاً همانند (یکسان) غوطه‌ور در آب با شرایط معین، حاصل می‌شود.

۱-۲- این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این استاندارد را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مستندات مرجع

۱-۲- استانداردهای *ASTM* :

C 670 دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف برای آزمایشهای مصالح ساختمانی

D 1074 روش آزمایش مقاومت فشاری مخلوطهای آسفالتی

D 2726 روش آزمایش وزن مخصوص مخلوطهای آسفالتی متراکم شده با استفاده از نمونه‌های اشباع با سطح خشک

۳- مشخصات و موارد کاربرد

۱-۳- این روش آزمایش به عنوان یک شناساگر حساسیت به رطوبت مخلوطهای آسفالتی متراکم شده، مفید می‌باشد.

۴- وسایل

۱-۴- یک یا چند حمام آب اتوماتیک کنترل‌دار برای غوطه‌وری نمونه‌ها باید تهیه شود. ابعاد حمام‌ها باید به اندازه کافی باشد تا تمام نمونه‌های آزمایشی غوطه‌ور، در آنها قرار گیرند. آنها باید به گونه‌ای طراحی شوند که کنترل دقیق و یکنواخت دمای غوطه‌وری در محدوده $(\pm 1/8^{\circ}F)$ یا $\pm 1^{\circ}C$ را فراهم سازند. آنها باید با مس، فولاد ضد زنگ یا فلزات غیرفعال ساخته یا پوشش داده شوند. آب مورد استفاده برای مخزن رطوبت جهت نگهداری نمونه‌ها باید آب مقطر و یا آب عاری از وجود الکترولیت‌ها باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

حمام نیز باید خالی و پاک شود و با آب تازه برای آزمایشهای دیگر پر گردد.

۴-۲- یک حمام با کنترل اتوماتیک یا دستی که توانایی تأمین دمای نمونه‌های آزمایشی غوطه‌ور در $(77 \pm 1/8^{\circ}F)$ یا $(25 \pm 1^{\circ}C)$ را دارا باشد، باید موجود باشد. هر ظرف مناسب یا مخزنی که ابعادش به اندازه‌ای کافی باشد تا تمام نمونه‌های غوطه‌ور در آب در آن جای گیرد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۳- یک ترازو و یک حمام آب و وسایل مناسب دیگر برای توزین نمونه‌های آزمایشی در هوا و در آب لازم خواهد بود تا دانسیته، درصد جذب آب و هر تغییری در حجم نمونه‌ها در آزمایش غوطه‌وری، تعیین گردد.

۴-۴- صفحه‌های مسطح انتقال مناسب از جنس شیشه یا فلزات غیر فعال لازم می‌باشد. یکی از این صفحه‌ها باید در طول زمان عمل غوطه‌وری و کارهای دیگر بجز هنگام توزین و آزمایش، در زیر نمونه قرار داده شود، این عمل به منظور جلوگیری از شکستن و یا تغییر شکل نمونه‌ها می‌باشد.

۵- نمونه‌های آزمایش

۵-۱- حداقل ۶ نمونه استوانه‌ای $101/6$ در $101/6$ میلی متری (۴ در ۴ اینچی) برای هر آزمایش باید ساخته شود. روشهای تشریح شده در روش آزمایش $D-1074$ برای آماده سازی (مخلوطهای سست و غیر متراکم)، قالب‌گیری و عمل آوری نمونه‌های آزمایش کاربرد دارد.

توجه ۱- این استاندارد برای اندازه‌گیری افت مقاومت فشاری ناشی از اثر آب، برای نمونه‌هایی که با درصد فضای خالی تقریبی ۷٪ باروش متراکم نمودن مطابق روش آزمایش $D-1074$ طراحی شده‌اند، در نظر گرفته شده است.

۶- تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های آزمایش

۶-۱- اجازه دهید هر سری از ۶ نمونه آزمایشی برای مدت حداقل ۲ ساعت بعد از خارج کردن از گرمخانه عمل آوری مطابق روش آزمایش $D-1074$ سرد شوند. وزن مخصوص حقیقی هر نمونه را مطابق با روش (نمونه‌های خشک) و محاسبات (وزن مخصوص حقیقی مخلوطهای آسنالته متراکم شده) $D-2726$ تعیین کنید.

۷- روش آزمایش

۷-۱- هر سری از ۶ نمونه آزمایشی را به ۲ گروه سه تایی مرتب کنید بطوریکه میانگین وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های گروه ۱ برابر نمونه‌های گروه ۲ باشد. نمونه‌های گروه ۱ را مطابق توضیحات بند ۷-۱-۱ و نمونه‌های گروه ۲ را بر اساس توضیحات بند ۷-۱-۲ و یا در موارد خاص مطابق بند ۷-۱-۳ مورد آزمایش قرار دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷-۱-۱-۱- گروه ۱- دمای نمونه‌های آزمایش را به $(77 \pm 1/8^\circ F)$ یا $25 \pm 1^\circ C$ برسانید. این عمل توسط نگهداری آنها در یک حمام هوا انجام می‌گیرد. این زمان نباید کمتر از ۴ ساعت باشد. سپس مقاومت‌های فشاری آنها را بر اساس روش *D-1074* تعیین کنید.

۷-۱-۲- گروه ۲- نمونه‌های آزمایش را برای مدت ۲۴ ساعت در آب به دمای $(140 \pm 1/8^\circ F)$ یا $25 \pm 1^\circ C$ غوطه ور سازید. سپس آنها را به یک حمام آب که دمای آن $(77 \pm 1/8^\circ F)$ یا $25 \pm 1^\circ C$ است منتقل کنید و آنها را در آن حمام به مدت ۲ ساعت نگهداری کنید. آنگاه مقاومت فشاری نمونه‌ها را بر اساس روش *D-1074* تعیین کنید.

۸- محاسبات

۸-۱- شاخص عددی مقاومت مخلوط‌های آسفالتی بواسطه اثر زیانبار آب را محاسبه کنید. این شاخص بر حسب درصد مقاومت اولیه که بعد از غوطه وری باقی می‌ماند مطابق زیر بدست می‌آید.

$$100 \times \left(\frac{S_2}{S_1} \right) = \text{شاخص مقاومت باقیمانده (\%)}$$

که در آن

S_1 = مقاومت فشاری نمونه‌های خشک (گروه ۱)

S_2 = مقاومت فشاری نمونه‌های غوطه ور شده (گروه ۲) می‌باشد.

۹- دقت و انحراف

۹-۱- دقت یک آزمایش کننده - انحراف استاندارد یک آزمایش کننده ۰.۶٪ بدست آمده است (توجه ۲ را ببینید) بنابراین نتایج دو آزمایش که توسط یک آزمایش کننده با یک نوع ماده بطور مناسب انجام شده نباید بیش از ۱.۸٪ تفاوت داشته باشد. (توجه ۲ را ببینید)

توجه ۲- این اعداد به ترتیب معرف حدود S و $2S$ که در دستورالعمل *ASTM C670* شرح داده شده است، می‌باشند.

۹-۲- دقت چند آزمایشگاه - انحراف استاندارد چند آزمایشگاه ۱.۸٪ بدست آمده است (توجه ۲ را ببینید) بنابراین نتایج ۲ آزمایش که توسط دو آزمایشگاه مختلف با یک نوع ماده بطور مناسب انجام شده نباید بیش از ۵.۰٪ اختلاف داشته باشد (توجه ۲ را ببینید)

۱۰- کلمات کلیدی

۱۰-۱- مخلوط‌های آسفالتی، آزه‌ش فشاری، رطوبت، آب

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM:D1188

«روش استاندارد آزمایش وزن مخصوص و دانسیته حقیقی مخلوطهای آسفالتی کوبیده شده با استفاده از پوشش یازافین

۱- هدف

۱- این آزمایش، تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه‌های مخلوط آسفالتی کوبیده شده را مطابق با تعاریف استاندارد E12 در برمی‌گیرد.

۱-۲ وزن مخصوص حقیقی مخلوطهای آسفالتی کوبیده شده در محاسبات وزن واحد حجم مخلوط، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۳ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی رراحت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱ استانداردهای ASTM

D1461 روش آزمایش برای تعیین میزان رطوبت یا بخار تقطیر شده در مخلوطهای آسفالتی

D3203 روش آزمایش برای تعیین درصد فضای خالی در مخلوطهای آسفالتی بادانه بندی پیوسته و یاز

E12 تشریح اصطلاحات فنی مربوط به دانسیته و وزن مخصوص جامدات، مایعات و گازها

۳- مشخصات و کاربرد

۳-۱ این آزمایش در محاسبه درصد فضای خالی، همانند آنچه که در روش آزمایش D3203 ارائه شده، کاربرد دارد. از آنجائیکه وزن مخصوص واحد ندارد، در این نوع محاسبه باید وزن مخصوص به دانسیته تبدیل شود. این تبدیل با ضرب کردن وزن مخصوص در دمای مشخص به دانسیته آب در همان دما انجام می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴- وسایل:

۴-۱ ترازو- با ظرفیت‌های مختلف و با دقت کافی، که قادر به محاسبه وزن مخصوص حقیقی نمونه‌ها با حداقل چهار رقم معنی دار و با حداقل سه رقم بعد از اعشار باشد. ترازو باید به وسایل مناسبی مجهز باشد که بتوان نمونه را به حالت معلق در آب وزن کرد.

توجه: نظر به اینکه هیچ ارقام معنی دارای در خارج قسمت (وزن مخصوص حقیقی) وجود ندارند که چه در مقسوم (وزن نمونه در هوا) و یا در مقسوم علیه (حجم نمونه که از تفاوت وزن نمونه در هوا و در آب بدست می‌آید) ظاهر شوند، این معنی رامی دهد که ترازو باید چنان دقتی را دارا باشد که هر دو مقادیر وزن و حجم را با حداقل چهار رقم معنی دار تعیین کند. برای مثال وقتی که وزن مخصوص $2/300$ باشد با دقت $0/1$ گرم، چهار رقم معنی دار برای توزین در محدوده وزنی $0/130$ تا $999/0$ گرم حاصل می‌شود.

۴-۲ حمام آب- برای غوطه‌ور کردن نمونه در آب به حالت معلق با یک، مجرای خروجی سرریز برای ثابت نگهداشتن سطح آب.

۵- نمونه‌های آزمایش

۵-۱ نمونه‌های آزمایش ممکن است از مخلوطهای آسفالتی در آزمایشگاه قالب‌گیری شده یا اینکه از روسازی آسفالتی در محل بریده شوند.

۵-۲ اندازه نمونه‌ها- پیشنهاد می‌شود: ۱- قطر قالب استوانه‌ای یا نمونه‌های مغزه‌گیری شده یا طول نمونه‌های بریده شده، حداقل معادل چهار برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد. ۲- ضخامت نمونه‌ها، حداقل یک و نیم برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشند.

۵-۳ نمونه‌های روسازی را با مغزه‌گیری بامته الماسی یا کربوراندوم یا با هر وسیله مناسب دیگری بگیرید.

۵-۴ به هنگام برداشتن نمونه‌ها از محل روسازی یا خروج آنها از قالب باید مراقبت بعمل آورید تا از پیچش، خمش یا ترک خوردن نمونه‌ها جلوگیری شود. نمونه‌ها را در جایی امن و خنک نگهداری کنید.

۵-۵ نمونه‌ها باید عاری از مواد خارجی از قبیل اندود آب‌بندی، اندود سطحی، مصالح بستر، خاک و کاغذ باشند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

اگر هریک از این مواد دیده شدند، نمونه‌ها طبق بند ۵-۶ باید برداشته شوند.

۵-۶ در صورت تمایل ممکن است نمونه‌ها از لایه‌های دیگر باره کردن یا با وسایل مناسب دیگر جدا شوند.

۶- روش آزمایش

۶-۱ توزین نمونه‌های بدون پوشش - نمونه‌ها را در معرض جریان هوای یک پنکه برقی در دمای اتاق، حداقل بمدت یک ساعت قرار دهید تا رطوبت سطحی آنها تبخیر شده و به وزن ثابت برسند، سپس نمونه‌ها را توزین کرده و این وزن را A بنامید.

۶-۲ توزین نمونه‌های پوشش داده شده در هوا - کل سطح نمونه آزمایش را با پارافین مذاب با ضخامت کافی بپوشانید، بطوریکه همه فضاها را خالی سطح را بپوشاند. اجازه دهید نمونه در دمای اتاق بمدت ۳۰ دقیقه خنک شده و سپس توزین کنید. این وزن را D بنامید.

توجه ۲: اگر در نظر باشد که نمونه‌ها برای آزمایشهای دیگر مورد استفاده قرار گیرند و لازم است که پوشش پارافین برداشته شود، می‌توان بر روی نمونه‌ها قبل از پوشش، پودرتالک پاشید.

توجه ۳: قبل از پوشش با پارافین، بهتر است نمونه در حرارت $4/4$ درجه سانتیگراد (40 درجه فارنهایت) برای مدت ۳۰ دقیقه نگهداری و سپس نمونه را در پارافین گرم (که در دمای $5/6$ تا 10 درجه فارنهایت بالای نقطه ذوب آن باشد) فرو ببرید. ممکن است لازم باشد که سطح پارافین را با پارافین گرم اضافی تماس داده تا سوراخهای ریز شود.

۶-۳ توزین نمونه‌ها پوشش داده شده در آب - نمونه‌های پوشش داده شده را در حمام آب 25 درجه سانتیگراد (77 درجه فارنهایت) وزن کنید و این وزن را E بنامید.

۶-۴ وزن مخصوص پارافین: اگر وزن مخصوص پارافین معلوم نباشد وزن مخصوص آنرا در دمای 25 درجه سانتیگراد (77 درجه فارنهایت) تعیین کرده و آنرا F بنامید.

۶-۵ تصحیح رطوبت - در حالتی که نمونه‌ها از روسازی بدست آمده دارای رطوبت باشند، لازم است که وزنه‌های E, D, A برای وزن رطوبت تصحیح شوند. بعد از تعیین وزن E مقدار رطوبت را از وزنه‌های E, D, A تعیین کنید.

توجه ۴: رطوبت به دو روش می‌تواند تعیین شود:

۱- با خشک کردن نمونه‌های پوشش داده نشده در یک گرمخانه بادمای تقریباً ثابت 110 درجه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

سانتیگراد (۲۳۰ درجه فارنهایت)، تار سیدن به وزن ثابت.

۲- با استفاده از روش آزمایش ASTM: D1461 اگر دردمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد (۲۳۰ درجه فارنهایت) مواد قیری مخلوط تبخیر شده یا جاری شوند، باید از روش دوم استفاده کرد.

۷- محاسبات

۷-۱ وزن مخصوص حقیقی نمونه‌ها را از رابطه زیر محاسبه کنید.

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{D-E - \left(\frac{D-A}{F}\right)}$$

در این رابطه:

A = وزن نمونه خشک در هوا، بر حسب گرم

D = وزن نمونه خشک پوشیده شده با پارافین در هوا، بر حسب گرم

E = وزن نمونه خشک پوشیده شده با پارافین در آب، بر حسب گرم

F = وزن مخصوص پارافین در ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت)

۷-۲ دانسیته نمونه‌ها را از رابطه زیر محاسبه کنید:

$$۹۹۷/۰ \times \text{وزن مخصوص حقیقی} = \text{دانسیته}$$

در این رابطه:

۹۹۷/۰ = دانسیته آب در ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

یا

$$۶۲/۲۴ \times \text{وزن مخصوص حقیقی} = \text{دانسیته}$$

در این رابطه:

۶۲/۲۴ = دانسیته آب در ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب پوند بر فوت مکعب می‌باشد.

۸- دقت و انحراف

۸-۱ تفاوت بین نتایج دو آزمایش که توسط یک آزمایش کننده انجام شده، نباید بیش از ۰/۰۲ باشد.

استاندارد ASTM: D 1559

روش استاندارد آزمایش تعیین مقاومت مخلوطهای آسفالتی در مقابل تغییر شکل پلاستیک با دستگاه مارشال

۱- هدف:

۱-۱ این روش آزمایش اندازه‌گیری مقاومت نمونه‌های استوانه‌ای مخلوط آسفالتی را در مقابل تغییر شکل پلاستیک در حالتی که سطح جانبی نمونه با دستگاه مارشال تحت بارگذاری قرار گرفته، شامل می‌شود. این روش آزمایش برای مخلوطهایی که با قیر خالص، محلول یا قطران و مصالح سنگی با حداکثر اندازه یک اینچ ساخته شده‌اند، کاربرد دارد.

۱-۲ این استاندارد ممکن است شامل مواد و عملیات و وسایل خطرناک باشد. این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. از این رو وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مشخصات و کاربرد

۲-۱ این روش آزمایش در طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت استفاده می‌شود. نمونه‌ها طبق روش آزمایش، برای حداکثر بار و روانی تهیه می‌شوند. ویژگیهای دانسیته و فضای خالی نیز ممکن است بر روی نمونه‌های تهیه شده مطابق با روش آزمایش، تعیین شوند. از این روش آزمایش همچنین می‌توان برای بدست آوردن حداکثر بار و روانی نمونه‌های نمونه‌های مخلوط آسفالتی که از سطح راه مغزه‌گیری شده و یا به روشهای دیگری تهیه شده‌اند، استفاده کرد. نتایج حاصل از این نمونه‌ها ممکن است با مقادیر حاصله از نمونه‌های تهیه شده با این روش آزمایش، تفاوت داشته باشد.

۳- لوازم

۳-۱ مجموعه قالب نمونه - قالب‌های استوانه‌ای به قطر ۴ اینچ (۱۰۱/۶ میلی‌متر) و ارتفاع سه اینچ (۷۶/۲ میلی‌متر)، با صفحات زیرین و حلقه‌هایی به منظور افزایش طول قالب مطابق با آنچه که در شکل یک نشان داده شده است. سه قالب استوانه‌ای پیشنهاد می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۲ خارج کننده نمونه - صفحه‌ای فولادی به شکل دیسک و به قطر حداقل $3/95$ اینچ (یا 100 میلی متر) و ضخامت $1/4$ اینچ (13 میلیمتر) که برای خارج کردن نمونه متراکم شده از قالب نمونه با استفاده از حلقه قالب استفاده می شود. یک میله مناسب برای انتقال بار از حلقه انتقال دهنده نیرو سنج به حلقه الحاقی جهت خروج نمونه لازم است.

۳-۳ چکش تراکم - چکش تراکم (شکل ۲)، باید دارای سطح ضربه وارد کننده گرد و مسطح و وزنه 10 پوندی (4536 گرم) با ارتفاع ستروپ آزاد 18 اینچ ($457/2$ میلی متر) باشد. دو چکش تراکم پیشنهاد می شود. توجه ۱: چکش تراکم می تواند مجهز به محافظ انگشت باشد.

۳-۴ پایه تراکم - پایه تراکم مرکب از پایه چوبی از جنس بلوط، کاج یا چوب دیگری با میانگین وزن مخصوص خشک حدود 42 تا 48 پوند بر فوت مکعب ($0/67$ تا $0/77$ گرم بر سانتیمتر مکعب) و ابعاد $18 \times 18 \times 18$ اینچ ($457/2 \times 457/2 \times 203/2$ میلیمتر) می باشد که بر روی آن یک صفحه فولادی به ابعاد $12 \times 12 \times 1$ اینچ ($25/4 \times 304/8 \times 304/8$ میلیمتر) کار گذاشته شده است. پایه چوبی توسط چهار قطعه نبشی، در قطعه بتنی مسطح، محکم می شود. کلاهک فولادی باید به طور محکم به پایه بسته شود. مجموعه پایه باید به گونه ای نصب شود که پایه کلاهک تراز باشد.

۳-۵ نگهدارنده قالب نمونه: نگهدارنده قالب روی پایه تراکم، بنحوی سوار می شود که مرکز قالب تراکم بر مرکز پایه منطبق باشد. نگهدارنده باید قالب تراکم و حلقه و صفحه پایه را در حین تراکم نمونه، به طور محکم سر جای خود نگه دارد.

۳-۶ فکهای شکست: فکهای شکست (شکل ۳)، برای جای دادن نمونه است که بخشهای استوانه‌ای بالایی و پایینی را شامل می شوند یا فکهای آزمایش شعاع انحناء داخلی دقیقاً ماشین شده برابر با 2 اینچ ($50/8$ میلیمتر) را دارند. بخش پایین تر باید روی سطحی که دارای دو میله راهنمای عمود بر هم یا میله هایی که طول اضافی به سمت بالا دارند، نصب شود. راهنماهای بخش بالاتر باید در موقعیتی باشند که دو بخش را بدون خمش قابل ملاحظه‌ای به سمت یکدیگر سوق دهند.

۳-۷ جک بارگذاری - جک بارگذاری شامل یک جک پیچشی بوده و روی قاب دستگاه آزمایش سوار شده و باید حرکت قائم و یکنواخت با سرعت 2 اینچ ($50/8$ میلیمتر) در دقیقه را داشته باشد. یک موتور الکتریکی ممکن است به مکانیزم حرکت جک الحاق شود.

توجه ۲: بجای جک بارگذاری ممکن است از دستگاهی مکانیکی یا هیدرولیکی که بتواند سرعت حرکت آن در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جهت قائم ۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر) در دقیقه به هنگام بارگذاری نگه داشته شود، استفاده گردد. ^{پوند}
۳-۸ مجموعه حلقه نیروسنج - حلقه نیروسنجی با ظرفیت ۵۰۰۰ پوند (۲۲۶۷ کیلوگرم) و حساسیت ده تا ۱۰۰۰ پوند (۴۵۳۶ تا ۴۵۳/۶ کیلوگرم) و حساسیت ۲۵ پوند (۱۱/۳۴۰ کیلوگرم) بین ۱۰۰۰ و ۵۰۰۰ پوند (۴۵۳/۶ و ۲۲۶۷ کیلوگرم) که باید به یک صفحه مدرج ریزسنج مجهز باشد. (شکل ۴) تقسیمات صفحه ریزسنج برحسب ۰/۰۰۰۱ اینچ (۰/۰۰۲۵ میلیمتر) می باشد. اتصالات بالا و پایین حلقه نیروسنج برای بستن حلقه نیروسنج به قاب دستگاه و انتقال بار به فکهای دستگاه لازم می باشد.

توجه ۳: هر وسیله مناسب برای اندازه گیری بار که ظرفیت و حساسیت ذکر شده فوق را داشته باشد، ممکن است به عنوان مجموعه حلقه نیروسنج استفاده شود.

۳-۹ روانی سنج - روانی سنج باید شامل یک گیره اتصالی راهنما و یک شاخص عقربه ای باشد. سوزن متحرک شاخص، باید داخل گیره راهنما با مقدار مقاومت اصطکاکی کم بلغزد. گیره راهنما، باید آزادانه بالای میله راهنمای فکهای شکست بلغزد. شاخص روانی سنج وقتی که در محل خود بر روی فکهای شکست، به هنگامی که هر نمونه آزمایش بین بخش های فک شکست گذاشته می شود، قرار گرفت باید روی صفر تنظیم شود. تقسیمات گیبج روانی سنج برحسب ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیمتر) می باشد.

توجه ۴: بجای روانی سنج ممکن است از صفحه مدرج ریزسنج یا ثبات تنش - کرنش با تقسیمات ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیمتر)، برای اندازه گیری روانی استفاده شود.

۳-۱۰ گرمخانه، یا صفحات داغ - گرمخانه، یا صفحات داغ باید برای گرم کردن مصالح سنگی، مواد قیری، قالبهای نمونه، چکش های تراکم و دیگر وسایل لازم تا دمای مخلوط کردن و قالب گیری، فراهم شوند. پیشنهاد می شود واحدهای گرمایشی باترموستات کنترل شوند بطوریکه دمای مورد نیاز را با دقت $\pm 5^{\circ}F$ ($\pm 2/8$) درجه سانتیگراد) ثابت نگه دارد. محافظ های مناسب و صفحات تیغه ای یا حمامهای ماسه باید روی سطوح صفحات داغ قرار گیرند تا تمرکز حرارت زیاد را به حداقل برساند.

۳-۱۱ وسایل مخلوط کردن - عمل مخلوط کردن، به صورت مکانیکی پیشنهاد می شود. هر نوع مخلوط کن مکانیکی که بتواند دمای لازم برای مخلوط کردن را حفظ کرده و مخلوط یکنواخت به مقدار لازم و با پوشش خوب را در زمان مجاز تهیه کند و مقداری هم اضافی تر تهیه کند که ضرورتاً کل پیمانانه بازیافت کند. ممکن است استفاده شود. همچنین ممکن است، یک ظرف یا کاسه فلزی با ظرفیت کافی و عمل مخلوط کردن با دست، مورد استفاده قرار گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۱۲ حمام آب - حمام آب باید حداقل ۶ اینچ (۱۵۲/۴ میلیمتر) عمق داشته و با ترموستات دمای آن کنترل شود به طوری که دمای حمام را در $1/8 \pm 140$ درجه فارنهایت (1 ± 60 درجه سانتیگراد) یا $1/8 \pm 100$ درجه فارنهایت ($1 \pm 37/8$ درجه سانتیگراد) نگهدارد. مخزن باید یک کف سوراخ دار موقتی داشته یا اینکه به یک قفسه برای نگهداری نمونه به اندازه ۲ اینچ ($50/8$ میلیمتر) بالاتر از کف حمام مجهز باشد.

۳-۱۳ حمام هوا - حمام هوا برای مخلوطهای آسفالتی یا قیر محلول، باید با ترموستات کنترل شده و بتواند دمای هوا را در $1/8 \pm 77$ درجه فارنهایت (1 ± 25 درجه سانتیگراد) نگهدارد.

۳-۱۴ وسایل متفرقه:

۳-۱۴-۱ ظروف برای گرم کردن مصالح سنگی، تابه‌های فلزی با کف مسطح یا ظروف مناسب دیگر
۳-۱۴-۲ ظروف برای گرم کردن مواد قیری، هر نوع پیمانه قلعی، بشرها، ظروف ریختن مواد مذاب یا روغن دان، ممکن است استفاده شوند.

۳-۱۴-۳ وسایل مخلوط کردن، هر نوع بیلچه فولادی (نوع باغبانی) یا کاردک برای هم زدن و مخلوط کردن دستی.

۳-۱۴-۴ دماسنج هایی برای تعیین دمای مصالح سنگی، قیر و مخلوطهای قیری. دماسنجهایی با حفاظ شیشه‌ای یا دماسنجی با صفحه مدرج عقربه دار با بدنه فلزی، پیشنهاد می‌شوند. محدوده ۵۰ تا ۴۰۰ درجه فارنهایت (۹/۹ تا ۲۰۴ درجه سانتیگراد) با دقت ۵ درجه فارنهایت ($2/8$ درجه سانتیگراد) لازم است.

۳-۱۴-۵ دماسنجهایی برای حمام آب و حمام هوا با محدوده دمای ۶۸ تا ۱۵۸ درجه فارنهایت (۳۰ درجه تا ۷۰ درجه سانتیگراد) با دقت $0/4$ درجه فارنهایت ($0/2$ درجه سانتیگراد).

۳-۱۴-۶ ترازو با ظرفیت ۲ کیلوگرم و دقت $0/1$ گرم برای توزین نمونه‌های قالب‌گیری شده

۳-۱۴-۷ ترازو با ظرفیت ۵ کیلوگرم و دقت یک گرم برای پیمانه کردن مخلوطها.

۳-۱۴-۸ دستکشها - برای جابجایی وسایل داغ

۳-۱۴-۹ دستکشهای لاستیکی - برای خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب

۳-۱۴-۱۰ سنج رنگی برای مشخص کردن نمونه‌ها

۳-۱۴-۱۱ چمچه، با کف مسطح برای پیمانه کردن مصالح سنگی

۳-۱۴-۱۲ بیلچه، بزرگ برای جای دادن مخلوط در قالبهای نمونه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴- نمونه‌های آزمایش:

۴-۱ تعداد نمونه‌ها - حداقل سه نمونه برای هر ترکیبی از مصالح سنگی و هر مقدار قیر، آماده کنید.
۴-۲ آماده کردن مصالح سنگی - مصالح سنگی را در دمای ۲۲۱ الی ۲۳۰ درجه فارنهایت (۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد) تارسیدن به وزن ثابت خشک کرده و به بخشهایی با توجه به اندازه مصالح سنگی مورد نیاز به طریق دانه بندی خشک، جدا کنید. این بخشهای مصالح سنگی با اندازه‌های زیر پیشنهاد می‌شوند:

$\frac{3}{4}$ تا یک اینچ (۱۹ تا ۲۵ میلیمتر)

$\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ (۹/۵ تا ۱۹ میلیمتر)

شماره ۴ تا $\frac{3}{8}$ اینچ (۴/۷۵ تا ۹/۵ میلیمتر)

شماره ۸ تا شماره ۴ (۲/۳۶ تا ۴/۷۵ میلیمتر)

رد شده از الک شماره ۸ (۲/۳۶ میلیمتر)

۴-۳ تعیین دمای مخلوط کردن و متراکم نمودن

۴-۳-۱ دماهایی که قیر خالص و قیر محلول باید گرم شوند تا دارای کند روانی ۱۷۰ ± ۲۰ سانتی استوکس گردند، بعنوان دمای مخلوط کردن در نظر گرفته می‌شود.

۴-۳-۲ دماهایی که قیر خالص باید گرم شود تا کند روانی آن ۲۸۰ ± ۳۰ سانتی استوکس شود، بعنوان دمای متراکم نمودن در نظر گرفته می‌شود.

۴-۳-۳ از یک نمودار ترکیبی برای قیر محلول استفاده کرده و درصد وزنی حلال را در کند روانی با دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد)، تعیین کنید. از این نمودار همچنین کند روانی در ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) را پس از آنکه قیر محلول ۵۰ درصد حلال خود را از دست داد، تعیین کنید. دمای تعیین شده از نمودار دما- کندروانی برای قیر محلول، که بعد از کاهش ۵۰ درصد حلال دارای کند روانی معادل ۲۸۰ ± ۳۰ سانتی استوکس باشد، به عنوان دمای متراکم نمودن در نظر گرفته می‌شود.

دمایی که در آن دما، قطران دارای کندروانی ویژه انگلر برابر ۲۵ ± ۳ و $۴۰ = ۵$ می‌شود به ترتیب دمای مخلوط کردن و متراکم نمودن می‌باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۴ آماده کردن مخلوط ها: برای هر نمونه آزمایش، مقدار لازم از هر اندازه مصالح سنگی که به بخش هایی جدا شده اند، به طوریکه نمونه متراکم شده حاصل از یک پیمانته مخلوط ارتفاعی برابر 0.05 ± 0.05 اینچ ($1/27 \pm 0.05$ اینچ) $63/5 \pm 1/27$ میلیمتر) را داشته اند توزین کرده در ظروف مسطح جداگانه بریزید (حدود ۱۲۰۰ گرم) ظروف را بر روی صفحه داغ یا در گرمخانه قرار دهید و تا حداکثر ۵۰ درجه فارنهایت (۲۸ درجه سانتیگراد)، برای مخلوط هایی با قیر خالص و ۲۵ درجه فارنهایت (۱۴ درجه سانتیگراد) برای مخلوط هایی با قیر محلول، بیش از دمای تخمینی برای مخلوط کردن در بند ۴-۳ حرارت دهید. ظرف مخلوط کردن را با مصالح سنگی گرم شده، پر کرده و در حالت خشک کاملاً مخلوط کنید. در مصالح سنگی که به صورت خشک مخلوط شده اند، یک گودی ایجاد کرده و مقدار لازم از مواد قیری از قبل گرم شده را به داخل مخلوط اضافه کنید. برای مخلوط هایی که با قیر محلول تهیه می شوند، تیغه مخلوط کن را داخل ظرف مخلوط کن قرار داده و قبل از عمل مخلوط کردن، وزن کل مخلوط را همراه با وزن ظرف و تیغه مخلوط کن تعیین کنید. مراقب باشید تا از دست رفتن مخلوط، به هنگام مخلوط کردن و جابجایی جلوگیری شود. در این موقع دمای مصالح سنگی و مواد قیری، باید در محدوده دمای مخلوط کردن که در بند ۴-۳ تخمین زده می شود، باشد. مصالح سنگی و مواد قیری را تا پوشش کامل، با سرعت مخلوط کنید.

۴-۴-۲ پس از مخلوط کردن، مخلوط هایی را که با قیر محلول ساخته شده اند، در یک گرمخانه تهویه دار با دمای تقریباً ۲۰ درجه فارنهایت (۱۱/۱ درجه سانتیگراد) بیش از دمای متراکم نمودن، عمل آورید. عمل آوری در ظرف مخلوط کن را تا زمانی که ۵۰ درصد وزنی حلال از قبل تعیین شده یا بیش تر حاصل گردد، ادامه دهید. مخلوط ممکن است، در ظرف مخلوط کن در مدت عمل آوری، همزده شود تا از دست رفتن حلال سریعتر گردد. در این صورت باید مراقب باشید تا از هدر رفتن مخلوط جلوگیری شود. مخلوط را در مدت عمل آوری، در ابتدا در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه و در فواصل زمانی کمتر از ۱۰ دقیقه تا مخلوط وزن برابر با ۵۰ درصد کاهش حلال را بدست آورد، وزن کنید.

۴-۵ متراکم نمودن نمونه ها:

۴-۵-۱ مجموعه قالب نمونه و سطح چکش تراکم را کاملاً تمیز کنید و آنها را در داخل آب جوش یا بر روی صفحه داغ تا دمای بین ۲۰۰ و ۳۰۰ درجه فارنهایت (۹۳/۳ و ۱۴۸/۹ درجه سانتیگراد) گرم کنید. یک قطعه کاغذ صافی یا کاغذ حوله ای که به اندازه ته قالب بریده شده، قبل از ریختن مخلوط در ته قالب قرار دهید. محتویات پیمانته را داخل قالب خالی کرده و اطراف مخلوط را ۱۵ بار و داخل آنرا ۱۰ بار با یک کاردک گرم، با نیروی زیاد کاردک بزنید. سر قالب را برداشته و سطح مخلوط را با بیلچه صاف کرده و به شکل گنبد در آورید دمای مخلوط بلافاصله قبل از

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

متراکم نمودن باید در محدوده دماهایی باشد، که در بند ۴-۳ برای دمای متراکم نمودن ذکر گردید.

۴-۵-۲ سر قالب را دوباره قرار داده و مجموعه قالب را روی پایه تراکم، در نگهدارنده قالب قرار دهید با چکش تراکم که از ارتفاع ۱۸ اینچ (۴۵۷/۲ میلیمتر) سقوط آزاد می‌کند، تعداد ۵۰ ضربه اعمال کنید. مگر اینکه تعداد دیگری معین شده باشد. در ضمن عمل متراکم نمودن، شخص متراکم کننده باید محور چکش تراکم را با دست تاحد ممکن نزدیک به حالت عمود بر صفحه پایه قالب نگهدارد. صفحه پایه قالب و سر قالب را بردارید. قالب را برگردانید و آنرا مجدداً سوار کنید و همان تعداد ضربه به طرف دیگر نمونه وارد کنید. بعد از عمل تراکم صفحه پایه را برداشته و نمونه را از طرف دیگرش روی خارج کننده نمونه، قرار دهید. مجموعه را با سر قالب بالای آن در دستگاه آزمایش قرار داده و به سر قالب توسط میله انتقال دهنده بار، فشار اعمال کنید. سر قالب را از نمونه بالا کشیده و نمونه را بدقت روی یک سطح صاف قرار داده و به مدت یک شب در دمای اتاق نگهدارید. نمونه را وزن کرده، ابعاد آن را اندازه گرفته و آزمایش کنید.

توجه ۵: در روش بالا، در تراکم دستی، لازم است یک دست حالت عمود بودن را حفظ کرده و دست دیگر عمل تراکم را انجام دهد. در این حالت ناگزیر برای حفظ حالت عمودی، دست لرزشی خواهد داشت که این لرزش، مالش مطلوبی در حین عمل تراکم به نمونه می‌دهد که منجر به دانسیته بالا می‌شود. هر وسیله مکانیکی از هر نوع که استفاده شود نسبت به چکش دستی در حالت عمودی در حین تراکم محدودیت دارد.

توجه ۶: در حالت کلی، نمونه‌ها باید مطابق با آنچه که در بند ۴-۵-۲ تشریح شده، سرد شوند. وقتی که سریعتر سرد شدن مورد نظر باشد، ممکن است از پنکه‌های رومیزی استفاده شود. مخنوطهایی که فاقد چسبندگی کافی هستند و پس از خارج کردن سریع از قالب، شکل استوانه‌ای لازم را بدست نیاورده باشند، ممکن است در داخل قالب و در هوا تا حصول چسبندگی کافی و بدست آوردن شکل استوانه‌ای سرد شوند.

۵- روش آزمایش:

۵-۱ نمونه‌های تهیه شده با فیر خالص یا فطران را، با غوطه‌ور ساختن در حمام آب بمدت ۳۰ تا ۴۰ دقیقه یا با قراردادن در گرمخانه به مدت ۲ ساعت به دمای مورد نظر برسانید. دمای حمام یا گرمخانه را برای نمونه‌های تهیه شده با فیر خالص $140 \pm 1/8$ درجه فارنهایت (60 ± 1 درجه سانتیگراد) و برای نمونه‌های تهیه شده با فطران $100 \pm 1/8$ درجه فارنهایت ($37/8 \pm 1$ درجه سانتیگراد) نگه دارید برای رساندن نمونه‌های تهیه شده با فیر محلول به دمای مورد نظر، آنها را در حمام هوا بمدت ۲ ساعت قرار دهید. دمای حمام هوا را $77 \pm 1/8$ درجه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

فازنه‌بایت (1 ± 25 درجه سانتیگراد) نگهدارید. میله‌های راهنما و سطوح داخلی فکهای آزمایش را قبل از انجام آزمایش کاملاً تمیز کرده و میله‌های راهنما را چرب کنید، بطوریکه فک بالای آزمایش آزادانه روی قسمتهای دیگر بلغزد. دمای فک آزمایش باید بین 70 تا 100 درجه فازنه‌بایت (1/21 تا 8/37 درجه سانتیگراد) باشد، در صورت لزوم از حمام آب استفاده کنید. نمونه را از حمام آب گرمخانه یا حمام هوا خارج کرده، در قسمت پایینی فک آزمایش قرار دهید. قسمت بالایی فک شکست را روی نمونه قرار داده و کل مجموعه را در محل خود روی دستگاه آزمایش قرار دهید. وقتی از روانی سنج استفاده می‌شود، آنرا در موقعیت روی یکی از میله‌های راهنما قرار داده و درحالیکه پایه آن محکم بر روی قسمت بالایی فک شکست قرار گرفته، روانی سنج را روی صفر تنظیم کنید. در حین شروع اعمال بار، پایه قائم روانی سنج را بطور ثابت بر روی قسمت بالایی فک شکست نگهدارید.

5-2 توسط جک بارگذاری یا فک دستگاه آزمایش که با سرعت ثابت 2 اینچ در دقیقه (8/5 میلیمتر در دقیقه) حرکت می‌کند، به نمونه بار اعمال کنید تا بار به حداکثر رسیده و سپس بار نشان داده شده روی شاخص عقربه‌ای کاهش یابد. حداکثر باری را که در دستگاه آزمایش درج شده یا با تبدیل حداکثر مقدار قرائت شده از شاخص عقربه‌ای بدست آمده، ثبت کنید. به محض اینکه حداکثر بار شروع به کاهش کرد، پایه روانی سنج را آزاد کنید. اگر از شاخص عقربه‌ای برای اندازه‌گیری روانی استفاده می‌شود، مقدار روانی نشان داده شده یا معادل آنرا بر حسب یک صدم اینچ (25/0 میلیمتر) قرائت و یادداشت کنید. زمان سپری شده برای انجام آزمایش، از هنگام خروج نمونه آزمایش از حمام آب تا تعیین حداکثر بار، نباید از 30 ثانیه بیشتر شود.

توجه 7: برای نمونه‌هایی که مغزه‌گیری شده‌اند، وقتی که ضخامت آنها غیر از 5/2 اینچ (5/63 میلیمتر) باشد، بار را با استفاده از ضرابی که در جدول یک آمده تصحیح کنید.

6- گزارش:

6-1 گزارش باید شامل اطلاعات زیر باشد:

- 6-1-1 نوع نمونه آزمایش شده (نمونه آزمایشگاهی یا نمونه مغزه‌گیری شده از روسازی)
- توجه 8: برای نمونه‌های مغزه‌گیری شده، ارتفاع هر نمونه آزمایش بر حسب اینچ (یا میلیمتر) باید گزارش شود.
- 6-1-2 میانگین حداکثر بار حداقل سه نمونه، که در صورت لزوم تصحیح شده است، بر حسب پوند نیرو (یا نیوتن)
- 6-1-3 مقدار متوسط روانی سه نمونه بر حسب صدم اینچ، 25 صدم میلیمتر
- 6-1-4 دمای آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک - ضرایب تصحیح استحکام A

ضریب تصحیح	ضخامت تقریبی نمونه (میلیمتر)	ضخامت تقریبی نمونه B (اینچ)	حجم نمونه (سانتی متر مکعب)
۵/۵۶	۲۵/۴	۱	۲۱۳.۵۲۰۰
۵/۰۰	۲۷/۰	$1\frac{1}{16}$	۲۲۵.۵۲۱۴
۴/۵۵	۲۸/۶	$1\frac{1}{8}$	۲۳۷.۵۲۲۶
۴/۱۷	۳۰/۲	$1\frac{3}{16}$	۲۵۰.۵۲۳۸
۳/۸۵	۳۱/۸	$1\frac{1}{4}$	۲۶۴.۵۲۵۱
۳/۵۷	۳۳/۳	$1\frac{5}{16}$	۲۷۶.۵۲۶۵
۳/۳۳	۳۴/۹	$1\frac{3}{8}$	۲۸۹.۵۲۷۷
۳/۰۳	۳۶/۵	$1\frac{7}{16}$	۳۰۱.۵۲۹۰
۲/۷۸	۳۸/۱	$1\frac{1}{2}$	۳۱۶.۵۳۰۲
۲/۵۰	۳۹/۷	$1\frac{9}{16}$	۳۲۸.۵۳۱۷
۲/۲۷	۴۱/۳	$1\frac{5}{8}$	۳۴۰.۵۳۲۹
۲/۰۸	۴۲/۹	$1\frac{11}{16}$	۳۵۴.۵۳۴۱
۱/۹۲	۴۴/۴	$1\frac{3}{4}$	۳۶۷.۵۳۵۴
۱/۷۹	۴۶/۰	$1\frac{13}{16}$	۳۷۹.۵۳۶۸
۱/۶۷	۴۷/۶	$1\frac{7}{8}$	۳۹۲.۵۳۸۰
۱/۵۶	۴۹/۲	$1\frac{15}{16}$	۴۰۵.۵۳۹۳
۱/۴۷	۵۰/۸	۲	۴۲۰.۵۴۰۶
۱/۳۹	۵۲/۴	$2\frac{1}{16}$	۴۳۱.۵۴۲۱
۱/۳۲	۵۴/۰	$2\frac{1}{8}$	۴۴۳.۵۴۳۲
۱/۲۵	۵۵/۶	$2\frac{3}{16}$	۴۵۶.۵۴۴۴
۱/۱۹	۵۷/۲	$2\frac{1}{4}$	۴۷۰.۵۴۵۷

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

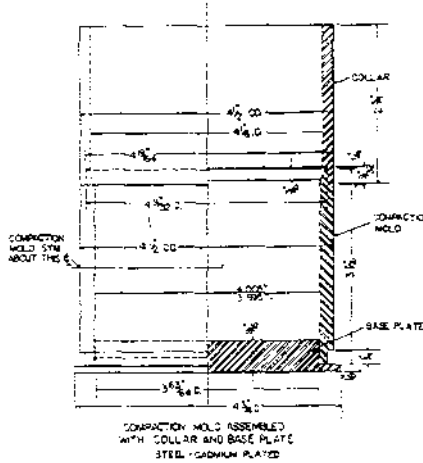
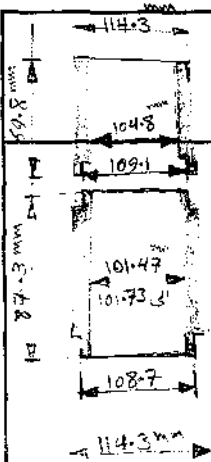
جدول یک - ضرایب تصحیح استحکام A

ضرایب تصحیح	ضخامت تقریبی نمونه (میلیمتر)	ضخامت تقریبی نمونه B (اینچ)	حجم نمونه (سانتیمتر مکعب)
۱/۱۴	۵۸/۷	$\frac{۲.۵}{۱۶}$	۴۸۲ تا ۴۷۱
۱/۰۹	۶۰/۳	$\frac{۲.۳}{۸}$	۴۹۵ تا ۴۸۳
۱/۰۴	۶۱/۹	$\frac{۲.۷}{۱۶}$	۵۰۸ تا ۴۹۶
۱/۰۰	۶۳/۵	$\frac{۲.۱}{۲}$	۵۲۲ تا ۵۰۹
۰/۹۶	۶۵/۱	$\frac{۲.۹}{۱۶}$	۵۳۵ تا ۵۲۳
۰/۹۳	۶۶/۷	$\frac{۲.۵}{۸}$	۵۴۶ تا ۵۳۶
۰/۸۹	۶۸/۳	$\frac{۲.۱۱}{۱۶}$	۵۵۹ تا ۵۴۷
۰/۸۶	۶۹/۸	$\frac{۲.۳}{۸}$	۵۷۳ تا ۵۶۰
۰/۸۳	۷۱/۴	$\frac{۲.۱۳}{۱۶}$	۵۸۵ تا ۵۷۴
۰/۸۱	۷۳/۰	$\frac{۲.۷}{۸}$	۵۹۸ تا ۵۸۶
۰/۷۸	۷۴/۶	$\frac{۲.۱۵}{۱۶}$	۶۱۰ تا ۵۹۹
۰/۷۶	۷۶/۲	۳	۶۲۵ تا ۶۱۱

A- مقاومت اندازه گیری شده نمونه ضریب ضریب مربوط به ضخامت نمونه معادل مقاومت تصحیح شده برای نمونه به ارتفاع $\frac{۲.۱}{۳}$ اینچ است.

B- رابطه حجم - ضخامت بر اساس نمونه به قطر * اینچ $(\frac{۱.۰۱۶}{۶})$ میلیمتر است. /ق

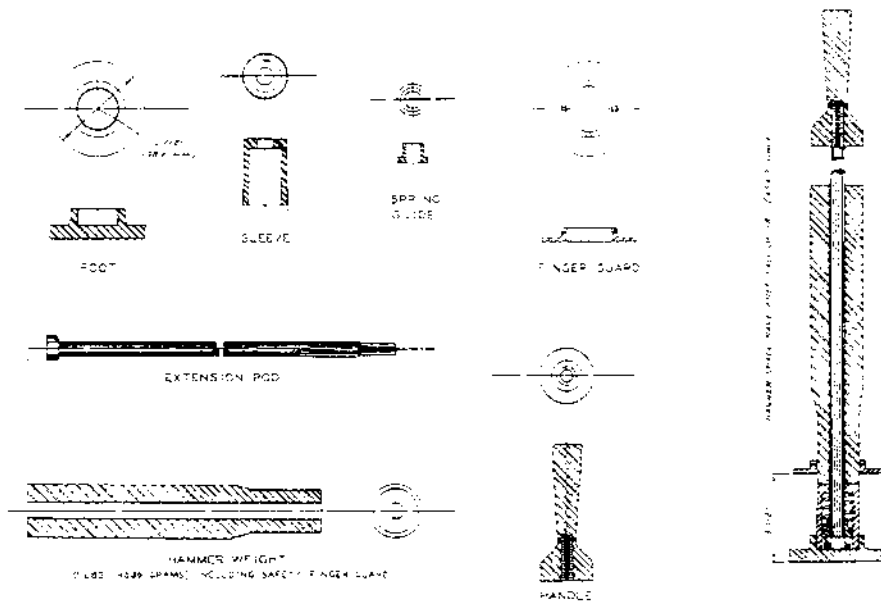
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



جدول معادنها برای شکلهای ۳ و ۱

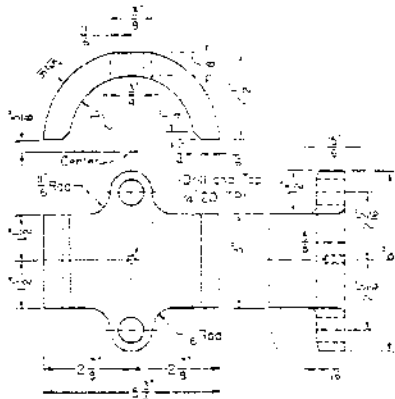
معادل متریک میلی متر	سیستم اینچ - پوند اینچ	معادل متریک میلی متر	سیستم اینچ - پوند اینچ	معادل متریک میلی متر	سیستم اینچ - پوند اینچ	معادل متریک میلی متر	سیستم اینچ - پوند اینچ
۱۰۴/۸	$\frac{4\frac{1}{8}}$	۵۸/۷	$\frac{2\frac{5}{16}}$	۱۷/۵	$\frac{11}{16}$	۰/۱۱	$\frac{0}{1005}$
۱۰۸/۷	$\frac{4\frac{9}{32}}$	۶۳/۵	$\frac{2\frac{1}{2}}$	۱۹/۰	$\frac{3}{8}$	۰/۸	$\frac{1}{32}$
۱۰۹/۱	$\frac{4\frac{19}{64}}$	۶۹/۸	$\frac{2\frac{3}{4}}$	۲۲/۲	$\frac{7}{8}$	۱/۶	$\frac{1}{16}$
۱۱۴/۳	$\frac{4\frac{1}{2}}$	۷۳/۰	$\frac{2\frac{7}{8}}$	۲۳/۸	$\frac{15}{16}$	۳/۲	$\frac{1}{8}$
۱۱۷/۵	$\frac{4\frac{5}{8}}$	۷۶/۲	۳	۲۵/۴	۱	۴/۸	$\frac{2}{16}$
۱۲۰/۶	$\frac{4\frac{3}{4}}$	۸۲/۶	$\frac{3\frac{1}{4}}$	۲۸/۶	$\frac{17}{8}$	۶/۴	$\frac{1}{4}$
۱۲۸/۶	$\frac{5\frac{1}{16}}$	۸۷/۳	$\frac{3\frac{7}{16}}$	۳۱/۸	$\frac{11}{4}$	۷/۱	$\frac{9}{32}$
۱۳۰/۲	$\frac{5\frac{1}{8}}$	۹۸/۴	$\frac{3\frac{7}{8}}$	۳۴/۹	$\frac{13}{8}$	۹/۵	$\frac{3}{8}$
۱۴۶/۰	$\frac{5\frac{3}{4}}$	۱۰۱/۲	$\frac{3\frac{63}{64}}$	۳۸/۱	$\frac{11}{2}$	۱۲/۶	۰/۴۹۶
۱۵۲/۴	۶	۱۰۱/۳۵	۳/۹۹۰	۴۱/۳	$\frac{15}{8}$	۱۲/۶۷	۰/۴۹۹
۱۵۸/۸	$\frac{6\frac{1}{4}}$	۱۰۱/۴۷	۳/۹۹۵	۴۴/۴	$\frac{13}{4}$	۱۲/۷	$\frac{1}{2}$
۱۹۳/۷	$\frac{7\frac{5}{8}}$	۱۰۱/۶	۴	۵۰/۸	۲	۱۴/۳	$\frac{9}{16}$
۶۸۵/۸	۲۵	۱۰۱/۷۳	۴/۰۰۵	۵۷/۲	$\frac{21}{4}$	۱۵/۹	$\frac{5}{8}$

شکل یک - قالب تراکم

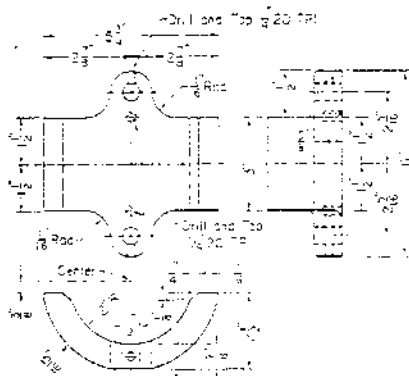


شکل ۲- چکش تراکم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



TEST HEAD UPPER 1



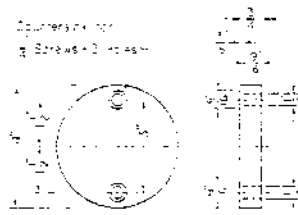
TEST HEAD LOWER 2



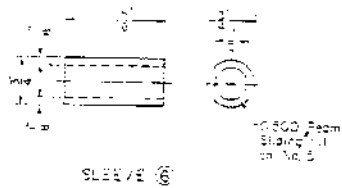
SLIDE POST 3



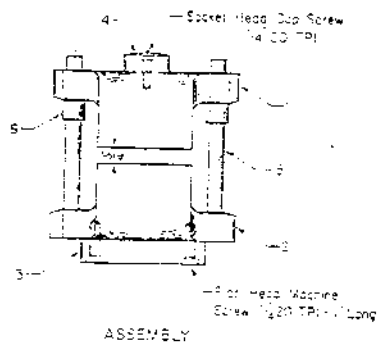
ADAPTER 4



BASE 5



SLEEVE 6

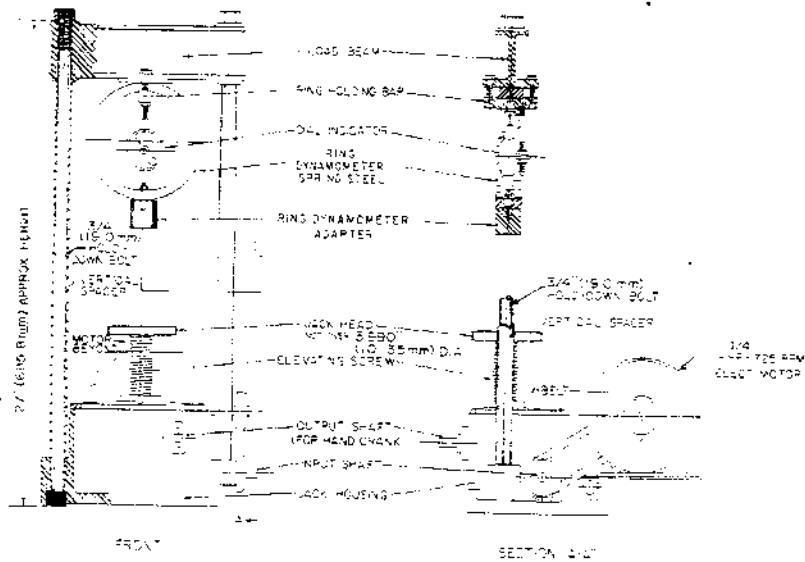


ASSEMBLY

(جدول معادل همان جدول مربوط به شکل یک است)

شکل ۳- فکهای شکست

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۲- دستگاه آزمایش فشاری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM: D1664-80

روش استاندارد آزمایش پوشش و عریان شدگی مخلوطهای قیر - مصالح سنگی

۱- هدف

۱-۱ این استاندارد، روشهای پوشش و غرقاب استاتیکی را برای تعیین ماندگاری قشرنازک قیربرروی سطح مصالح سنگی در حضور آب، تشریح می‌کند. این روش برای قیرهای محلول، امولسیون قیری و قیرهای نیمه جامد و قطران کاربرد دارد.

۲- مراجع مستند:

۲-۱ استانداردهای ASTM:

E11 مشخصات الکهای تورسیمی برای اهداف آزمایش

۳- خلاصه روش آزمایش:

۳-۱ مصالح سنگی آماده شده و منتخب با قیر دردمای معین متناسب با نوع قیر مورد استفاده پوشانیده می‌شود. در صورتیکه قیر محلول و قطران استفاده شود، مصالح سنگی پوشش داده شده در دوره عمل آوری بادمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) قرار می‌گیرند. در صورتیکه امولسیون قیری استفاده نشود، مصالح سنگی پوشش داده شده در دوره عمل آوری بادمای ۲۷۵ درجه فارنهایت (۱۳۵ درجه سانتیگراد) قرار می‌گیرند. بعد از پوشش در صورتیکه از قطران (گروههای RT-10, RT-11, RT-12) و قیر نیمه جامد و درحالی که از قیر محلول و امولسیون قیری و قطران (گروههای RT-1, RT-9, RT-5, RT-6, RTCB) استفاده شده باشد بعد از عمل آوری، مصالح سنگی پوشش داده شده، در آب مقطر به مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت غرقاب می‌شوند. در انتهای دوره اشباع و با مخلوط مصالح سنگی - قیر در زیر آب، مساحت کل مصالح سنگی که قشر نازک قیر روی آن باقی مانده به صورت چشمی بیش از، یا کمتر از ۹۵ درصد تخمین زده می‌شود.

توجه ۱- مقدار ۹۵ درصد انتخاب شده است، زیرا با آزمایش تعیین شده است که فقط در مقادیر پوشش حدود ۵ درصد کمتر نسبت به کل سطح می‌توان با تکرار آزمایش مجدداً تخمین چشمی در حد قابل قبول برای همان نمونه بدست آورد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱ این روش نباید در اندازه‌گیری عملکرد صحرائی مورد استفاده قرار گیرد، زیرا چنین ارتباطی مشخص شده است.

۴-۲ این روش به عنوان آزمایشی در نزدیکی مقدار ۹۵ درصد پیشنهاد شده است زیرا دقت آن برای کاربرد در مقادیر پائین تر رضایت بخش نیست. نباید برای ارزیابی قشر باقیمانده کمتر از مقدار ۹۵ درصد سعی شود. این محدودیت این روش بوده و در پی آن نیست که روشی را برای مخلوط مصالح سنگی - قیر که پوشش کمتر از ۹۵ درصد دارند و با این روش آزمایشگاهی نتیجه رضایت بخشی در محل نمی‌دهند - پیشنهاد کند.

توجه ۲: آزمایش عربان شدگی روش اثر نمک و روش پرتونگاری شعنه را بکار می‌برد، که ارزیابی قشر نازک پائین تر از ۹۵ درصد را فراهم می‌کند. این بیان فقط جهت اطلاع در گزارش کمیته D-4 در سال ۱۹۶۳ منتشر شده است. گزارش آماری کارهای انجام شده برای اطلاع از این روش در اداره مرکزی ASTM قابل دسترسی است.

۵- وسایل

۵-۱ ظروف - برای مخلوط کردن که دارای گوشه‌های گرد شده بوده مانند ظروف قلعی بدون درز با ظرفیت ۱۶ اونس (۵۰۰ میلی‌لیتر).

۵-۲ ترازوها - با ظرفیت ۲۰۰ گرم و دقت ۰/۱ گرم

۵-۳ کاردک - از جنس فولاد با تیغه سخت به پهنای تقریبی یک اینچ (۲۵ میلی‌متر) و طول ۴ اینچ (۱۰۰ میلی‌متر)

۵-۴ گرمخانه بادمای ثابت - قدر به نگهداری هردمای بین ۱۴۰ تا ۳۰۰ درجه فارنهایت (۶۰ تا ۱۴۹ درجه سانتیگراد) با رواداری ± 2 درجه فارنهایت ($\pm 1/1$ درج سانتیگراد).

۵-۵ الکها - استاندارد تور یافته، شبکه‌های مربعی به اندازه $\frac{1}{4}$ اینچ (۶/۳ میلی‌متر) و $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) بر طبق مشخصات E11.

۶- مواد

۶-۱ مصالح سنگی - مصالح سنگی راه بصورت صد درصد رده شده از الک $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) و مانده روی الک $\frac{1}{4}$ اینچ (۶/۳ میلی‌متر) آماده کنید برای آزمایش پوشش خشک مصالح سنگی باید برای جدا شدن هم - ریزدانه‌ها، با آب مقطر شسته شوند. دردمای ۲۷۵ تا ۳۰۰ درجه فارنهایت (۱۳۵ تا ۱۴۹ درجه سانتیگراد)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تاریخ رسیدن به وزن ثابت خشک گردیده و در ظروف غیرقابل نفوذ هوا تا زمان استفاده نگهداری شوند. مصالح سنگی که باید در آزمایش پوشش مرطوب استفاده شوند، بخش (۸-۳) باید با آب مقطر تشریح شده در بخش ۴ آزمایش وزن مخصوص و جذب آب مصالح سنگی درشت دانه به شرایط اشباع خشک رسانده شوند. (AASHTO:T85)

۶-۲ آب مقطر: در صورت لزوم آب رادویاره بجهوشانید یا دوباره تقطیر کنید به طوری که PH آن ۶ تا ۷ باشد. برای تصحیح PH از هیچ نوع الکترولیتی استفاده نکنید.

۶-۳ قیر: وقتی بررسی و ارزیابی غیرمورد نظراست از مصالحی که از نوع، گروه و منبع مورد نظر برای انجام پروژه است، استفاده کنید. (بند ۷-۱ را ببینید) اگر افزودنیهای شیمیایی مورد نظر باشد به مقدار معین به قیر اضافه کرده و قبل از انجام آزمایش کاملاً مخلوط کنید.

۷- استانداردهای مرجع:

۷-۱ مصالح مرجع: از مصالح سنگی مرجع با عملکرد محلی شناخته شده برای ارزیابی مقاومت در برابر جریان شدگی از قیر استفاده کنید.

۷-۲ قیر مرجع: از قیر مرجع با عملکرد محلی شناخته شده برای ارزیابی مقاومت در برابر جریان شدگی از مصالح سنگی استفاده کنید.

توجه ۳: در کاربرد صحرائی قیر و مصالح سنگی استفاده شده در پروژه ممکن است بدون استفاده از استانداردهای مرجع آزمایش شوند. مصالح سنگی طبق بند ۶-۱ برای آمایش دانه بندی و آماده می شوند.

۸- روش آزمایش:

۸-۱ برای مصالح سنگی خشک پوشش داده شده با قیر محلول و قطران (گروههای RT-1 تا RT-9 حاوی RTCB-5 و RTCB-6)

۸-۱-۱ پوشش دادن: از مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در دمای اتاق به اندازه 100 ± 1 گرم توزین و در داخل ظرف مخلوط کردن بریزید. مواد قیری به مقدار $5/5 \pm 0/2$ گرم که در صورت لزوم برای رسیدن به دمای مورد نظر که در جدول یک آمده بسته به گروه قیر دوباره گرم شده اند. اضافه کنید. مصالح سنگی و مواد قیری را با یک کاردک به مدت ۲ دقیقه به شدت مخلوط کنید.

توجه ۴- برای قیرهای محلول گروههای ۲۵۰ و ۸۰۰ و ۳۰۰۰ مواد داخل ظرف ممکن است بر روی صفحه داغ در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ضمن مخلوط کردن برای اینکه مخلوط کردن موثر باشد گرم شوند، لیکن نباید دما بیش از محدوده دمایی در جدول یک بالاتر رود.

۸-۱-۲ عمل آوری: مصالح سنگی پوشش داده شده رادرفظ اصلی به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) در گرمخانه، بعمل آورید. در طی مرحله عمل آوری قسمت هواکش گرمخانه باید باز باشد. بعد از عمل آوری در حالیکه مخلوط در دمای اتاق سرد می شود، با کاردک دوباره مخلوط کنید تا وقتی که چکه کردن از قیر از مصالح سنگی متوقف شود. بعد از دوباره مخلوط کردن پوشش دادن باید کامل شود، به این صورت که هیچ نقطه عریانی قابل قبول نمی باشد.

۸-۱-۳ غرقاب: مصالح سنگی پوشش داده شده را به ظرف شیشه ای ۶۰۰ میلی لیتری منتقل کنید و سریعاً با ۴۰۰ میلی لیتر آب مقطر در دمای اتاق [تقریباً ۷۷ درجه فارنهایت ۲۵ درجه سانتیگراد] بپوشانید. اجازه دهید مصالح سنگی پوشش داده شده به مدت ۱۶ تا ۱۸ ساعت غرق در آب باقی بمانند.

۸-۱-۴ تخمین چشمی سطح پوشیده شده در آزمایش عریان شدگی: بدون ایجاد اغتشاش و بهم خوردگی در مصالح سنگی پوشش داده شده، هر قشر نازک شناور در سطح آب را بردارید. نمونه را با یک لامپ حباب دار روشن کنید. با یک لامپ الکتریکی ۷۵ وات طوری تنظیم کنید که درخشندگی سطح آب محوشود. بانگاه کردن از میان آب از بالا در صد کل سطح قابل رؤیت مصالح سنگی که پوشش روی آن باقی مانده به صورت بالاییاریز ۹۵ درصد تخمین بزنید. هر سطح قهوه ای روشن مات به عنوان پوشش کامل در نظر گرفته می شود.

۸-۲ برای مصالح سنگی خشک پوشیده شده با امولسیونهای قیری از نوع SS, US, RS :

۸-۲-۱ پوشش دادن: از مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه به مقدار 1 ± 100 گرم توزین و در داخل ظرف مخلوط کردن بریزید. مقدار $2 \pm 8/0$ گرم، امولسیون قیری اضافه کنید. مصالح سنگی و امولسیون قیری را به شدت در دمای اتاق با یک کاردک مخلوط کنید تا همه مصالح سنگی پوشیده شوند. زمان مخلوط کردن نباید بیش از ۵ دقیقه باشد.

۸-۲-۲ عمل آوری: مصالح سنگی پوشش داده شده را مطابق آنچه در بند ۸-۱-۲ تشریح شد در گرمخانه عمل آورید، با این تفاوت که دمای گرمخانه باید ۲۷۵ درجه فارنهایت (۱۳۵ درجه سانتیگراد) باشد.

۸-۲-۳ غرقاب و تخمین چشمی: روش مطابق آنچه در بندهای ۸-۱-۳ و ۸-۱-۴ تشریح گردیده، می باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۳ برای مصالح سنگی پوشش داده شده با قیر محلول و قطران (گروههای RT-1 تا RT-9 حاوی RTCB-5 و RTCB-6)

۸-۳-۱ پوشش دادن: از مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در دمای اتاق به مقدار 1 ± 100 گرم توزین کرده و به ظرف مخلوط کردن بریزند. به مقدار ۲ میلی لیتر آب مقطر اضافه کرده و بایک کاردک کاملاً مخلوط کنید تا مصالح سنگی به صورت یکنواخت مرطوب شود. به مقدار 0.5 ± 0.5 گرم مواد قیری که در صورت لزوم برای رسیدن به دمای مورد نظر جدول یک، بسته به گروه قیر دوباره گرم شده اند، اضافه کنید. بایک کاردک بشدت مخلوط کنید تا همه مصالح سنگی پوشیده شوند اما این زمان نباید بیش از ۵ دقیقه باشد.

۸-۳-۲ تخمین چشمی سطح پوشش یافته در آزمایش پوشش دادن مصالح سنگی مرطوب: با مشاهده درصد کل سطح قابل رؤیت پوشیده شده مصالح سنگی، میزان پوشش را به صورت بالا یا زیر ۹۵٪ تخمین بزنید. هر سطح قهوه‌ای روشن مانع باید به عنوان پوشش کامل در نظر گرفته شود.

توجه ۵: اگر حداقل ۹۵ درصد سطح مصالح سنگی پوشیده باشد مراحل عمل آوری، غرقاب و ارزیابی تشریح شده در بندهای ۸-۱ تا ۸-۳-۱ تا ۸-۳-۴ ممکن است برای نتیجه‌گیری از آزمایش انجام شوند.

۸-۴ برای مصالح سنگی خشک پوشش داده شده با قیرهای نیمه جامد و قطران (گروههای RT10، RT11، RT12):

۸-۴-۱ پوشش دادن: به مقدار 1 ± 100 گرم از مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه، وزن کرده و به داخل ظرف مخلوط کردن بریزند. وقتی آزمایش با قیرها انجام می‌شود، ظرف شامل مصالح سنگی را در گرمخانه بادمای ثابت 275 ± 30 درجه فارنهایت (135 ± 149 درجه سانتیگراد) به مدت یک ساعت قرار دهید. قیر را جداگانه تا دمای 275 ± 30 درجه فارنهایت (135 ± 149 درجه سانتیگراد) حرارت دهید. وقتی آزمایش با قطران انجام می‌شود، مصالح سنگی را تا دمای 175 ± 225 درجه فارنهایت (79 ± 107 درجه سانتیگراد) و قطران را جداگانه تا دمای 200 ± 25 درجه فارنهایت (93 ± 121 درجه سانتیگراد) گرم کنید. از یک ورق کاغذ آزیستی یا دیگر مواد عایق برای به تاخیر انداختن سرد شدن بر روی ترازو استفاده کرده و مقدار 0.5 ± 0.5 گرم قیر گرم شده به مصالح

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

سنگی داغ اضافه کنید.

تیغه کاردک را گرم کرده و با آن شدیداً به مدت ۲ الی ۳ دقیقه یا تا زمانی که مصالح سنگی کاملاً پوشش داده شوند، مخلوط کنید و اجازه دهید دمای ظرف به طور طبیعی در ضمن مخلوط کردن پائین بیاید. بعد از پوشش دادن، اجازه دهید مخلوط تا دمای اتاق سرد شود. (توجه های ۶ و ۷ و ۸)

توجه ۶: پوشش قیری روی مصالح سنگی باید کامل باشد. به این معنی که هیچ نقطه عریانی قابل قبول نیست. اگر پوشش کامل در مراحل تشریح شده بدست نیامد، ظرف مخلوط کردن را به آرامی بر روی صفحه داغ گرم کرده و مخلوط کردن را تا پوشش کامل ادامه دهید.

توجه ۷: در حالتی که قیر به قدری روان است که از مصالح سنگی ریخته و پوشش نازکی حاصل می دهد مخلوط کردن را در حالیکه مخلوط سرد می شود ادامه دهید تا مخلوط چسبناک شود.

توجه ۸: آزمایش با قیر نیمه جامد و قطران (گروه های) فقط با مصالح سنگی خشک انجام شده و عمل آوری ندارد. ۸-۴-۲ غرقاب و تخمین چشمی: مراحل تشریح شده در بند های ۸-۱-۳ تا ۸-۱-۴ را انجام دهید.

۹- گزارش:

۹-۱ سطح پوشیده شده تخمین زده را به صورت «بالای ۹۵ درصد» یا «زیر ۹۵ درصد» گزارش کنید.

۱۰- صحت و دقت

۱۰-۱ این روش که نیاز به ارزیابی نظری نتایج آزمایش دارد و فقط به دو حالت ممکن گزارش می شود و تمایل به بهره گیری از آزمون آماری متداول ندارد. در حال حاضر هیچ محدوده دقت و صحتی برای این روش وجود ندارد و برنامه ای در این راستا طراحی نشده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک: دمای قیر برای مخلوط کردن

مواد	دما بر حسب درجه فارنهایت (درجه سانتیگراد)
قیر محلول، گروههای ۷۰ و ۳۰	دمای اتاق
قیر محلول، گروه ۲۵۰	95 ± 5 (35 ± 3)
قیر محلول، گروه ۸۰۰	125 ± 5 (52 ± 3)
قیر محلول، گروه ۳۰۰۰	155 ± 5 (68 ± 3)
قصران گروههای RT-3, RT-2, RT-1	140 ± 5 (60 ± 3)
قصران گروههای RTCB-6, RTCB-5	140 ± 5 (60 ± 3)
قصران گروههای RT-6, RT-5, RT-4	160 ± 5 (71 ± 3)
قصران گروههای RT-9, RT-8, RT-7	200 ± 5 (93 ± 3)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

آزمایش اشترخزارت و هوا بر مواد قیری (TFOT)

بسمه روش

ASTM - D 1754

Standard Test Method For Effect Of Heat And Air On Asphalt Material

(Thin - Film - Oven - Test)

۱- هدف

۱-۱- این آزمایش اشترخزارت و هوا را بر لایه ای از مواد قیری نیمه جامد مورد بررسی قرار می دهد.

اشارات این عمل با اندازه گیری خواص قیری و تغییرات و بعداً آزمایش معلوم می شود.

۱-۲- مقادیر واحدها بر حسب اینچ - پانددرا این روش استاندارد شده است.

۱-۳- در این استاندارد ممکن است با مواد، وسایل و عملیات زیان آوری مواجه شوید که تمامی

نکات ایمنی در آن مطرح نشده باشد. بنا بر این هر فردی که این روش استاندارد را بکار

می برد مسئولیت دارد که در این مورد بررسی و اقدامات ایمنی و بهداشتی مناسب را رعایت

نموده، محدودیت های کاربرد آنرا در نظر بگیرد.

۲- مدارک و مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM

D5 - روش آزمایش درجه نفوذ مواد قیری

D113 - روش آزمایش کشش مواد قیری

D2170 - روش آزمایش ویسکوزیته مواد قیری

D2171 - روش آزمایش ویسکوزیته مواد قیری در حلال

E1 - مشخصات ترمومترهای ASTM

E145 - مشخصات گرمخانه‌ها

۳- خلاصه روش آزمایش

۱-۳- لایه نازکی از قیر در داخل گرمخانه (Oven) برای مدت ۵ ساعت در 163°C (325°F)

حرارت داده می‌شود تا شیر حرارت و هوا از تغییراتی که در خواص فیزیکی قیر قبل و بعد از عمل در گرمخانه اتفاق می‌افتد تعیین می‌گردد، همچنین این آزمایش یک روش اختیاری برای تعیین تغییرات وزن نمونه نیز می‌باشد.

۲-۳- در این استاندارد برای ویسکوزیته، تغییرات ویسکوزیته، تغییرات درجه نفوذ و تغییرات وزن، معیار دقت مشخص شده است.

۴- مشخصات و موارد کاربرد

۱-۴- در این روش تغییرات تقریبی خواص قیر در مدت عمل آوردن مخلوط آسفالتی گرم، در حرارت حدود 150°C (302°F) که بوسیله اندازه‌گیری ویسکوزیته، درجه نفوذ یا کشش انجام می‌شود، شرح داده شده است. خصوصیات مانده قیرافت حرارتی (150°C)، بپاشی تقریب مشابه قیر مصرفی در داده می‌باشد. چنانچه تفاوت درجه حرارت مخلوط خیلی بیشتر یا کمتر از 150°C باشد، تاثیر قابل ملاحظه‌ای در خواص قیر خواهد داشت.

۵- وسایل آزمایش

۱-۵- گرمخانه الکتریکی (Oven) مشخصات گرمخانه الکتریکی با پستی با استاندارد ASTM E145 نوع IB (باتهویه) مطابقت داشته باشد. دستگاه با پستی قادر باشد درجه حرارت را برای انجام آزمایشات تا 180°C طبق مشخصات E145 تامین نماید. گرمخانه لازم است دارای

صفحه‌ای باشد که بنظر مناسب در مرکز قرار گرفته و دارای حرکت دورانی باشد. نرخ آن درینند
۵-۱-۲ درج شده است.

۵-۱-۱-۱-۱ ساختمان گرمخانه - گرمخانه بتکامل چها رگوشی است قائم الزاویه که حداقل ابعاد داخلی هر سمت آن ۳۳° میلی متری باشد. درب گرمخانه باید محکم بوده و خوب کیپ شود. در جلوی گرمخانه پنجره‌ای شفاف به اندازه یلندی و پهنای داخل گرمخانه تعبیه شده است. درب جلوی گرمخانه ممکن است دارای پنجره‌ای به ابعاد حداقل ۱۰۰×۱۰۰ سانتی متر (۴×۴ اینچ) با دو صفحه شیشه‌ای باشد که بوسیله هوا از هم جدا شده اند. یک ترمو ترنویسور ته و دی باشد مشتمل بر بند ۱-۶ در داخل گرمخانه نصب شده تا درجه حرارت بدون باز کردن درب قابل رویت باشد. ویادریهای گرمخانه طوری طراحی می شود که درب داخلی آن شیشه‌ای باشد و ترمومتر آن موقعی مشاهده گردد که درب بیرونی آن باز شود. داخل گرمخانه باید بطور کامل بوسیله انتقال جریان هوا تهویه شود. برای این منظور دریچه هائی برای ورود هوا و خروج هوای گرم و بخارات طبق مشخصات ASTM E147 نوع IB در نظر گرفته شده است.

۵-۱-۱-۱-۲ صفحه دوار - گرمخانه باید مجهز به صفحه فلزی یا حداقل قطر ۲۵° میلی متر ($۹/۸$ اینچ) باشد (یا دآوری - ۱).

ساختمان صفحه دوار بصورتی است که سطح پهن آن برای نگهداری ظروف نمونه ها مناسب بوده و وقتی ظروف نمونه ها روی صفحه قرار داشته باشند مانعتی برای جریان هوا ایجاد نشود. صفحه دوار بصورت افقی به وسیله یک میله عمودی که به مرکز آن متصل است آویزان است و در وسط گرمخانه مستقر می شود. این صفحه بوسیله یک دستگاه مکانیکی با سرعت $(\pm ۵/۵ \text{ RPM})$ دور در دقیقه دوران می کند. استقرار آنها سنج طبق مفاد بند (۱-۷) انجام می گردد.

یادآوری - ۱- حداقل اندازه گرمخانه بگونه ای است که در ظرف نمونه در آن جایی گیرد یک گرمخانه بزرگتر یا صفحه مرکزی بزرگتر که به توان تعداد بیشتری ظرف نمونه آزمایش را روی آن جا داد، مشروط بر آنکه طبق مشخصات E145 نوع IR باشد، با صرفه تر و مفیدتر است. تحت هیچ

شرایطی گرمخانه نباید بیشتر از یک صفحه دوار داشته باشد.

۲-۵- دماسنج - دماسنج افت حرارتی ASTM با تقسیمات ۱۵۵ تا ۱۷۰ درجه سانتی گراد طبق

مشخصات دماسنج های C ۱۳ و شرح ASTM E1 برای این منظور مناسب است.

۳-۵- ظرف نمونه - ظرفی که دارای ۱۴۰ میلی متر قطر داخلی و ۹/۵ میلی متر عمق بوده و سطح

کف آن صاف باشد برای این آزمایش مناسب است. مشروط بر آنکه وقتی ۵۰ میلی متر

از نمونه در این ظرف ریخته شود، تشریح به ضخامت ۳/۲ میلی متر در آن ایجاد گردد. این

ظرف از فلز آلومینیوم یا از فولاد ضد زنگ ساخته می شود. ضخامت ظروف آلومینیومی حدوداً "

۰/۷۶ میلی متر و ضخامت ظروف فولادی حدوداً ۰/۶۴ میلی متر می باشد.

یا دآوری - ۲ - ظروف آزمایش در اثر تکرار استفاده تاب برداشته یا خمیده می شوند. گرچه آزمایشات

نشان داده است که مقدار کم خمیدگی بر روی نتایج ناشیری ندارد، ولی مصلحت در آن است که

پس از بازرسی ظروف تاب دار و کج شده یا صدمه دیده را از زرد خارج کرد. ضخامت ظرف

فلزی غلیظ و وزن کم، دارای استحکام کافی می باشد. ظروف فولادی ساخته شده از فولاد ننگ

نزن شماره ۲۴ با ضخامت توصیه شده، برای این آزمایش مناسب است. ضمن اینکه

ظروف ساخته شده از فولاد ننگ نزن شماره ۲۶ نیز قابل قبول می باشد ولی امکان دارد در حین

استفاده تاب بردارد. لازم به تذکر است در هیچ حالتی ضخامت فلز نباید کمتر از ۰۱۵ میلی

۰/۳۸ میلی متر) باشد.

آماده کردن نمونه ها

۱- مقدار کافی از نمونه مورد آزمایش را در ظرف مناسبی حرارت دهید تا به حالت روان درآید.

باید دقت گردد که حرارت زیادی به یک منطقه قیر نشده نشود. حداکثر درجه حرارت نمونه

نبایستی بیشتر از ۱۵۰°C (۳۰۲°F) باشد. نمونه را با یک دماسنج معمولی در طول مدت

گرم کردن هم بزنید و مراقب باشید داخل نمونه ها حباب هوا ایجاد نشود.

مقدار $50/5 \pm 0/5$ گرم از نمونه را داخل هر کدام از دو ظرف (یا بیشتر) که دارای مشخصات عنوان شده در بند (۳-۵) است، بریزید.

۲-۶- در همان زمان قسمتی از نمونه را داخل ظروف مخصوص برای اندازه گیری خواص قیر اصلی بریزید و آزمایشات را بر اساس روش های ASTM انجام دهید.

۲-۶- اگر تعیین مقدار افت حرارتی مورد لزوم باشد، نمونه ها را تا درجه حرارت اتاق سرد کرده سپس وزن هر نمونه را جداگانه با تقریب $0/001$ گرم وزن کنید. اگر تعیین افت نمونه هم ضروری نباشد، قبل از اینکه نمونه ها را داخل گرمخانه ای که در بند (۲-۷) شرح داده شده قرار دهید، لازم است نمونه ها را تا درجه حرارت اتاق سرد کنید.

۷- روش کار

۷-۱- گرمخانه باید کاملاً ترازی باشد بطوریکه صفحه دوار بصورت افقی قرار گرفته و حداکثر شیب در هنگام چرخیدن نباید بیشتر از 3° درجه از سطح افق باشد. بوسیله یک دماسنج (بند ۲-۵) که بطور عمودی در مقابل میله دوار در محلی که بطور مساوی از مرکز و سایر قسمت ها قرار دارد، درجه حرارت گرمخانه تعیین می شود. انتهای دماسنج باید $6/4$ میلی متر ($\frac{1}{4}$ اینچ) بالاتر از صفحه قرار گیرد.

۷-۲- در حالتی که حرارت گرمخانه 163 ± 1 درجه سانتی گراد ($325 \pm 2F$) است، ظروف حاوی نمونه ها را سریعاً "روی صفحه دوار قرار دهید. سپس درب گرمخانه را بسته و صفحه دوار را به حرکت در آورید (با دآوری) درجه حرارت گرمخانه را برای مدت ۵ ساعت بعد از قرار دادن نمونه ثابت نگهدارید. وقتی زمان ۵ ساعت شروع می شود که درجه حرارت گرمخانه بنسبه 162 درجه سانتی گراد رسیده باشد و در هیچ حالت کلی زمانی که نمونه ها در گرمخانه قرار دارند نباید بیشتر از $\frac{1}{4}$ ساعت باشد. پس از پایان مدت حرارت دادن، نمونه ها را از گرمخانه خارج کنید. اگر اندازه گیری افت وزنی مورد نظر نباشد، بر اساس بند (۷-۴) عمل

کنید. واگر اندازه گیری تغییرات وزنی مورد لزوم است، نمونه ها را در درجه حرارت اتساق سرد کرده و با دقت 0.001 گرم وزن کنید و کاهش وزن را برای هر نمونه موجود در ظرف آزمایش محاسبه نمایید (یادآوری ۴)

یادآوری ۳- تحت هیچ شرایط نمونه های مرادقبری مختلف (دارای درجه نفوذ متفاوت) را هم زمان با هم جهت آزمایش در گرمخانه قرار ندهید.

یادآوری ۴- اگر تمامی آزمایشات یک روز قابل انجام نباشد، واگر تعیین افت وزنی ضروری است کلیه نمونه ها را وزن کرده و قبل از حرارت دادن مجدد میگناریدیک شب بماند. چنانچه تعیین افت حرارتی مورد نظر نیست، نمونه ها را قبل از اینکه یک شب بماند به ظرف آزمایش ۸ انس (۵/۲۲ یا ۸ oz) که شرح آن در بند ۷-۴ آمده منتقل کنید.

۳-۷- بعد از توزیع نمونه ها، آنها را روی صفحه دوار گرمخانه در درجه حرارت 163 درجه سانتی گراد (325°F) قرار دهید. درب گرمخانه را بسته و مدت ۱۵ دقیقه دوران نمونه ها ادامه یابد. سپس نمونه ها را از گرمخانه خارج و فوراً "بر اساس شرح بند ۷-۴ عمل کنید.

۴-۷- مواد قیری هر ظرف آزمایش را در ظرف دیگری به حجم ۸ انس (۸ oz یا ۵/۲۲) منتقل و سپس بوسیله یک اسپاچول یا کاردک تمام مواد قیری باقیمانده را از ظرف آزمایش خارج کرده و کاملاً نمونه را هم بزنید و در صورت لزوم ظرف ۸ انس را روی اجاق الکتریکی (Hotplate) گرم قرار دهید تا محتویات ظرف در صورت لزوم بصورت روان درآید. تمامی آزمایشات مورد نظر روی مانده قیر طبق روش های ASTM با بستی در مدت ۷۲ ساعت انجام شود.

یادآوری ۵- گرم کردن مجدد نمونه ها، نتایج آزمایشات را تغییر می دهد. بنابراین نباید بیشتر

از یکبار نمونه را حرارت داد.

۸- گزارش

۱-۸ نتایج آزمایشات انجام شده بر روی قیر اصلی طبق بند ۲-۶ و نتایج آزمایشات بر روی نمونه‌های مانده از آفت حرارتی بر اساس بند ۴-۷ را گزارش نمایید. تغییراتی که ویسکوزیته را می‌توان بصورت نسبت ویسکوزیته قیر باقی مانده از آفت به ویسکوزیته قیر اصلی نشان داد، همچنین تغییرات درجه نفوذ بصورت نسبت درم درجه نفوذ قیر بعد از آفت حرارتی به درجه نفوذ اولیه قیر ارزیابی می‌گردد.

۲-۸ مقدار کشش و سایر نتایج آزمایشات که بر اساس روش ASTM انجام شده است در گزارش قید گردد.

۳-۸ میانگین تغییرات وزن (آفت وزنی) دو نمونه مورد آزمایش را با توجه به مقدار اولیه بر حسب درصد گزارش نمایید.

۹- دقت و خطا

۱-۹ معیار قضاوت برای قابل قبول بودن نتایج آزمایش ویسکوزیته در 60°C (140°F) و 135°C (275°F)، نسبت ویسکوزیته در 60°C (140°F)، تغییرات درجه نفوذ در 25°C (77°F) و نتایج آزمایشات تغییرات وزنی بدست آمده طبق این روش در جدول شماره (۱) درج شده است. اعداد مندرج در ستون دوم جدول، مربوط به انحراف معیار میباشند که برای آزمایشات ستون یک اختصاص یافته. اعداد مندرج در ستون سوم جدول بیانگر محدوده ارقامی است که اختلاف بین دو آزمایش نباید از آن تجاوز کند. ارقام مندرج در ستون چهارم ضریب تغییرات است که برای موارد و شرایط آزمایشات ستون یک اختصاص دارند. اعداد مندرج در ستون پنجم بیانگر محدوده‌ای است که اختلاف نتایج بین دو آزمایش نباید از آن تجاوز کند و بر حسب درم متوسط آنها بیان شده است.

۲-۹ معیار قضاوت برای قابل قبول بودن نتایج کشش در 60°F ($15/6^{\circ}\text{C}$) در جدول شماره

یک داده شده است. نتیجه هر آزمایش متوسط اعداد سه کشش اندازه گیری شده در برها شد.

جدول - ۱ - دقت آزمایشات برای قیر باقیمانده از اخت حرارتی

مواد و نوع آزمایشات	انحراف معیار (IS)	محدوده قابل قبول بین دو نتیجه (D2S)	ضریب تغییرات در صدها با کپسول (IS%)	محدوده قابل قبول در صدها با کپسول (D2S%)
دقت یک آزمایش کننده:				
درصد نفوذمانده قیر	۱/۴۳	۴/۰	۰۰۰	۰۰۰
درصد تغییرات وزنی:				
کمتر از ۰/۴% حداکثر	۰/۰۱۴	۰/۰۴	۰۰۰	۰۰
بیشتر از ۰/۴%	۰۰۰	۰۰۰	۴/۹	۸/۰
ویسکوزیته در ۱۴°C (۶°C)	۰۰۰	۰۰۰	۴/۳	۹/۲
ویسکوزیته در ۲۷.۵°C (۱۳.۵°C)	۰۰۰	۰۰۰	۴/۰	۵/۷
نسبت: $\frac{\text{ویسکوزیته در } 60^{\circ}\text{C بعد از آزمایش}}{\text{ویسکوزیته در } 60^{\circ}\text{C قبل از آزمایش}}$	۰۰۰	۰۰۰	۵/۶	۱۶/۰
کشش در ۱۵/۶ cm	۷	۲۰		
دقت چند آزمایشگاه:				
درصد نفوذمانده قیر	۲/۹۰	۸/۰	۰۰۰	۰۰۰
درصد تغییرات وزن				
کمتر از ۰/۴% حداکثر	۰/۰۵۵	۰/۱۶	۰۰۰	۰۰۰
بیشتر از ۰/۴%	۰۰۰	۰۰۰	۱۴/۰	۴۰/۰
ویسکوزیته در ۶°C	۰۰۰	۰۰۰	۱۱/۶	۳۳/۰
ویسکوزیته در ۱۳.۵°C	۰۰۰	۰۰۰	۶/۴	۱۸/۰
نسبت: $\frac{\text{ویسکوزیته در } 60^{\circ}\text{C بعد از آزمایش}}{\text{ویسکوزیته در } 60^{\circ}\text{C قبل از آزمایش}}$	۰۰۰	۰۰۰	۹/۱	۲۶/۰
کشش در ۱۵/۶ cm	۱۲	۳۴		

استاندارد ASTM :D2041

روش استاندارد آزمایش تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوطهای آسفالتی G_{mm}

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش شامل تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری و دانسیته مخلوطهای آسفالتی متراکم نشده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد.

۱-۲ مقادیر بیان شده در سیستم SI به عنوان استاندارد می باشد.

۱-۳ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آن را مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱ استانداردهای ASTM

D979 دستورالعمل نمونه گیری از مخلوطهای آسفالتی

D4311 دستورالعمل تعیین تصحیح حجم قیر در دمای مبناء

E1 مشخصات دماسنج های استاندارد ASTM

E12 اصطلاحات فنی مربوط به دانسیته و وزن مخصوص جامدات، مایعات و گازها

۳- اصطلاحات فنی

۳-۱ عبارات وزن مخصوص و دانسیته که در این روش بکاررفته مطابق با اصطلاحات فنی استاندارد E12 می باشد.

۳-۲ تعاریف:

۳-۲-۱ دانسیته که در این روش آزمایش تعیین می شود - جرم یک متر مکعب مواد در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در سیستم واحد SI یا جرم یک فوت مکعب مواد در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در سیستم واحد پوند - اینچ می باشد.

۳-۲-۲ فشار باقیمانده که در این آزمایش استفاده می شود - فشار در ظرف خلاء وقتی که خلاء اعمال می شود.

۳-۲-۳ وزن مخصوص که در این آزمایش تعیین می شود - نسبت جرم معینی از ماده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به جرم آب هم حجم آن در همان دما می باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- خلاصه روش آزمایش

۴-۱ یک نمونه مخلوط آسفالتی خشک شده در گرمخانه و وزن شده، در شرایط سست در ظرف خلاء قرارداده میشود. آب کافی بادمای 25 ± 4 درجه سانتیگراد اضافه می شود تا نمونه را کاملاً غرقاب کند. خلاً بمدت ۵ الی ۱۵ دقیقه اعمال شده به تدریج کاهش می یابد که فشار باقی مانده در ظرف خلاء به ۳۰ میلیمتر جیوه یا کمتر برسد. در پایان دوره خلاء، خلاء به تدریج قطع می شود. حجم نمونه مخلوط آسفالتی با غوطه ور کردن ظرف خلاء حاوی نمونه در حمام آب (بند ۹-۵-۱) و وزن کردن و یا با پر کردن کامل ظرف خلاء با آب و وزن کردن در هوا (بند ۹-۵-۲) بدست می آید. به هنگام وزن کردن، دما باید به دقت جرم اندازه گیری شود. از جرم حجم اندازه گیری شده، وزن مخصوص یادانسته دردمای ۲۵ درجه سانتیگراد محاسبه می شود. اگر دمای انجام آزمایش بادمای ۲۵ درجه سانتیگراد اختلاف داشته باشد باید تصحیح اعمال شود.

۵- اهمیت و موارد کاربرد

۵-۱ حداکثر وزن مخصوص ها تئوری و دانسیته های مخلوطهای آسفالتی خواصی ذاتی هستند که مقادیر آنها تحت تاثیر ترکیب مخلوط نظیر نوع و مقدار مصالح سنگی و مواد قیری قرار دارند.

۵-۱-۱ حداکثر وزن مخصوص تئوری و دانسیته مخلوط آسفالتی برای محاسبه درصد فضای خالی در مخلوطهای آسفالتی متراکم شده استفاده می شود.

۵-۱-۲ حداکثر وزن مخصوص تئوری و دانسیته مخلوط آسفالتی مقادیر مورد نظر برای متراکم نمودن مخلوطهای روسازی رافراهم می نماید.

۵-۱-۳ حداکثر وزن مخصوص و تئوری و دانسیته مخلوط آسفالتی در محاسبه مقدار قیر جذب شده توسط منافذ داخلی غیر پیوسته ذرات مصالح سنگی، در مخلوط آسفالتی لازم می باشد.

۶- وسایل

۶-۱ ظرف خلاء:

۶-۱-۱ شش ظرف مختلف خلاء تشریح شده اند. هر یک از آنها باید پایداری لازم در خلاء کامل را داشته و به ملحقات و دیگر وسایل لازم که در آزمایش بکار می رود مجهز باشند.

۶-۱-۲ اندازه ظرف خلاء به حداقل اندازه لازم نمونه که در بند ۷-۲ آمده بستگی دارد. نمونه کم رادر ظرف بزرگ استفاده نکنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۱-۳ ظروف خلاء برای توزین در هوا و آب:

۶-۱-۳-۱ نوع A- کاسه فلزی یا پلاستیکی با ظرفیت ۲۰۰۰ میلی لیتر

۶-۱-۳-۲ نوع B- فلاسک فیلتردار یا دیواره نازک یا دسیکاتور خلاء با دیواره نازک با ظرفیت تقریبی ۲۰۰۰ میلی لیتر

۶-۱-۴ ظروف خلاء برای وزن نمودن فقط در هوا:

۶-۱-۴-۱ نوع C- فلاسک حجمی کوچک با ظرفیت تقریبی ۲۰۰۰ میلی لیتر

۶-۱-۴-۲ نوع D- پیکنومتر شیشه‌ای با دیواره ضخیم و اندازه متوسط با ظرفیت در حدود ۴۰۰۰ میلی لیتر

۶-۱-۴-۳ نوع E- پیکنومتر خلاء فلزی ۴۵۰۰ میلی لیتری با درپوش پلی متیل شفاف

۶-۱-۴-۴ نوع F- پیکنومتر پلاستیکی با اندازه بزرگ با ظرفیت حداقل ۱۰۰۰۰ میلی لیتر

توجه ۱: پلاستیک پلی کربنات وقتی که مطابق اصول ساخته شود، برای پیکنومتر پلاستیکی اندازه بزرگ (نوع F) ماده مناسبی است. آزمایشها نشان داده که این ماده تحت خلاء کامل در محدوده دمایی ۱۵ تا ۸۰ درجه سانتیگراد (۵۹ تا ۱۷۵ درجه فارنهایت) مقاوم خواهد بود.

۶-۲-۲ ترازو، با ظرفیت و دقت کافی به طوریکه بتواند وزن مخصوص نمونه‌های مخلوط آسفالتی متراکم نشده را با حداقل چهار رقم معنی دار محاسبه کرده بدین معنی که حداقل سه رقم بعد از اعشار باشد. برای روش کاسه (نوع A) ترازو باید به وسیله مناسبی جهت تعلیق مجهز بوده به طوریکه بتوان وقتی نمونه از مرکز صفحه ترازو معلق می‌باشد، آنرا وزن کرد.

۶-۳-۲ پمپ خلاء یا هواکش آبی، که قادر به مکش هوا از داخل ظرف خلاء بوده تا فشار باقی مانده ۳۰ میلی متر جیوه گردد
۶-۳-۱ وقتی از پمپ خلاء استفاده می‌شود، باید تله‌ای مناسب مشتمل بر یک یا چند فلاسک فیلتردار با ظرفیت ۱۰۰۰ میلی متر یا معادل آن بین ظرف خلاء و پمپ خلاء نصب کرد تا مقدار بخار آبی را که بداخل پمپ کشیده می‌شود، کاهش دهد.

۶-۴ فشار سنج فشار باقی مانده - که مستقیماً به ظرف خلاء وصل می‌شود و توانایی اندازه‌گیری فشار باقی مانده زیر ۳۰ میلی متر جیوه را دارد.

توجه ۲: فشار باقی مانده در ظرف خلاء اندازه‌گیری شده بر حسب میلی‌متر جیوه عبارتست از تفاوت ارتفاع جیوه در بازوی خلاء تورچلی از فشارسنج و ارتفاع جیوه در بازوی دیگر فشارسنج که به ظرف خلاء متصل شده است.

۶-۵ فشارسنج یا گیج خلاء: که برای اندازه‌گیری خلاء اعمالی منبع خلاء مناسب می‌باشد. عدد این فشارسنج لازم است که با عدد قرائت شده فشار باقی مانده از روی فشارسنجی که مستقیماً به ظرف خلاء متصل شده کنترل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

شود.

توجه ۳: بازوی خلاء فشار سنج توربچلی الزاما" یک یا چند حباب هوا می‌گیرد که در قرائت فشار باقی مانده خطا ایجاد می‌کند. با افزایش خلاء این خطا اغلب سریعا" با قرائت تفاوت بین دو اندازه‌گیری خلاء رفع می‌شود.

۶-۶ دماسنج‌ها - دماسنج‌های شیشه‌ای با مایع کالیبره شده و با محدوده تقسیمات مناسب و حداکثر خلای ۰/۵ درجه سانتیگراد (۰/۹ درجه فارنهایت) یا هر وسیله حرارت‌سنجی مناسب دیگر با دقت و حساسیت معادل باید استفاده شوند. دماسنجها باید مشخصات لازم در استاندارد E1 را دارا باشند.

۶-۷ حمام آب:

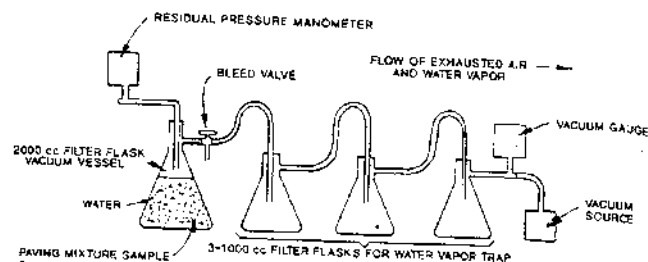
۶-۷-۱ برای ظروف نوع A یا B حمام آبی که بتواند دما را بین ۲۰ الی ۳۰ درجه سانتیگراد ثابت نگهدارد لازم است (ضمیمه را ببینید).

۶-۷-۲ وقتی روش وزن نمودن در آب استفاده می‌شود حمام آب باید امکان اشباع نمودن ظرف به حالت تعلیق و بدون هوا دادن به نمونه را دارا باشد.

۶-۸ شیر جریان: متصل به مجموعه خلاء که برای سهولت تنظیم خلاء اعمالی به ظرف خلاء استفاده می‌شود.

۶-۹ دستکش‌های حفاظتی: وقتی لوازم شیشه‌ای تحت خلاء جابجایی شوند، استفاده می‌شود.

توجه ۴: مثالی از ترتیب چیدن صحیح لوازم آزمایش در شکل یک نشان داده شده است.



شکل یک: مثالی از ترتیب چیدن صحیح وسایل آزمایش (توجه: هدف از سری فلاسک‌های کوچک به تله انداختن بخار آب از ظرف خلاء می‌باشد، در غیر اینصورت بخار آب به روغن پمپ خلاء داخل شده و توانایی پمپ برای ایجاد خلاء بالا را کاهش می‌دهد).

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷- نمونه گیری:

۱-۷ نمونه را مطابق روش های آزمایش ASTM: D9۷۹ بدست آورید:

اندازه نمونه باید مطابق با مشخصات زیر باشد. در مورد نمونه های بزرگتر از ظرفیت ظرف مسکن است بخشی از آنها در هر مرتبه آزمایش شوند.

حداقل مقدار نمونه بر حسب گرم	اندازه بزرگترین ذره مصالح سنگی در مخلوط بر حسب میلیمتر (اینچ)
۶۰۰۰	۵۰/۰ (۲)
۴۰۰۰	۳۷/۵ (۱ ۱/۴)
۲۵۰۰	۲۵/۰ (۱)
۲۰۰۰	۱۹/۰ (۳/۴)
۱۵۰۰	۱۲/۵ (۱/۲)
۱۰۰۰	۹/۵ (۳/۸)
۵۰۰	۴/۷۵ (شماره ۴)

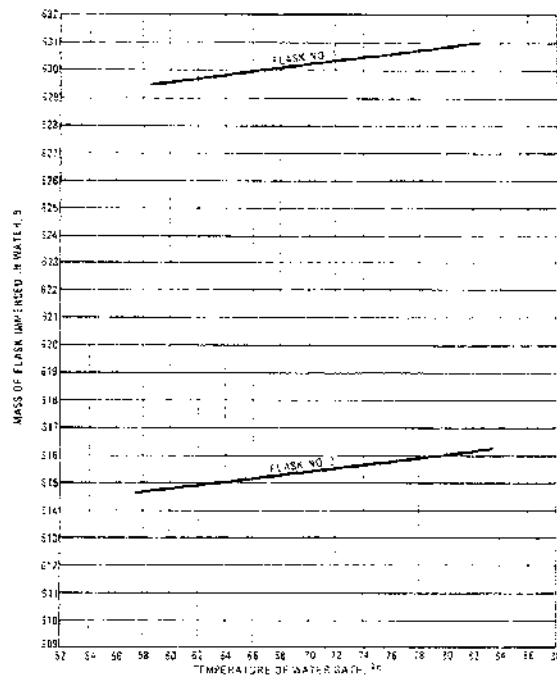
۸- کالیبراسیون فلاسک ها، کاسه ها و پیکنومترها

۸-۱ برای روش توزین در آب (بند ۹-۵-۱)، جرم ظروف خلاء نوع A یا نوع B باید برای دما کالیبره شود. کالیبراسیون با تعیین جرم غوطه ور هر یک از ظروف وقتی که در آب با دمای مشابه با دمای حمام آب به هنگام انجام آزمایش غوطه ور شده اند تعیین می گردد. شکل ۲

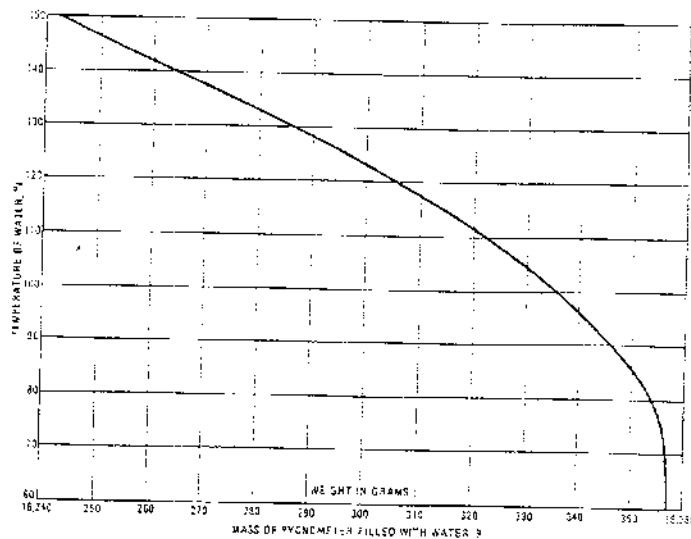
۸-۲ برای روش توزین در هوا (بند ۹-۵-۲)، ظروف نوع E, D, C یا F را با تعیین جرم ظرف وقتی که با دمای آب به هنگام آزمایش پر شده، کالیبره کنید (شکل ۳) وقتی در دمای 25 ± 0.5 درجه سانتیگراد کالیبره می شود این جرم بنام D خوانده می شود. برای اطمینان از پر شدن کامل ظرف می توان از یک صفحه شیشه ای استفاده کرد.

۸-۳ پیکنومتر پلاستیکی با اندازه بزرگ (نوع F) را با تعیین جرم آب لازم برای پر کردن آن در محدوده دمایی ۲۰ تا ۶۵ درجه سانتیگراد (۷۰ تا ۱۵۰ درجه فارنهایت) کالیبره کرده و یک منحنی کالیبراسیون وزن در برابر دما مانند آنچه در شکل ۳ نشان داده شده ترسیم کنید. باید دقت شود که اجرای مراحل کار در کالیبراسیون دقیقاً همانند مراحل انجام آزمایش صورت گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۲ - مثالی از منحنی کالیبراسیون فلاسک حجمی B



شکل ۳ - مثالی از منحنی کالیبراسیون پیکنومتر (D)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۳-۱ روش پر کردن که در زیر می آید می تواند برای پیکنومتر از نوع پیکنومتر یا سرپوش محکم تری سوراخدار استفاده شود. درپوش گرد در محل خود در پیکنومتر (نوع F) محکم می شود و پیکنومتر کاملاً با آب پر می شود. حدود ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) خالی کنید. جاذب حبابهای هوا ممکن است با اعمال خلاء و با تکان دادن تسهیل یابد (از ارتفاع حدود ۱۰ میلیمتر (نیم اینچ) از سطح میز ابتدا یک پهلوسس پهلوی دیگر پیکنومتر پایین انداخته می شود).

اعمال خلاء و حذف حبابهای هوا در حدود ده دقیقه طول می کشد به طوری که تعادل دما بین پوسته شیشه‌ای و آب ایجاد شود و تقریباً دمای انجام آزمایش برسد. سپس آخرین آب به آرامی تقریباً تا نصف گلویی ریخته می شود هر حباب هوایی که مقابل دهانه را بگیرد دوبالرزاندن یا حرکت چرخشی آب حذف شود ممکن است با یک سیم خمیده تحریک شده و به سطح رانده شود. تری سوراخدار را فقط با نیروی کافی داخل کنید تا دقیقاً تری در جای خود قرار گیرد و فوراً آب اضافی را از بالا پاک کنید.

۸-۳-۲ برای پیکنومترهای از نوع قطع سریع خلاء و بازکردن سریع، روش پر کردن به صورت زیر است: با شیر ورودی بسته، خلاء حدود ۲۵۰ میلی متر جیوه (ده اینچ جیوه) اعمال کرده شیر ورودی را به آرامی باز کنید و اجازه دهید آب تا سطح یک اینچ زیر دهانه (گلویی) برسد و شیر را ببندید. اعمال خلاء را ادامه داده و حبابها را بالرزاندن و وارد کردن ضربات متوالی به ظرف با یک چکش پلاستیکی حذف کنید. شیر ورودی را به آرامی باز کنید و اجازه دهید آب بیشتری وارد شود تا اینکه به خط مکش هوا (خلاء) سرریز کند و سپس شیر را ببندید. این مرحله اعمال خلاء و حذف حبابها باید حدود ۱۰ دقیقه صورت گیرد به طوری که تعادل دمایی بین پوسته و آب تقریباً به دمای آزمایش برسد ارتباط را با بیرون کشیدن، از محل اتصال قطع سریع زیر گیج قطع کنید. ۸-۳-۳ سپس سطح خارجی پیکنومتر (نوع F) خشک کرده و پیکنومتر بر شده را وزن نموده و دمای آب را اندازه بگیرید.

توجه ۵ - شکل منحنی کالیبراسیون، تابعی از دو عامل مخالف مهم می باشد که می توانند بطور منطقی تعریف گردند. همچنانکه دما افزایش می یابد. خورد ظرف منبسط می شود (افزایش جرم - خط پیکنومتر در شکل ۴) و دانسیته آب داخل ظرف کاهش می یابد (در نتیجه کاهش جرم - خط آب در شکل ۴) این ارتباط در شکل ۴ برای پیکنومتر اندازه بزرگ (نوع F) نشان داده شده است. منحنی آب با ضرب کردن حجم آب در ۲۵ درجه سانتیگراد در تفاوت دانسیته آب در ۲۵ درجه سانتیگراد که برابر ۰/۹۹۷۰ است و دمای کالیبراسیون ساخته شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

$(dw - 0.9970) V_{25} =$ تفاوت ناشی از انبساط آب

$$V_{25} = \frac{0.9970}{W_{25}}$$

که $(dw - 0.9970) V_{25}$ به $(1 - \frac{0.9970}{0.9970 \cdot dw}) W_{25}$ تبدیل می شود.

در این رابطه :

V_{25} = حجم آب برای پرکردن ظرف در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت) برحسب سانتیمتر مکعب

W_{25} - جرم آب برای پرکردن ظرف در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت) برحسب گرم، و dw = دانسیته آب در دمای کالیبراسیون برحسب مگاگرم بر متر مکعب .

نرخ تغییر ظرفیت ظرف به علت انبساط حرارتی خود پیکنومتر الزاماً در محدوده دمای ۲۰ تا ۶۵ درجه سانتیگراد (۷۰ تا ۱۵۰ درجه فارنهایت) ثابت است. بنابراین "خط پیکنومتر" در شکل ۴ می تواند بین صفر به سمت ۲۵ درجه سانتیگراد با نقطه معلوم شده از ارتباط شیب خط مستقیم ترسیم شود. شیب خط می تواند بوسیله میانگین گیری حداقل پنج وزن کالیبراسیون در چند دمای افزوده شده و افزایش کاهش وزن به سبب انبساط آب و کم کردن جرم در ۲۵ درجه سانتیگراد، W_{25} ، افزایش ظرفیت به سبب انبساط ظرف را بدست دهد. برای پیکنومترهای پلی کربنات با ظرفیت حدود ۱۳۵۰۰ میلی لیتر، شیب تخمینی ۲/۷۵ گرم بر درجه سانتیگراد (۱/۵۳ گرم بر درجه فارنهایت) می باشد. این نمونه ای در نظر گرفته شده و بدلالی ثابت می باشد.

خمیدگی منحنی کالیبراسیون (شکل ۳) مربوط به عوامل حرارتی است که خط های تجربی ناشی از اثر گرما را که در محدوده کاری ۲۵ درجه سانتیگراد برای هر دو نوع فلاسک حجمی (نوع C) و ظروف پیکنومتر (نوع F, E, D) ایجاد می شوند، کاهش می دهد. تعریف منحنی کالیبراسیون این امکان را می دهد که بجای رساندن دما به دمای آزمایش، برای دما تصحیح انجام شود بنابراین هزینه حمام آب حذف شده و امکان افزایش دقت را با آزمایش نمودن نمونه های بزرگتر فراهم می نماید و به صور مقتضی زمان آزمایش را کاهش می دهد.

۸-۴ در ضمن، کالیبراسیون فلاسک نوع F یا دیگر پیکنومترها (انواع D یا E)، فقط لازم است یکبار انجام شود، اما کالیبراسیون باید در صورت لزوم، خصوصاً در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد کنترل شود. لوازم باید تمیز نگهداشته شده و از هرگونه تجمع که باعث تغییر جرم شود در حالیکه حجم کالیبراسیون ثابت است، بدور باشد. دقت کنید که به هنگام استفاده از حلالها بخصوص در ظروف پلاستیکی فقط از حلال طبیعی استفاده شود، در ضمن ظروف شیشه ای که آسیب دیده یا خراشیده شده اند نباید تحت خلاء بالا قرار گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۹- روش آزمایش:

۹-۱ ذرات نمونه انتخابی مخلوط آسفالت را با دست پنحوی که شکسته نشوند از هم جدا کنید به طوری که ذرات جدا شده بخش مصالح سنگی ریز بزرگتر از $\frac{1}{4}$ اینچ ($\frac{6}{3}$ میلیمتر) نباشد. اگر نمونه مخلوط آسفالتی به اندازه کافی نرم نباشد که بتوان آنها را با دست جدا کرد، آنرا در یک ظرف پهن قرار داده و در گرمخانه گرم کرده تا بتوان آنرا به روشی که گفته شد از هم جدا کرد.

۹-۲ غیر از مخلوطهای آسفالتی که در آزمایشگاه با مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه آماده شده‌اند، نمونه‌ها باید در گرمخانه با دمای 5 ± 105 درجه سانتیگراد تا رسیدن به جرم ثابت خشک شوند. خشک کردن و هرگونه گرم کردن، لازم برای جدا کردن ذرات که در بند ۹-۱ تشریح شد باید به عنوان عملیات واحدی ترکیب شوند تا تأثیرات گرم کردن مجدد به حداقل برسد.

۹-۳ نمونه را تا دمای اتاق خنک کرده در یک ظرف قیر اندود قرار داده و وزن کنید. جرم خالص نمونه را A بنامید. آب کافی با دمای تقریبی ۲۵ درجه سانتیگراد اضافه کنید تا کاملاً نمونه را بپوشاند.

۹-۴ هوای محبوس شده را از داخل نمونه با اعمال خلالتی که به تدریج افزوده می‌شود تا فشار باقیمانده به کمتر از ۳۰ میلی متر جیوه یا کمتر برسد، خارج کنید. این فشار را بمدت ۵ الی ۱۵ دقیقه نگهدارید. ظرف و محتویات آنرا در طی مدت خلاء با وسیله مکانیکی یا دستی به طور پیوسته در فواصل زمانی حدود هر دو دقیقه یکبار بشدت تکان دهید. ظروف شیشه‌ای باید روی یک سطح قابل ارتجاع نظیر سطح لاستیکی یا پلاستیکی به روی سطح سخت تکان داده شوند تا از ضربه شدید تحت خلاء اجتناب شود.

توجه ۶: مخلوطهای کم مایه زمان اعمال خلاء یا میزان تکان دادن کمتر و مخلوطهای پر مایه زمان اعمال خلاء یا میزان تکان دادن بیشتر لازم دارند. به طور کلی حداقل زمان لازم برای خروج هوا بهترین است. با افزایش زمان اعمال خلاء ممکن است آب به زیر پوشش قیری نفوذ کرده و ایجاد خطا کند. (بخش ۱۱ را ببینید) برای هر مخلوط، زمان بهینه با آزمون کاهش زمان تا اینکه مقادیر وزن مخصوص کاهش یابد، تعیین می‌گردد.

۹-۵ در پایان مدت خلاء، خلاء را به آرامی کاهش دهید و یکی از مراحل زیر را انجام دهید:

۹-۵-۱ توزین در آب: ظرف و محتویات آن را در حمام آب معلق کنید و جرم غرضه‌ور را پس از 1 ± 10 دقیقه تعیین کنید. دمای حمام آب را اندازه بگیرید و اگر با 1 ± 25 درجه سانتیگراد فرق داشت جرم را برای دمای ۲۵ درجه سانتیگراد مانند آنچه در بند ۷-۱۱ گفته شد تصحیح کنید. جرم نمونه در آب ۲۵ درجه سانتیگراد را C بنامید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

توجه ۷: بجای استفاده از نمودار شبیه شکل ۳ برای تصحیح جرم ظرف خلاء غوطه‌ور شده نسبت به دما در حمام آب، این تصحیح را می‌توان با آسانی با خالی کردن کامل و سریع ظرف خلاء بلافاصله پس از توزین نهایی و سپس بدون تاخیر وزن کردن خود ظرف وقتی که کاملاً در حمام آب غوطه‌ور شده بدست آورد.

۹-۵-۲- توزین در هوا - فلاسک نوع C یا هر یک از پیکنومترهای نوع E, D و F را با آب پر کرده و دمای آب را در 25 ± 1 درجه سانتیگراد تنظیم کنید. جرم ظرف با محتویات آن را پس از پر شدن کامل مطابق بند ۷-۲ بعد از مدت زمان 1 ± 10 دقیقه از تکمیل بند ۹-۴ بدست آورده و این جرم را E بنامید.

توجه ۸: ضمیمه را که در مورد تصحیح حداکثر وزن مخصوص تئوری وقتی که اندازه‌گیری دما در دمایی غیر از دمای ۲۵ درجه سانتیگراد انجام می‌شود، ملاحظه نمایید.

۱۰- محاسبه:

۱۰-۱- حداکثر وزن مخصوص تئوری نمونه را در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به روش زیر محاسبه کنید:

۱۰-۱-۱- توزین در آب:

$$\text{حداکثر وزن مخصوص تئوری} = \frac{A}{A-C} \quad (1)$$

در این رابطه:

A = جرم در هوای نمونه خشک شده در گرمخانه بر حسب گرم و

C = جرم آب جایجا شده توسط نمونه در ۲۵ درجه سانتیگراد، بر حسب گرم

۱۰-۱-۲- توزین در هوا:

$$\text{حداکثر وزن مخصوص تئوری} = \frac{A}{A+D-E} \quad (2)$$

در این رابطه:

A = جرم در هوای نمونه خشک شده در گرمخانه، بر حسب گرم

D = جرم ظرف پر شده با آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب گرم و

E = جرم ظرف پر شده با نمونه و آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب گرم.

۱۰-۱-۳- اندازه‌گیریهای پیکنومتر پلاستیکی اندازه بزرگ نوع F:

۱۰-۱-۳-۱- اگر دمای آزمایش از ۲۵ درجه سانتیگراد در حدود $+1/7$ یا $-2/8$ درجه سانتیگراد تفاوت داشته

باشد یعنی بین $22/2$ و $26/7$ درجه سانتیگراد (۷۲ و ۸۰ درجه فارنهایت) باشد می‌توان از معادله ۲ برای

محاسبه وزن مخصوص استفاده کرد در این صورت خطای تاثیرات دما در حدود $0/001$ یا کمتر خواهد بود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۱-۳-۲ اگر دمای آزمایش با ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت) اختلاف زیادی داشته باشد تاثیرات دما را بشرح ذیل تصحیح نمائید:

$$\text{وزن مخصوص} = \frac{A}{(A+F)-(G+H)} \times \frac{dw}{0.9970}$$

در این رابطه:

A = جرم خشک نمونه در هوا برحسب گرم

F = جرم پیکنومتر (نوع F) پر شده با آب در دمای آزمایش برحسب گرم (شکل ۳)

G = جرم پیکنومتر (نوع F) پر شده با آب و نمونه در دمای آزمایش برحسب گرم

H = تصحیح انبساط حرارتی قیبر برحسب گرم (شکل ۵)

dw = دانسیته آب در دمای آزمایش منحنی D در شکل ۶ - برحسب مگاگرم در متر مکعب.

۰/۹۹۷۰ = وزن مخصوص آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت) برحسب مگاگرم در متر مکعب

نسبت $\frac{dw}{0.9970}$ منحنی R در شکل ۶ می باشد.

توجه ۹- روش کلی برای تصحیح تاثیرات دما باید همچنین برای اندازه گیری های انجام شده با ظروف مناسب دیگر عملی باشد

۱-۲ حداکثر دانسیته تئوری در ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت):

۱-۲-۱ حداکثر دانسیته تئوری متناظر در ۲۵ درجه سانتیگراد رابه روش زیر محاسبه کنید:

در سیستم SI:

$\frac{\text{کیلوگرم}}{\text{متر مکعب}} \times 997/1$ حداکثر وزن مخصوص تئوری = حداکثر دانسیته تئوری در ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت)

در سیستم اینچ - پوند:

$\frac{\text{پوند}}{\text{فوت مکعب}} \times 62/245$ حداکثر وزن مخصوص تئوری = حداکثر دانسیته تئوری در ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت)

در این روابط:

وزن مخصوص آب در ۲۵ درجه سانتیگراد در سیستم SI برابر ۹۹۷/۱ در سیستم اینچ - پوند ۶۲/۲۴۵ می باشد.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک: اثر تصحیح دما در حجم اندازه گیری شده در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برای جرم مشخص مخلوط آسفالتی سست به منظور بدست آوردن حداکثر وزن مخصوص تئوری در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد

جرم مخلوط	جرم مخلوط	حجم تصحیحی شده مخلوط سست	تصحیح حجم برای تغییر دما	حجم مخلوط سست در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد	دما (درجه سانتیگراد)
$\frac{6-5}{4}$	۵	$4=2+3$	۳	۲	۱
۲/۵۳۸۳	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۹۷۵	۰/۲۰۴۶	۴۹۲/۷۷	۳۱
۲/۵۳۸۴	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۹۵۶	۰/۱۸۶۰	۴۹۲/۷۷	۳۰ (الف)
۲/۵۳۸۵	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۹۳۷	۰/۱۶۷۴	۴۹۲/۷۷	۲۹ (الف)
۲/۵۳۸۶	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۹۱۹	۰/۱۴۸۸	۴۹۲/۷۷	۲۸ (الف)
۲/۵۳۸۶	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۹۰۰	۰/۱۳۰۲	۴۹۲/۷۷	۲۷ (الف)
۲/۵۳۸۷	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۸۸۲	۰/۱۱۱۶	۴۹۲/۷۷	۲۶ (الف)
۲/۵۳۸۸	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۸۶۴	۰/۰۹۳۰	۴۹۲/۷۷	۲۵ (الف)
۲/۵۳۸۹	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۸۴۴	۰/۰۷۴۴	۴۹۲/۷۷	۲۴ (الف)
۲/۵۳۹۰	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۸۲۶	۰/۰۵۵۸	۴۹۲/۷۷	۲۳ (الف)
۲/۵۳۹۱	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۸۰۷	۰/۰۳۷۳	۴۹۲/۷۷	۲۲ (الف)
۲/۵۳۹۲	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۷۸۹	۰/۰۱۸۶	۴۹۲/۷۷	۲۱ (الف)
۲/۵۳۹۳	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۷۷۲	۰/۰۰۰۰	۴۹۲/۷۷	۲۰
۲/۵۳۹۴	۱۲۵۱/۳	۴۹۲/۷۵۱	۰/۰۱۸۶	۴۹۲/۷۷	۱۹

الف - تغییرات کمتر از ۰/۰۰۰۵

توجه ۱: جدول بالا به طور واضح نشان می دهد که وزن مخصوص برای این مخلوط خاص که در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اندازه گیری شده در برابر حداکثر وزن مخصوص تئوری در ۲۵ درجه سانتیگراد ضعف داشته مقدار ۲/۵۳۸۸ در برابر ۲/۵۳۹۳ می باشد که اختلاف آنها برابر ۰/۰۰۰۵ برده و تصحیح دما لازم است.

توجه ۲ - اگر اندازه گیری حجم در ۲۱ درجه سانتیگراد انجام گرفته باشد جدول نشان می دهد که تصحیح دمایی لازم نیست زیرا اندازه گیری در دمای ۲۱ درجه سانتیگراد برای اندازه گیری حداکثر وزن مخصوص تئوری در دمای ۵ درجه سانتیگراد مناسب خواهد بود زیرا مقدار ۲/۵۳۸۸ در برابر ۲/۵۳۹۲ می باشد که اختلاف این دو کمتر از ۰/۰۰۰۵ است.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱- روش تکمیلی برای مخلوطهایی با مصالح سنگی متخلخل

۱۱-۱ اگر خلل و فرج مصالح سنگی با لایه نازک قیر کاملاً پوشیده نشوند، ممکن است در طول مدت تخلیه هوا، با آب اشباع شود. برای تعیین اینکه چنین اتفاقی رخ داده است یا نه پس از تکمیل مراحل کار مطابق بندهای ۹-۵-۱ و ۹-۵-۲ بشرح زیر عمل نمائید. آب را از نمونه زهکشی کنید. برای جلوگیری از هدر رفتن ذرات ریزه آرامی آب را از حوله مرطوبی که بالای ظرف نگهداشته شده خالی کنید.

تعدادی از ذرات درشت مصالح سنگی را شکسته و سطوح شکسته را از نظر رطوبت بررسی کنید.

۱۱-۲ اگر مصالح سنگی آب جذب کرده باشند، نمونه را قبل از استفاده از اینکه برقی به منظور از دست دادن رطوبت سطحی پخش کنید. نمونه را در فواصل هر ۱۵ دقیقه یکبار وزن کنید زمانیکه کاهش جرم به کمتر از پنج درصد رسید می توان نمونه را با سطح خشک در نظر گرفت. این عمل حدود ۲ ساعت زمان لازم دارد و باید توام با بهم زدن متناوب نمونه باشد. توده های بهم چسبیده مخلوط را با دست خرد کرده و مراقب باشید که از هدر رفتن ذرات مخلوط جلوگیری شود.

۱۱-۳ برای محاسبه وزن مخصوص نمونه، جرم با سطح خشک نهایی نمونه را بعنوان A در روابط ۱ یا ۲ قرار دهید.

۱۲- گزارش:

۱۲-۱ اطلاعات زیر را در گزارش درج کنید:

۱۲-۱-۱ وزن مخصوص و دانسیته مخلوط با سه رقم اعشار، دانسیته در ۲۵ درجه سانتیگراد یا وزن مخصوص و در ۲۵ بر ۲۵ درجه سانتیگراد

۱۲-۱-۲ نوع مخلوط

۱۲-۱-۳ اندازه نمونه ها

۱۲-۱-۴ تعداد نمونه ها

۱۲-۱-۵ نوع ظرف

۱۲-۱-۶ روش آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۳- دقت

۱۳-۱ معیار قضاوت پذیرش نتایج آزمایش وزن مخصوص بدست آمده با این روش در جدول زیر ارائه شده است:

حدود قابل قبول دو نتیجه (D2S)	انحراف استاندارد (IS)	آزمایش و شاخص نوع
۰/۰۱۱	۰/۰۰۴۰	(الف) نتایج آزمایش بدست آمده بدون استفاده از بخش ۱۱ دقت عملکرد یک آزمایش کننده دقت عملکرد چند آزمایشگاه
۰/۰۱۹	۰/۰۰۶۴	
۰/۰۱۸	۰/۰۰۶۴	(ب) نتایج آزمایش بدست آمده با استفاده از بخش ۱۱ و قابل کاربرد فقط برای کاسه دقت عملکرد یک آزمایش کننده دقت عملکرد چند آزمایشگاه
۰/۰۵۵	۰/۰۱۹۴	

(الف) مبنای تخمین: ۳ بار آزمایش برای ۵ ماده و در ۵ آزمایشگاه

(ب) مبنای تخمین: ۲ بار آزمایش برای ۷ ماده و در ۲ آزمایشگاه

۱۳-۲ اعداد داده شده در ستون ۲ انحراف استاندارد هستند که متناسب با شرایط آزمایش تشریح شده در ستون ۱ بدست آمده اند. ارقام داده شده در ستون ۳ حدودی هستند که اختلاف بین دو آزمایش خاص انجام شده نباید از آن بیشتر باشد. دقت عملکرد چند آزمایشگاه برای پیکنومتر ۴۵۰۰ میلی لیتر (نوع E) یا پیکنومتر اندازه بزرگ (نوع F) مشخص نشده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

«ضمیمه»

«اطلاعات اضافی»

X1- حداکثر وزن مخصوص تئوری برای مخلوط آسفالتی سست

X1-1- اهداف

X1-1-1 این ضمیمه دو مبحث دارد:

X1-1-1-1 بیان روشی برای تصحیح حداکثر وزن مخصوص تئوری در ۲۵ درجه سانتیگراد وقتی که آزمایش در دمای غیر از ۲۵ درجه سانتیگراد انجام می شود.

X1-1-1-2 بیان محدوده دمایی بر حسب سانتیگراد، بیشترین و کمترین ۲۵ درجه سانتیگراد بدون اینکه به هرگونه تصحیح دمایی نیاز باشد. زیرا مقادیر وزن مخصوص تئوری اندازه گیری شده در این محدوده دمایی، در حدود $0/0004$ یا کمتر با مقدار آن در ۲۵ درجه سانتیگراد تفاوت دارد.

X1-2- مقادیر بیان شده:

X1-2-1 مقادیر زیر برای حداکثر وزن مخصوص تئوری و مخلوط آسفالتی سست بیان شده است

X1-2-1-1 جرم مخلوط آسفالتی سست برابر با $1251/4$ گرم

X1-2-1-2 حجم مخلوط آسفالتی سست در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر $492/77$ میلی لیتر

X1-2-1-3 مقدار قیر برابر با $5/5$ کل مخلوط

X1-2-1-4 وزن مخصوص قیر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با $1/029$

X1-2-1-5 وزن مخصوص حقیقی مصالح سنگی برابر با $2/714$ (استاندارد ASTM)

X1-2-1-6 ضریب انبساط حجمی قیر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با $6/2 \times 10^{-4}$ میلی لیتر بر میلی لیتر بر درجه سانتیگراد (دستورالعمل D4311)

X1-2-1-7 ضریب انبساط حجمی مصالح سنگی در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با $2/2 \times 10^{-5}$ میلی لیتر بر میلی لیتر بر درجه سانتیگراد

X1-3- اساس محاسبه برای یک گرم از مخلوط آسفالتی سست در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد

X1-3-1 جرم قیر برابر با $0/05$ گرم

X1-3-2 حجم قیر برابر با $0/05$ یا $0/0486$ میلی لیتر

X1-3-3 جرم مصالح سنگی برابر با $0/95$ گرم

X1-3-4 حجم مصالح سنگی برابر با $0/95$ میلی لیتر یا $0/3500$ میلی لیتر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

X1-3-5 حجم قیر با اضافه حجم مصالح سنگی در یک گرم مخلوط آسفالتی سست در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با $0/3500 + 0/0486$ یا $0/3986$ میلی لیتر

X1-4 اساس محاسبه برای تغییر حجم یک گرم از مخلوط آسفالتی سست با یک درجه سانتیگراد اختلاف نسبت به ۲۰ درجه سانتیگراد

X1-4-1

$$\text{میلی لیتر}^{-5} = 3/0130 \times 10^{-5} = \text{میلی لیتر}^{-4} = 0/3013 \times 10^{-4} \times 0/0486 = 6/2 \times 10^{-4} = \text{تغییر حجم قیر}$$

X1-4-2

$$\text{میلی لیتر}^{-5} = 0/77 \times 10^{-5} = 2/2 \times 10^{-5} \times 0/3500 = \text{تغییر حجم مصالح سنگی}$$

X1-4-3

میلی لیتر⁻⁵ = $3/0130 \times 10^{-5} + 0/77 \times 10^{-5} = 3/7830 \times 10^{-5}$ = تغییر حجم یک گرم از مخلوط آسفالتی سست با یک درجه سانتیگراد تغییر نسبت به دمای ۲۰ درجه سانتیگراد

X1-5 تصحیح حجم

X1-5-1 برای اختلاف دمای آب با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد به اندازه ± 1 درجه سانتیگراد، تصحیح حجم آب جابجا شده توسط یک گرم از مخلوط آسفالتی سست با معادله زیر انجام می شود.

$$\text{تصحیح} = \Delta T \times K_T \times V_T \text{ (mL)}$$

در این معادله :

ΔT : برابر یک درجه سانتیگراد است.

K_T : برابر تغییر حجم یک گرم از مخلوط آسفالتی سست برای تغییر دمای یک درجه سانتیگراد بیشتر یا کمتر از دمای ۲۰ درجه سانتیگراد که برابر $3/7830 \times 10^{-5}$ میلی لیتر است.

V_T : حجم آب متناظر با $1251/3$ گرم جرم مخلوط آسفالتی سست در دمای آزمایش ۲۰ درجه سانتیگراد که برابر با $492/77$ میلی لیتر می باشد.

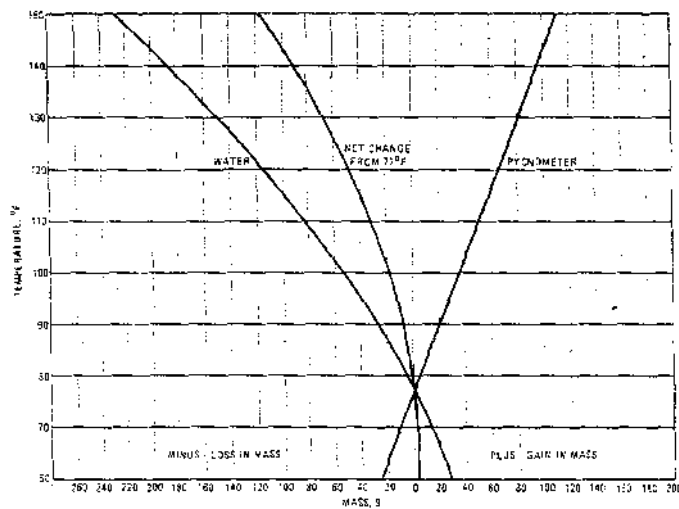
با جانشینی این مقادیر در معادله تصحیح زیر حاصل می شود:

$$\text{تصحیح} = 1 \times 3/7830 \times 10^{-5} \times 492/77 \text{ (میلی لیتر)}$$

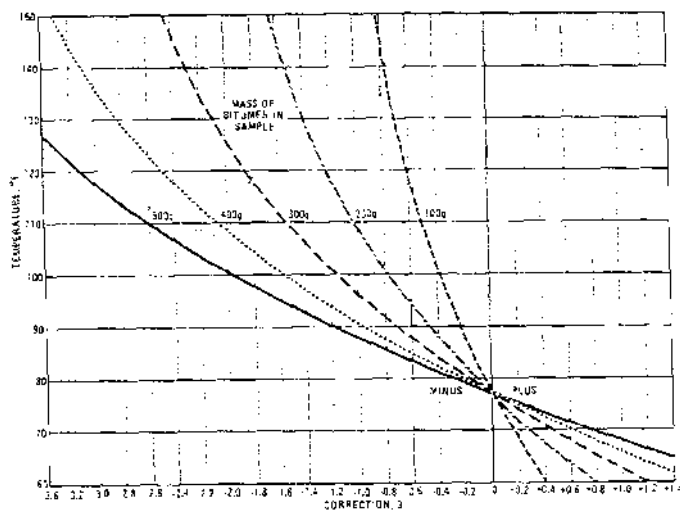
$$= 0/01864 \text{ میلی لیتر در گرم در } 20 \text{ درجه سانتیگراد}$$

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

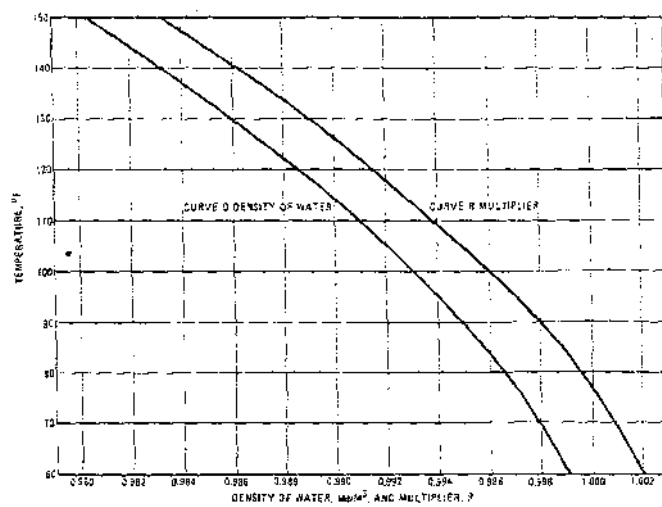
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۲- اثر تغییر دانسیته آب و حجم پیکنومتر (D) با تغییر دما



شکل ۵- منحنی های تصحیح انبساط حرارتی قیر در معادله ۳



شکل ۶ - منحنی های D و R برای معادله ۳

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM:D ۲۰۴۲

روش استاندارد آزمایش حلالیت مواد قیری در تری کلرو اتیلن

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش شامل تعیین درجه حلالیت در تری کلرو اتیلن مواد قیری که مقدار کمی مواد معدنی داشته یا اصلاً ندارند، می شود.

توجه ۱- استفاده از سولنید کربن، تتراکلراید کربن و بنزن در این روش آزمایش به علت اینکه از نظر سلامتی خطرناک است، مجاز نیست. این روش برای قطران و دیگر مواد باقی مانده تقطیر یا مشتقات نفتی قابل اجرا نیست. برای روشهایی که شامل قطران و دیگر مشتقات نفتی بوده برای دیگر حلالها استفاده می شود، روش های آزمایش D ۴، D ۲۳۱۷، D ۲۳۱۸، D ۲۷۶۴ را ببینید.

۱-۲ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند. محدوده های احتیاط ویژه در بخش ۷ داده شده است.

۲- مراجع مستند

۲-۱ استانداردهای ASTM

D ۴ روش آزمایش برای مقدار قیر

D ۲۳۱۷ روش آزمایش برای مقدار غیر قابل حل در بنزن (BI) برای قطران و سنگهای قیری

D ۲۳۱۸ روش آزمایش برای مقدار غیر قابل حل در کوئین لاین (QL) برای قطران و سنگهای قیری

D ۲۷۶۴ روش آزمایش برای مقدار غیر قابل حل در دی متیل فورمامید برای قطران و سنگهای قیری

E ۱۷۷ دستورالعمل استفاده از بخشهای دقت و انحراف در روشهای آزمایش ASTM

۳- خلاصه ای از روش

۳-۱ نمونه در تری کلرو اتیلن حل می شود و از میان یک صفحه الیاف شیشه ای صاف می شود. ماده نامحلول شسته، خشک شده و وزن می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴- مشخصات و موارد کاربرد

۴-۱ این روش آزمایش، اندازه گیری حلالیت قیر درتری کلرواتیلن است. بخشی که درتری کلرواتیلن حل می شود نشانگر فعالیت اجزاء سیمانی است.

۵- وسایل و مواد

۵-۱ مجموعه وسایل صاف کننده در شکل یک نشان داده شده است. جزئیات قسمتهای مختلف به صورت زیر می باشد:

۵-۱-۱ کروزه گوج، قسمت های داخلی و خارجی آن غیر از سطح کف بیرونی، لعابی شده اند. ابعاد تقریبی آن قطر بالای ۴۴ میلیمتر که در پایین ۳۶ میلیمتر می شود و عمق آن باید ۲۸ میلیمتر باشد.

۵-۱-۲ صفحه ای با الیاف شیشه ای ۳/۲ سانتیمتر

۵-۱-۳ فلاسک صاف کننده، دیواره ضخیم، با لوله ای در کنار آن و با ظرفیت ۲۵۰ یا ۵۰۰ میلی لیتر

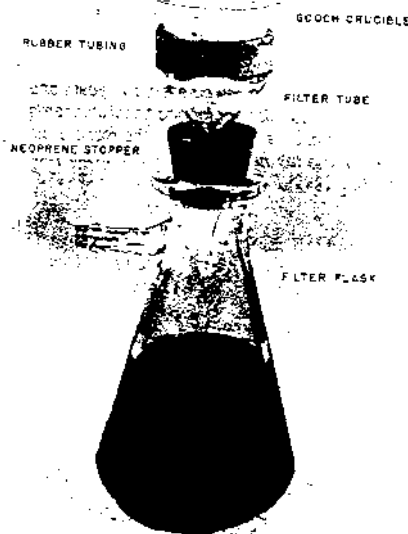
۵-۱-۴ قیف، با قطر داخلی ۴۰ تا ۴۲ میلیمتر

۵-۱-۵ لوله لاستیکی یا تبدیل کننده، برای نگهداشتن کروزه گوج بر روی قیف

توجه ۲- مجموعه وسایل مناسب دیگری که بتوانند صاف کردن را با کروزه گوج بوسیله خلاء انجام دهند، ممکن است استفاده شوند.

۵-۱-۶ فلاسک ارلن مایر با ظرفیت ۱۲۵ میلی لیتر

۵-۱-۷ گرمخانه، با قابلیت نگهداری دم در 230 ± 10 درجه فارنهایت (110 ± 5 درجه سانتیگراد)



شکل یک - مجموعه وسایل صاف کردن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶- معرف

۶-۱ تری کلرو اتیلن، گروه فنی (technical grade)

۷- احتیاط‌های ایمنی

۷-۱ تری کلرو اتیلن سمی است و باید تهویه خوبی برای آن فراهم شود. قابلیت اشتعال آن بیشتر از تتراکلراید کربن است.

۸- آماده کردن کروزه گوج

۸-۱ کروزه گوج بعلاوه یک لایه ضخیم از صفحه الیاف شیشه‌ای در گرمخانه‌ای با دمای در حدود 10 ± 230 درجه فارنهایت (5 ± 110 درجه سانتیگراد) بمدت ۱۵ دقیقه قرار دهید و اجازه دهید در یک دسیکاتور سرد شده و سپس با دقت ۰/۱ میلی گرم وزن کنید. در داخل دسیکاتور تا آماده شدن برای استفاده نگهدارید.

۹- آماده کردن نمونه

۹-۱ اگر نمونه روان نیست، با تغییر دما نمونه را حرارت دهید، اما در هیچ حالتی نباید بیش از ۲۰۰ درجه فارنهایت (۱۱۱ درجه سانتیگراد) بالاتر از نقطه نرمی آن باشد. در شرایط عادی دمایی که آزمایش در آن انجام می‌شود معیاری نیست و ممکن است آزمایش در دمای آزمایشگاه انجام گیرد. برای آزمایشهای مرجع (مقایسه‌ای)، فلاسک و نمونه در حلال باید در حمام آب با دمای $0/5 \pm 100$ درجه فارنهایت ($0/25 \pm 37/8$ درجه سانتیگراد) قبل از صاف کردن به مدت یک ساعت قرار گیرند.

۱۰- روش آزمایش:

۱۰-۱ به احتیاطهای ایمنی در بخش ۷ توجه کنید. تقریباً ۲ گرم از نمونه را به فلاسک ارلین مایر ۱۲۵ میلی لیتری فیراندود یا ظرف مناسب دیگری بریزید. با دقت ۱ میلی گرم آنرا توزین کرده و ۱۰۰ میلی لیتر تری کلرو اتیلن به مقدار کم و هم زدن پیوسته اضافه کنید تا همه توده ناپدید شده و هیچ نمونه حل نشده‌ای به ظرف نچسبد. در فلاسک را ببندید یا ظرف را به طریق دیگر بپوشانید و بمدت حداقل ۱۵ دقیقه کنار قرار دهید (بخش ۹ را ببینید). ۱۰-۲ کروزه گوج قبلاً آماده شده و توزین شده را در قیف صافی قرار دهید. صفحه الیاف شیشه‌ای را با مقدار کمی از تری کلرو اتیلن تر کرده و محلول را به آرامی از میان صفحه الیاف شیشه‌ای همراه با عمل مکش یا بدون آن در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

صورتی که نیاز باشد، بریزید. وقتی ماده غیر قابل حل محسوس شده، زیادی آن را تا حدی که ممکن است در ظرف نگهدارید تا حلال از میان ماده زهکشی شود. با مقدار کمی از حلال ظرف را بشوئید و با استفاده از یک جریان حلال از یک بطری شستشو همه مواد غیر قابل حل را به کروزه منتقل کنید. با استفاده از یک هم زن در صورت لزوم هر ماده حل نشده‌ای که به ظرف چسبیده خارج کنید. هم زن و ظرف را کاملاً بشوئید. مواد نامحلول بر روی کروزه را با حلال آنقدر بشوئید که صاف شده و بی‌رنگ شود سپس با اعمال مکش قوی باقی مانده حلال را خارج کنید. کروزه را از روی قیف برداشته، ته آزاد آنرا از مواد غیر حل شده شسته و کروزه را بر روی یک گرم خانه یا حمام بخار قرار دهید تا همه بوی تری کلرواتیلن خارج شود (نکات ایمنی در بخش ۶ را ببینید) بمدت حداقل ۲۰ دقیقه آنرا در گرمخانه به دمای 230 ± 10 درجه فارنهایت (110 ± 5 درجه سانتیگراد) قرار دهید. در یک دسیکاتور به مدت 5 ± 30 دقیقه خنک کرده و سپس وزن کنید. خشک کردن و توزین را تا رسیدن به وزن ثابت ($0/3 \pm$ میلی گرم) تکرار کنید.

توجه ۳- برای کسب نتایج دقیق، زمان خنک کردن در دسیکاتور بعد از تمام حرارت دادن‌ها باید تقریباً یکسان باشد (در حدود $5 \pm$ دقیقه). برای مثال، اگر کروزه خالی بعد از ۳۰ دقیقه ماندن و خنک شدن در دسیکاتور وزن می‌شود کروزه شامل مواد غیر قابل حل باید بعد از 5 ± 30 دقیقه خنک شدن در دسیکاتور وزن شود. هر کروزه خالی یا کروزه‌های محتوی مواد غیر قابل حل که به مدت یک شب در دسیکاتور نگهداری شده‌اند باید دوباره در گرمخانه به مدت حداقل ۳۰ دقیقه گرم شده سپس به مدت شرح داده شده قبل از توزین خنک شوند.

۱۱- محاسبات و گزارش

۱۱-۱ درصد کل مواد نامحلول یا درصد مواد حل شده در حلال را با استفاده از روابط زیر محاسبه کنید:

$$\text{درصد مواد نامحلول} = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100$$

$$\text{درصد مواد محلول} = 100 - \left[\left(\frac{A}{B}\right) \times 100\right]$$

در این رابطه:

A = وزن کل مواد نامحلول

B = وزن کل نمونه

۱۱-۲ درصد مواد نامحلول کمتر از ۱/۰ را با دقت ۰/۰۱ درصد گزارش کنید. درصد مواد نامحلول ۱/۰ یا بیشتر را

با دقت ۰/۱ درصد گزارش کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۲- دقت

۱-۱۲ محدوده دقت در زیر آمده وقتی که استفاده از دی سولفید کربن، تتراکلراید کربن و بنزن بخوبی تری کلرو اتیلن مجاز بود و بجای صفحه الیاف شیشه‌ای، آزیست بوده است فرموله شده بود و فقط جهت راهنمایی است. محدوده دقت مربوط به استفاده از تری کلرو اتیلن و صفحه الیاف شیشه‌ای تهیه خواهد شد.

۱۲-۲ تخمین انحراف استاندارد (σ_p) برای این روش و معیار قضاوت قابل قبول بودن نتایج (با احتمال ۹۵ درصد) به صورت زیر می‌باشند:

تغییرپذیری آزمایشگاهی داخل آزمایشگاه		تغییرپذیری آزمایشگاهی بین آزمایشگاهها	
انحراف استاندارد A	تکرارپذیری B	انحراف استاندارد C	تکرارپذیری D
۰/۰۳۵	۰/۱۰	۰/۰۹۰	۰/۲۶

فیرهایی که حلالیت بیش از ۹۹ درصد دارند (قابل اعمال وقتی که سولفید کربن، تتراکلراید کربن، تری کلرو اتیلن یا بنزن استفاده می‌شوند)

A- برای تعریف بخشها و کاربردهای پیشنهادی شاخص‌های دقت دستورالعمل E1۷۷ را ببینید. تخمین‌های انحراف استاندارد براساس موارد زیر می‌باشند:

- مواد ۴
- پاسخها ۳
- حلال‌ها ۴
- آزمایشگاهها ۲۶

درجه آزادی:

تغییرپذیری آزمایشگاهی داخل آزمایشگاه ۱۵۹

تغییرپذیری آزمایشگاهی بین آزمایشگاه ۸۱

انحراف استاندارد اطلاعات (S):

تغییرپذیری آزمایشگاهی داخل آزمایشگاه ۰/۰۳۵

تغییرپذیری آزمایشگاهی بین آزمایشگاه ۰/۰۹۰

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

B- انحراف استانداردهای نشان داده شده (σ'_p) انحراف استاندارد تخمین زده شده روند اندازه گیری برای شرایط بیان شده تعیین می کنند. این مقادیر با ضرب کردن انحراف استانداردهای اطلاعات قابل انجام در فاکتور $1 + \left[\frac{1}{p} (N-1) \right]$ محاسبه می شوند در این رابطه N تعداد آزمایشهای قرار گرفته در اطلاعات می باشد.

C- اگر تفاوت دو نتیجه بدست آمده توسط یک آزمایش کننده روی همان نمونه بیش از مقدار بیان شده باشد، باید منسکوب در نظر گرفته شوند طبق تعریف در دستورالعمل E1۷۷ این "تفاوت دو سیگما" محدود دقت یک آزمایشگاه - یک اپراتور - دستگاه - چند روزه می باشد.

D- اگر دو نتیجه بدست آمده توسط آزمایش کننده ها در آزمایشگاههای مختلف بیش از مقدار بیان شده اختلاف داشته باشند، باید این نتایج مورد شک قرار گیرند. طبق تعریف دستورالعمل E1۷۷ "تفاوت دو سیگما" محدوده دقت برای چند آزمایشگاه - چند اپراتور - چند دستگاه و چند روز می باشد.

استاندارد ASTM:D2170

روش آزمایش استاندارد تعیین کند روانی کینماتیک قیرها

۱- هدف

۱-۱ این آزمایش روشهایی را جهت تعیین کند روانی کینماتیک قیرهای مایع، مواد روغنی جاده‌ای و باقیمانده از تقطیر قیرهای مایع در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتی‌گراد) و همچنین قیرهای خالص در دمای ۲۷۵ درجه فارنهایت (۱۳۵ درجه سانتی‌گراد) (توجه ۱) با محدوده کند روانی بین مقادیر ۶ تا ۱۰۰۰۰۰ سانتی‌ستروکس بیان می‌کند.

۱-۲ نتایج بدست آمده از این روش آزمایش را می‌توان در محاسبه کندروانسی، زمانیکه دانسیته مواد مورد آزمایش، در دمای آزمایش مشخص بوده و یا تعیین شود، مورد استفاده قرار داد.
پیوست A را برای روش محاسبه ببینید.

توجه ۱: این روش برای استفاده در دماهای دیگر و همچنین کند روانی کینماتیک پائین تر مناسب است. ولی صحت نتایج را می‌توان بر اساس همان اندازه‌گیریها در دماهای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتی‌گراد) برای قیرهای مایع و سایر مواد روغنی جاده‌ای، و ۲۷۵ درجه فارنهایت (۱۳۵ درجه سانتی‌گراد) برای قیرهای خالص و داشتن مقادیر کند روانی بین ۳۰ تا ۶۰۰۰۰ سانتی‌ستروکس تضمین نمود.

۱-۳ قابل ذکر است که این استاندارد رد بدین مفهوم نیست که کلیه مسائل و مشکلات بومی، در صورت وجود را بدان معطوف داشت، بلکه مسئولیت این عمل با کسی است که این روش را بکار می‌گیرد، که باید پیش بینی‌های لازم را بر حسب ضرورت چه قبل از شروع و یا ضمن استفاده از آن انجام داده و از قابلیت‌های اجرایی آن قبل از استفاده آگاه باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲- مراجع مستند:

۲-۱- استاندارد ASTM

C670 دستور العمل تعیین محدوده دقت و صحت عمل در روشهای آزمایش مربوط به مصالح ساختمانی
D 92 روش آزمایش برای تعیین درجه اشتعال روباز و یا بسته کلونند .
D341 نمودارهای مربوط به درجه حرارتهای کند روانی مربوط به محصولات نفتی مایع .
D445 روش آزمایش مربوط به کند روانی کینماتیک مایعات شفاف و غیر شفاف (ومحاسبات کندروانی دینامیکی)
D446 مشخصات و دستورالعملهایی برای بکارگیری کند روانی سنجهای کینماتیک با شیشه موئین .
D2161 دستورالعمل تبدیل کندروانی کینماتیک به کندروانی یونیورسال سی بولت و یا کند روانی سی بولت فیورول .
D2162 روش آزمایش برای کالیبراسیون پایه کند روانی سنجهای شاخص و استانداردهای مربوط به کند روانی
مواد روغنی

D2493 نمودارهای مربوط به دماهای کند روانی فیرها .

E1 مشخصات دماسنجهای ASTM

E77 روش آزمایش برای بازرسی و نحوه رسیدگی به دماسنجهای شیشه‌ای .

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱: مدت زمان عبور حجم ثابتی از مایع از لوله موئین کند روانی سنج شیشه‌ای کالیبره شده با قابلیت تنظیم ارتفاع و در دمای کنترل شده، اندازه‌گیری می‌شود. سپس کند روانی کینماتیک، از ضرب کردن زمان عبور بر حسب ثانیه در ضریب کالیبراسیون کند روانی سنج محاسبه می‌گردد.

۴- اهمیت و مورد استفاده

کند روانی کینماتیک چگونگی رفتار جریان مایع (فیر) را توصیف می‌نماید. از این روش برای تعیین قوام بعنوان یک عنصر در شناخت یکنواختی محموله‌های آن و منابع تولید استفاده می‌شود. دماهای لازم برای دستیابی به

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

اینگونه مشخصات معمولاً ۶۰ و ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

۵- اصطلاحات فنی

۱-۵-۱ تعاریف

۵-۱-۱-۱ کند روانی کینماتیک

نسبت کند روانی یک مایع به دانسیته آنرا کند روانی کینماتیک می‌نامند. کند روانی کینماتیک نشانه مقاومت مایع در مقابل جریان تحت تاثیر نیروی وزن می‌باشد. واحد اندازه‌گیری کند روانی کینماتیک در سیستم واحد SI بر حسب متر مربع بر ثانیه که در عمل بر حسب میلیمتر مربع بر ثانیه مناسبتر است.

در سیستم واحد CGS کند روانی کینماتیک بر حسب یک سانتیمتر مربع بر ثانیه می‌باشد که استوک (Stad) نامیده می‌شود.

هر سانتی استوک برابر یک میلیمتر مربع بر ثانیه (یک سانتی استوک برابر با یک صدم استوک است) می‌باشد که بصورت معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵-۱-۲ دانسیته

جرم واحد حجم مایع، دانسیته آن مایع است. واحد دانسیته در سیستم CGS برابر یک گرم بر سانتیمتر مکعب و در سیستم SI برابر یک کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

۵-۱-۳ کند روانی

نسبت بین تنش برشی اعمال شده به نرخ برش را ضریب کند روانی می‌نامند این ضریب سنجشی جهت اندازه‌گیری مقاومت روانی مایع است که بصورت معمول معروف به کند روانی مایع می‌باشد.

واحد کند روانی در سیستم واحد CGS پواز (P) نامیده می‌شود که برابر یک گرم بر سانتیمتر ثانیه (یک دین ثانیه بر سانتیمتر مربع) می‌باشد.

در سیستم واحد SI، واحد کند روانی یک پاسکال در ثانیه (یک نیوتن در ثانیه بر متر مربع) است که معادل ده پواز

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

می باشد .

۴-۱-۵ مایع نیوتنی

مایعی است که در آن نرخ برش متناسب با تنش برشی باشد. نسبت ثابت تنش برشی به نرخ برش، کند روانی مایع می باشد. اگر این نسبت ثابت نباشد، مایع غیر نیوتونی است .

۶- وسایل آزمایش

۶-۱ کند روانی سنجهای نوع موتینه، ساخته شده از جنس شیشه بوروسیلیکات این نوع کند روانی که شرح آنها در پیوست شماره A۲ آمده است

بسیار بادوام و مناسب برای این آزمایشها بوده و شامل انواع ذیل می باشد :

۶-۱-۱ کند روانی سنج کتن - فنسک برای مایعات شفاف و غیر شفاف

۶-۱-۲ کند روانی سنج زیتفکس دارای بازوی اتصال

۶-۱-۳ کند روانی سنج لنتز - زیتفاخس

۶-۱-۴ کند روانی سنج استاندارد انگلیسی لوله U شکل با جریان معکوس .

۶-۲: کند روانی سنج کالیبره شده توسط تولیدکنندگان و قابل دسترسی در مراکز تجاری:

جزئیات این نوع ویسکومترها در ضمیمه A3 آمده است .

۶-۳: دماسنجها:

دماسنجهای شیشه‌ای کالیبره شده پس از اصلاح با دقت ۰/۰۴ درجه فارنهایت (۰/۰۲ درجه سانتی‌گراد) و یا دماسنجهای دیگر که دارای دقت معادل می باشند را می توان مورد استفاده قرارداد .

دماسنجهای کند روانی کینماتیک استاندارد ASTM: ۴۷F و ۴۷C و IP: ۳۵F و ۳۵C برای استفاده در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتی‌گراد) و دماسنجهای کند روانی کینماتیکی استاندارد ASTM: ۱۱۰ درجه فارنهایت و ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد برای استفاده در دمای ۲۷۵ درجه فارنهایت (۱۳۵ درجه سانتی‌گراد) مناسب می باشند .

۶-۳-۱ دماسنجهای مشخصی که جهت حالت غوطه‌وری کامل استاندارد شده‌اند، بدان معنا که بخش ستون

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جیوه از دماسنج در مایع غوطه‌ور و بقیه بدنه باقیمانده دماسنج از جمله میله و مخزن در بخش فوقانی، در فضای آزاد و درجه حرارت محیط قرار می‌گیرد. در این آزمایش، غوطه‌وری کلی دماسنج توصیه نمی‌گردد. اگر قرار باشد دماسنجه‌ها کاملاً در مایع غوطه‌ور شوند، باید اصلاحات و کالیبراسیون لازم، بر اساس شرایط بوجود آمده در هر کدام از دماسنجه‌ها انجام شود. هرگاه دماسنجه‌ها در زمان استفاده کاملاً در وان مربوطه غوطه‌ور شود، فشار گاز در مخزن انبساط، بالاتر و یاپائین‌تر از زمان استاندارد نمودن دماسنج خواهد شد که ممکن است باعث بالا و پائین شدن قرائت درجه حرارت گردد.

۶-۳-۲ با استفاده از روش داده شده در روش آزمایش E77 و اصلاحات لازم و منطقی، منطبق با هرگونه تغییراتی در قرائت دما، لازم و ضروریست که مایع در ترمومتر شیشه‌ای متناوباً کنترل و کالیبره شود. قرائت درجه حرارت باید با دقت $0/02$ درجه فارنهایت و $0/01$ درجه سانتی‌گراد صورت گیرد. دماسنجه‌های جدید در ابتدا باید هر هفته کنترل شوند. روش آزمایش E77 که بطور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد، شامل اصلاحاتی است که بر اساس تغییر کالیبراسیون در نقطه انجماد صورت می‌گیرد.

۶-۴ برای غوطه‌ور کردن روانی سنج، وانی مناسب است که لبه آن تا انتهای فوقانی (بخش موئینه و مخزن) کند روانی سنج حداقل ۲۰ میلی متر فاصله داشته و در آن قابلیت کامل دید برای کند روانی سنج و دماسنج فراهم باشد. برای کند روانی سنج در وان باید تکیه‌گاه ثابتی در نظر گرفته شده و یا کند روانی سنج باید از عناصر اصلی وان باشد. میزان کارایی عمل گرمایی و تعادل بین گرمای داده شده و اتلاف گرما باید طوری باشد که دمای متوسط در وان از حد $\pm 0/05$ درجه فارنهایت و یا $\pm 0/03$ درجه سانتی‌گراد در طول کند روانی سنج و یا کند روانی سنج به کندروانی سنج در حالتهای متفاوت وان در دمای 140 درجه فارنهایت (60 درجه سانتی‌گراد) تجاوز ننماید. تغییرات دمائی در 275 درجه فارنهایت (135 درجه سانتی‌گراد) نباید از حد $0/05$ درجه فارنهایت ($0/03$ درجه سانتی‌گراد) تجاوز نماید.

توجه ۲: آب مقطر مایع مناسبی برای استفاده در وان برای اندازه‌گیری‌ها در دمای 140 درجه فارنهایت (60 درجه سانتی‌گراد) می‌باشد. نفت سفید USP با نقطه اشتعال بالای 420 درجه فارنهایت (215 درجه سانتی‌گراد) برای اندازه‌گیری در دمای 275 درجه فارنهایت (135 درجه سانتی‌گراد) مناسب تشخیص داده شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نقطه اشتعال طبق روش D92 تعیین می‌گردد.

۵-۶ زمان سنج

کرونومتر و یا زمان‌سنجهای دیگر از این قبیل، با درجه بندی ۰/۱ ثانیه و یا کمتر و با دقت ۰/۰۵ درصد تحت آزمایش زمانی بیش از ۱۵ دقیقه، برای اندازه‌گیری زمان آزمایش مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۶-۶ زمان سنج الکتریکی

از این وسیله ممکن است تنها در مدارهای الکتریکی، برای تعیین فرکانسها و کنترل آنها با دقت ۰/۰۵ درصد و یا دقت بهتر استفاده شود.

۶-۶-۱ جریانهای متناوب

استفاده از فرکانسهای متناوب در زمان‌سنجهای الکتریکی صلاح نمی‌باشد چرا که فرکانسهای متناوب بطور مستمر، بصورتی که در برخی سیستمهای برقی میسر است قابل کنترل نیستند و بخصوص در فاصله زمانی کوتاه باعث خطای زیاد می‌شوند.

۷- تهیه و آماده کردن نمونه

۱-۷ برای بحد اقل رساندن خروج مواد فرار اجزاء متشکله نمونه و برای دستیابی به نتایج مطلوب اقدامات ذیل الزامی است.

۷-۱-۱ روش تهیه نمونه قیر مایع و روغن جاده‌ای

۷-۱-۱-۱ اجازه داده شود که حرارت نمونه علامت‌گذاری شده به درجه حرارت محیط برسد.

۷-۱-۱-۲ ظرف محتوی نمونه را باز کرده و نمونه را برای مدت ۳۰ ثانیه کاملاً هم بزنید. با دقت به اینکه از محبوس شدن هوا در داخل نمونه اجتناب گردد.

اگر نمونه برای بهم زدن بیش از حد چسبنده و غیر روان باشد، آنرا در ظرف کاملاً بسته گذاشته و در درون وان و یا اون (گرمخانه) با دمای 145 ± 5 درجه فارنهایت (3 ± 63 درجه سانتی‌گراد) گرم نمائید تا روانی لازم را در گرمای داده شده بدست آورد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷-۱-۱-۳ بلافاصله کند روانی سنج را پر نمائید، و یا اگر احتمالاً قرار باشد آزمایش دیرتر انجام گیرد، حدود تقریباً ۲۰ میلی گرم از نمونه را در یک و یا چند ظرف خشک و تمیز که دارای ظرفیتی ۳۰ میلی لیتر باشند ریخته و آنها را بلافاصله مسدود نمائید به نحویکه غیر قابل نفوذ هوا شوند.

۷-۱-۱-۴ برای مواد، باکند روانی های کینماتیک بیش از ۸۰۰ سانتی استوکس در حرارت ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتی گراد)، ۲۰ میلی گرم از نمونه را در ظرف کاملاً مسدود در وان و یا گرمخانه قرار داده و در دمای درجه فارنهایت (۶۳±۳) درجه سانتی گراد) حرارت دهید، تا روانی لازم را برای آزمایش باکند روانی سنج پیدا کند. زمان نگهداری این گونه نمونه ها در اون و یا وان نباید از ۳۰ دقیقه تجاوز نماید.

۷-۱-۲ روش آزمایش جهت قیرهای خالص

۷-۱-۲-۱ نمونه قیر خالص را با دقت بسیار حرارت دهید (بنحویکه از گرمای بیش از حد موضعی جلوگیری شود)، تا جاییکه مایع حالت روانی لازم و یکنواختی خود را پیدا کند.

۷-۱-۲-۲ حداقل ۲۰ میلی گرم از نمونه را به ظرف مناسب منتقل و آن را تا دمای 275 ± 10 درجه فارنهایت ($135 \pm 3/5$ درجه سانتی گراد) گرم نمائید.

برای جلوگیری از افزایش دمای موضعی، بر حسب موقعیت آنرا هم زده و دقت نمائید تا از محبوس شدن هوا در داخل نمونه جلوگیری شود.

۸- روش آزمایش

۸-۱ برای انجام آزمایش با انواع مختلف کندروانی سنجها، در این روش جزئیات ویژه متفاوتی وجود دارد که شرح آنها در پیوست شماره A۲ آمده است. در همه حال پیروی از روشهای تشریح شده در بندهای ۸-۸ تا ۸-۸ الزامیست.

۸-۲ دمای وان را در حد درجه حرارت آزمایش با دقت $2/02 \pm$ درجه فارنهایت ($0/01 \pm$ درجه سانتی گراد) برای آزمایش با ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتی گراد) و با دقت $0/05 \pm$ درجه فارنهایت ($0/03$ درجه سانتی گراد) برای آزمایش با ۲۷۵ درجه فارنهایت (۱۳۵ درجه سانتی گراد) حفظ نموده و در صورت لزوم اصلاحات لازم را برای کلیه قرائتهای درجه حرارت انجام دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۳ یک کند روانی سنج تمیز و خشک را که دارای زمان عبور بزرگتر از ۶۰ ثانیه باشد انتخاب نموده و آنرا تا رسیدن به درجه حرارت آزمایش گرم نمایید.

۸-۴ کند روانی سنج رابطریتی که در طرح آن بیان شده، بدانگونه که در پیوست شماره ۸۲ تشریح گردیده پر نماید. ۸-۵ اجازه دهید کند روانی سنج پر شده، برای مدت زمان کافی در وان بماند تا به درجه حرارت آزمایش برسد، همانگونه که در ضمیمه ۸۲ تشریح شده است.

۸-۶ اجازه دهید قیر در داخل کند روانی سنج شروع به حرکت نماید، بنحویکه در ضمیمه ۸۲ تشریح شده است. ۸-۷ زمان لازم را با دقت ۰/۱ ثانیه برای عبور لبه قوسی شکل قیر از اولین خط نشان، و رسیدن به دومین خط نشان، در کند روانی سنج اندازه گیری نمایید. اگر این زمان عبور کمتر از ۶۰ ثانیه باشد باید کند روانی سنج دیگری را که دارای لوله موئین، با قطر کوچکتر باشد انتخاب و آزمایش را مجدداً تکرار نمایید.

۸-۸ پس از اتمام آزمایش، کند روانی سنج را با حلالهای مناسب کاملاً تمیز نمایید، بنحویکه اثری از نمونه در داخل کند روانی سنج باقی نماند. سپس کند روانی سنج را با جریان آهسته هوا که باید از صافی عبور داده شود خشک نمایید. جریان هوا برای مدت ۲ دقیقه و یا از بین رفتن کامل آخرین اثرات حلال در لوله موئین کند روانی سنج باید ادامه یابد.

برای از بین بردن رسوبات ارگانیکی باید کند روانی سنج را متناوباً با حلالهای اسیدی قوی تمیز نموده و سپس آنرا با آب مقطر و استون فرار شستشو داده و با عبور دادن جریان هوا خشک نمایید.

۸-۸-۱ محلول اسید کرمیک که ممکن است بصورت ذیل تهیه شود، در تمیز کردن کند روانی سنج مورد استفاده قرار می گیرد: ۸۰۰ میلی لیتر اسید سولفوریک با غلظت مناسب، با احتیاط، به محلولی که شامل ۹۲ گرم دی کرمات سدیم و ۴۵۸ میلی لیتر آب می باشد اضافه می گردد. استفاده از نوع مشابه محلول اسید سولفوریک موجود در بازار نیز مجاز می باشد. از بکار بردن محلولهای غیر کرومیومی که شامل اسیدهای با خاصیت اکسیدکنندگی قوی می باشند اجتناب نمود.

۸-۸-۲ استفاده از محلولهای دارای خاصیت قلیائی برای تمیز کردن، بدلیل اینکه باعث تغییر در کالیبراسیون کند روانی سنج می شوند توصیه نمی گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول شماره ۱

قابلیت پذیرش نتایج آزمایش کند روانی کینماتیک:

توضیح: ارقام داده شده در ستون ۲ جدول، ضرایب تغییرات بدست آمده، مناسب برای نوع مصالح و شرایط آزمایش مندرج در ستون اول جدول می باشند. اعداد مندرج در ستون ۳ جدول حدودی هستند که اختلاف بین نتایج دو آزمایشی که بصورت کاملاً دقیق انجام گرفته باشند، تجاوز نمایند.

میزان قابل قبول بودن برای دو نتیجه آزمایش درصد میانگین (الف)	ضرایب تغییرات درصد میانگین (الف)	فهرست مصالح و نوع آزمایش
۱/۸	۰/۶۴	دقت عمل یک آزمایش کننده - قیرخالص در ۲۷۵°F (۱۳۵°C) - قیرهای مایع در ۱۴۰°F (۶۰°C) :
۱/۵	۰/۵۳	پائین تر از ۳۰۰۰ CST
۲/۰	۰/۷۱	۳۰۰۰-۶۰۰۰ CST
۸/۹	۳/۲	۶۰۰۰ CST و بالاتر
۸/۸	۳/۱	دقت عمل در چند آزمایشگاه - قیر خالص در ۲۷۵°F (۱۳۵°C) - قیرهای مایع در ۱۴۰°F (۶۰°C) :
۳/۰	۱/۰۶	پائین تر از ۳۰۰۰ CST
۹/۰	۳/۱۱	۳۰۰۰-۶۰۰۰ CST (ب)
۱۰/۰	۳/۶	۶۰۰۰ CST و بالاتر (ب)

(الف): این اعداد بر تریب نشاندهنده حدود (۱S%) و (D2S%) می باشند، همانگونه که در دستورالعمل شماره C670 شرح داده شده است.

(ب): بر اساس کمتر از ۳۰ درجه آزادی

۹- محاسبه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

کند روانی کینماتیک را با استفاده از معادله زیر محاسبه کنید :

$C.t =$ کند روانی کینماتیک، بر حسب سانتی استوکس

جائیکه :

$C =$ ضریب ثابت کالیبراسیون کند روانی سنج، بر حسب سانتی استوکس بر ثانیه

$t =$ زمان عبور جریان بر حسب ثانیه

ترجیحاً در دیگر انتشارات موسسه استاندارد ASTM در رابطه با کند روانی و نتایج حاصل از آزمایشهای مربوط به روشهای مذکور ممکن است از استانداردهای زیر استفاده شود :

- روش آزمایش D445

- دستورالعمل D2161

- استاندارد D2493

- مشخصات D446

۱۰- گزارش

۱-۱۰ درجه حرارت آزمایش در همه حالات باید همراه نتیجه آزمایش گزارش گردد .

برای مثال کند روانی کینماتیک در ۱۴۰ درجه فارنهایت برابر ۷۵/۶ استوکس می باشد .

۱۱- صحت

معیار قضاوت در مورد قابل قبول بودن نتایج آزمایش کند روانی در این روش، در جدول شماره ۱ تشریح شده است .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ضمائم:

A1 محاسبه کند روانی مایع نیوتونی:

A1-1 کند روانی مایع نیوتونی از محاسبه کند روانی کینماتیک یعنی از حاصلضرب کند روانی کینماتیک در دانسیته مایع در درجه حرارت بدست می آید.

A1-2 برای قیرهای طبقه بندی شده در راهسازی، مقدار دانسیته در دمای 275 درجه فارنهایت (135 درجه سانتیگراد) را می توان از حاصلضرب چگالی مایع در دمای درجه فارنهایت 77/77 درجه فارنهایت ($\frac{25}{75}$ درجه سانتی گراد) در ضریب $\frac{0.934}{cm^3}$ و یا از حاصلضرب چگالی مایع در دمای $\frac{60}{60}$ درجه فارنهایت ($\frac{15}{5}$ درجه سانتی گراد) با ضریب $\frac{0.931}{cm^3}$ بدست آورد.

این ضرایب بر اساس ضریب انبساط متوسط قیر خالص در 0.0034/ درجه فارنهایت (0.0061/ درجه سانتیگراد) بدست می آیند.

A1-3 هنگامیکه چگالی قیر مشخص نباشد، کند روانی قابل قبول آن در دمای 275 درجه فارنهایت (135 درجه سانتی گراد) از حاصلضرب کند روانی کینماتیک در 275 درجه فارنهایت (135 درجه سانتیگراد) در دانسیته فرضی $\frac{0.948}{cm^3}$ بدست می آید. این دانسیته معادل چگالی به میزان 1/015 در $\frac{77}{77}$ درجه فارنهایت ($\frac{25}{75}$ درجه سانتی گراد) می باشد. از آزمایشهاییکه بر روی تعداد زیادی قیر انجام گرفته است، نتیجه شده است که خطا از ناحیه دانسیته فرضی از 3 درصد تجاوز نمی نماید.

A2 کند روانی سنج ها با جریان معکوس

A2-1 هدف

A2-1-1 کند روانی سنج ها با جریان معکوس برای مایعات شفاف و غیر شفاف شامل کتن - فنسک، زیتفاخس با بازوی اتصالی، B/S/IP/RF و لنتز - زیتفاخس می باشند. این کند روانی سنجها برای اندازه گیری کند روانی کینماتیک مایعات شفاف و غیر شفاف تا 100000 سانتی استوکس بکار می روند. ولی در کند روانی سنجهای اصلاح شده ای از قبیل استوالد و تراز غوطه وری، نمونه مایع در لوله شیشه ای مخزن دار زمانی که قبلاً تماس با لوله نداشته جریان می یابد و بنابراین باعث این می شود که جدار مخزن لوله با یک فشار نازک غیر شفاف پوشش شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۲: وسایل آزمایش:

۱-۲-۲: شکل‌های کند روانی سنجهای با جریان معکوس با جزئیات و اندازه‌های مشخص اعداد ثابت تقریبی، حدود کند روانی کینماتیکی، قطر لوله‌های موئین و حجم مخازن لوله‌ها (غیر موئین) در شکل‌های شماره ۱-۲ تا ۴-۲ نشان داده شده‌اند. در این روش میزان کند روانی کینماتیکی بر اساس زمان عبور جریان در حداقل ۶۰ ثانیه محاسبه شده است.

همچنین کند روانی سنجهای مشابهی با کند روانیهای متفاوت بر اساس زمان عبور جریان، حداقل ۲۰۰ ثانیه در مشخصات شماره D446 تشریح شده است. اندازه لوله‌های فوقانی کند روانی سنج یعنی لوله‌های K, N, M, L در شکل‌های ۱-۲ تا ۴-۲ ممکن است افزایش و یا کاهش یابند تا نیازهای تشریح شده در بخش ۴-۶ مربوط به غوطه‌وری تحقق یابد.

۲-۳: دستورالعمل استفاده از دستگاه:

۱-۳-۲: یک روش استاندارد راه اندازی دستگاه در بخش ۷ آمده است. راهنمائیهای بیشتر جهت چگونگی استفاده از کند روانی سنج‌ها با جریان معکوس در بخش‌های ۱-۳ تا ۸-۳ بیان شده است و تاکید بر روی روشهایی دارد که مختص این دستگاههای ویژه و یا دستگاههایی از این گروه می‌باشد. ۲-۳-۲: کند روانی سنجهایی را انتخاب نمایید که خشک و تمیز بوده و زمان عبور جریان مایع در آنها بیش از ۶۰ ثانیه باشد.

۳-۳-۲: کند روانی سنج را طبق روشی که در مشخصات طرح دستگاه تدوین شده است پر نمایید، در این رابطه از عواملی که در هنگام کالیبره نمودن کند روانی سنج بکار گرفته می‌شوند نیز پیروی نمایید. اگر نمونه دارای ناخالصی و ذرات جامد و غیره باشد از فیلتر مخصوص که در روش آزمایش D445 عنوان شده است استفاده نمایید.

۱-۳-۳-۲: در استفاده از کند روانی سنج کتن - فنسک، کند روانی سنج را وارونه نمایید تا مایع جذب لوله L شده و لوله N در مایع غوطه ور گردد. مایع درون لوله N بطرف مخزن D کشیده شده و تا نقطه نشان G پر می‌شود. اگر اضافاتی از نمونه که در لوله N باقی مانده باشد، تخلیه نموده و پس از تمیز کردن آن، دستگاه کند روانی سنج را بحالت اولیه خود برگردانید. سپس کند روانی سنج با درجه حرارت ثابت بحالتی که لوله بصورت عمودی باشد، قرار دهید (شکل ۲-۲).

۳-۳-۳-۲: دهانه کند روانی سنج زیتفاخس با بازوی اتصالی را در وان با درجه حرارت ثابت بنحوی که لوله N بصورت عمودی باشد قرار دهید عبور مایع از لوله N به طرف مخزن D به نحوی صورت گیرد که جدار داخلی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

لوله N با مایع مرطوب نگردد و مخزن D تا فاصله ۰/۵ میلی متر مانده به نقطه نشان G برگردد (شکل ۲-۲-۸۲). بالاتر از درجه حرارت آزمایش ریخته شود، باید مدت حدود ۱۵ دقیقه صبر کنید تا دمای نمونه در کندروانی سنج به درجه حرارت وان برسد و سپس مقدار بیشتری از نمونه را مجدداً اضافه نمایید تا به آرامی بطرف لوله K سرریز شود (شکل ۳-۲-۸۲).

۴-۳-۲-۸۲: دهانه کند روانی سنج BS/IP/RF رادر وان با درجه حرارت ثابت آزمایش، بصورتی قرار دهید که لوله L بحالت عمودی باشد. نمونه را بدون لوله N، بمقداری که تا نقطه ای درست بالاتر از خط نشان G پر شود، بریزید. اجازه دهید نمونه آزادانه در لوله موئین R جریان یابد تا سطح پائین هلالی شکل مایع به نقطه ای که تقریباً ۵ میلی متر پائین تر از خط نشان H می باشد برسد. باید مواظب باشید که در ستون مایع انقطاع و شکستگی بوجود نیاید. در این حالت دریچه لوله L را با چوب پنبه و یا لاستیک مسدود نمایید تا عبور جریان متوقف گردد. در صورت لزوم مقدار دیگری از نمونه را بدون لوله N اضافه نمایید تا سطح قوسی شکل فوقانی مایع کمی بالاتر از خط نشان G قرار گیرد. پس از رسیدن دمای نمونه به درجه حرارت وان (رجوع شود به بند ۴-۳-۲-۸۲)، و خروج حبابهای هوا از داخل نمونه به سطح آن، دریچه لوله L را باز کرده و اجازه دهید سرفوسی شکل مایع تا نقطه H برسد و بلافاصله دریچه را مجدداً مسدود نمایید. سپس مقدار اضافی نمونه، بالاتر از خط نشان G را با لوله قیفی شکل مخصوصی که تا طول ۷۵ میلی متر داخل لوله N نموده و چوب پنبه نگهدارنده آن که با سر لوله N تماس پیدا می کند، خارج نمایید. در این مرحله عمل مکش بالوله قیفی شکل را تا زمانی ادامه دهید که دیگر، هوا داخل لوله شود، و باید دقت نمایید که نقطه فوقانی سطح قوسی شکل مایع با خط نشان G منطبق و هم سطح باشد، (شکل ۴-۲-۸۲).

۴-۳-۲-۸۲: اجازه دهید که کند روانی بمدت کافی (حداقل ۱۰ دقیقه و حداکثر ۳۰ دقیقه) در وان با درجه حرارت ثابت آزمایش، بماند تا اطمینان حاصل شود، دمای نمونه با درجه حرارت وان معادل شده است.

۵-۳-۲-۸۲: برای کند روانی سنج های کتن - فنسک و BS/IP/RF بترتیب دریچه های لوله های N و L را باز کرده و اجازه دهید که نمونه با نیروی جاذبه جریان پیدا کند.

برای کند روانی سنج زیتفانس با بازوی اتصالی، عمل آرام مکش در لوله N (و یا فشار در لوله M) را انجام دهید. این عمل باعث می شود که سطح قوسی شکل مایع در لوله سیفونی شکل بطرف بالا حرکت کرده و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

به نقطه تقریباً ۳۰ میلی متری پائین لوله D در لوله موئین R برسد، و سپس جریان مایع تحت تاثیر نیروی جاذبه آغاز می شود .

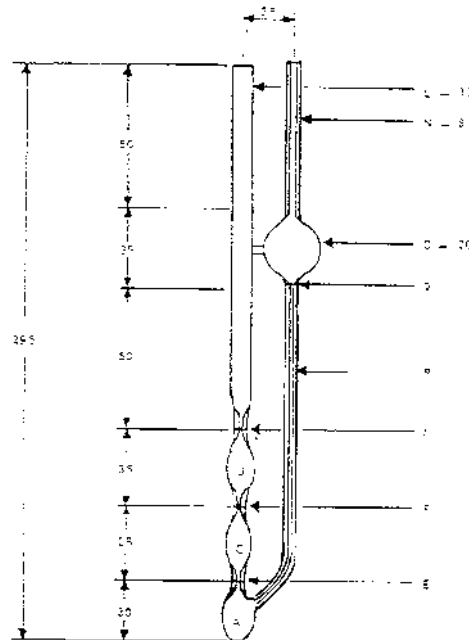
برای کند روانی سنج لنتز زیتفاخس ، عمل آرام مکش در لوله (و یا فشار در لوله N با بسته بودن لوله K) را انجام دهید، تا اینکه سطح پائین قوسی شکل نمونه مقابل خط نشان E قرار بگیرد و سپس اجازه دهید مایع تحت تاثیر نیروی جاذبه جریان یابد .

۶-۳-۸۲ زمان لازم برای رسیدن لبه جلویی قوسی شکل مایع از خط نشان E به خط نشان F را، با دقت ۰/۱ ثانیه به نحویکه در بخش ۶ این روش بیان گردیده اندازه گیری نمایید .

۷-۳-۸۲ مقدار کند روانی را بنحویکه در بخش ۷ این روش آمده است محاسبه نمایید .

۸-۳-۸۲ کند روانی سنج را با چند بار شستشو توسط حلال مناسب بطور کامل تمیز نمایید تا عاری از هرگونه اثری از نمونه گردد، در این رابطه از حلال کاملاً فرار نیز استفاده نمایید. سپس کند روانی سنج را با جریان ملایم هوا که از صافی عبور می دهید، کاملاً خشک نمایید. جریان هوا دست کم بمدت ۲ دقیقه و یا تا زمانیکه آخرین اثرات حلال از بین برود باید ادامه یابد .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

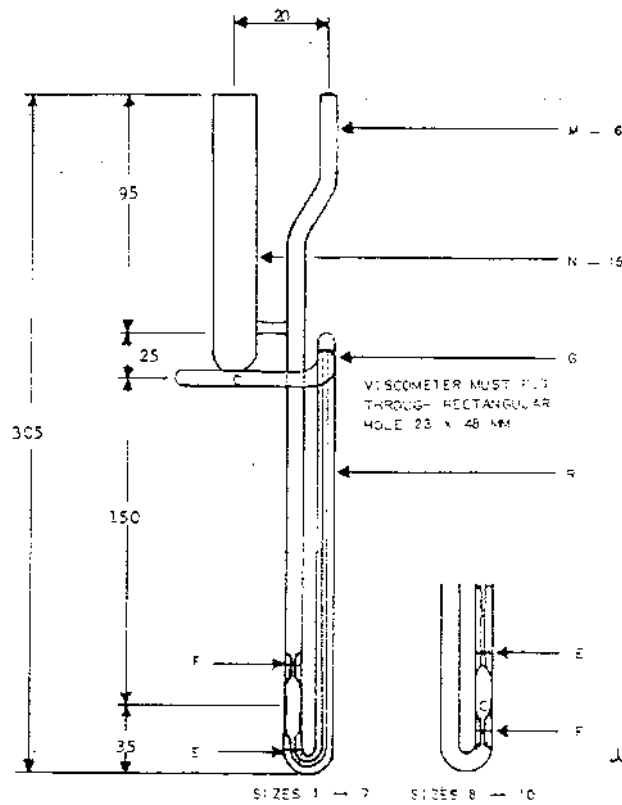


توجه: همه اندازه‌ها به میلیمتر می‌باشند
مقدار و حدود کند روانی کینماتیک

شماره اندازه	مقدار تقریبی ضریب ثابت CST/S	حدود کند روانی کینماتیک CST	قطر داخل لوله R,(mm) (±%۲)	قطرهای داخلی لوله های N-G-E-F-I mm(± %۰.۵)	حجم مخزنهای A-C-J mL(±%۰.۵)	حجم مخزنی D,(ml) (±%۰.۵)
۲۰۰	۰/۱	۶-۱۰۰	۱/۰۲	۳/۲	۲/۱	۱۱
۳۰۰	۰/۲۵	۱۵-۲۰۰	۱/۲۶	۳/۴	۲/۱	۱۱
۳۵۰	۰/۵	۳۰-۵۰۰	۱/۴۸	۳/۴	۲/۱	۱۱
۴۰۰	۱/۲	۷۲-۱۲۰۰	۱/۸۸	۳/۴	۲/۱	۱۱
۴۵۰	۲/۵	۱۵۰-۲۵۰۰	۲/۲۰	۳/۷	۲/۱	۱۱
۵۰۰	۸	۴۸۰-۸۰۰۰	۳/۱۰	۴/۰	۲/۱	۱۱
۶۰۰	۲۰	۱۲۰۰-۲۰۰۰	۴/۰۰	۴/۷	۲/۱	۱۳

شکل ۱-۲-۱: کند روانی سنج کین - فنسک برای مایعات شفاف و غیر شفاف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



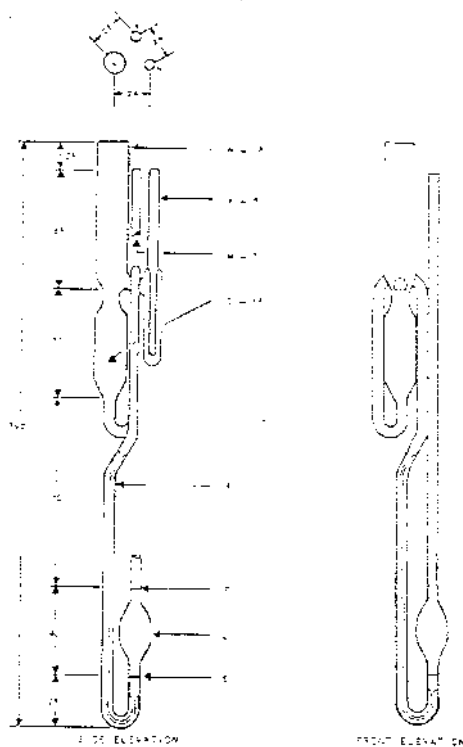
توجه: همه اندازه‌ها به میلیمتر می‌باشند

مقدار و حدود کند روانی کینماتیک

شماره اندازه	مقدار تقریبی ضریب کینماتیک Cst/s ثابت	حدود کند روانی کینماتیک Cst	قطر داخلی لوله R mm ($\pm 2\%$)	طول لوله R (mm)	حجم مخزنی تحتانی mL ($\pm 5\%$)	قطر لوله افقی mm ($\pm 5\%$)
۴	۰/۱۰	۶-۱۰۰	۰/۶۴	۲۱۰	۰/۳	۳/۹
۵	۰/۳	۱۸-۳۰۰	۰/۸۴	۲۱۰	۰/۳	۳/۹
۶	۱/۰	۶۰-۱۰۰۰	۱/۱۵	۲۱۰	۰/۳	۴/۳
۷	۳/۰	۱۸۰-۳۰۰۰	۱/۴۲	۲۱۰	۰/۳	۴/۳
۸	۱۰/۰	۶۰۰-۱۰۰۰۰	۱/۹۳	۱۶۵	۰/۲۵	۴/۳
۹	۳۰/۰	۱۸۰۰-۳۰۰۰۰	۲/۵۲	۱۶۵	۰/۲۵	۴/۳
۱۰	۱۰۰/۰	۶۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۳/۰۶	۱۶۵	۰/۲۵	۴/۳

شکل شماره ۲-۲-۸۲- کند روانی سنج ریتناخس با بازوی اتصالی برای مایعات شفاف و غیر شفاف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



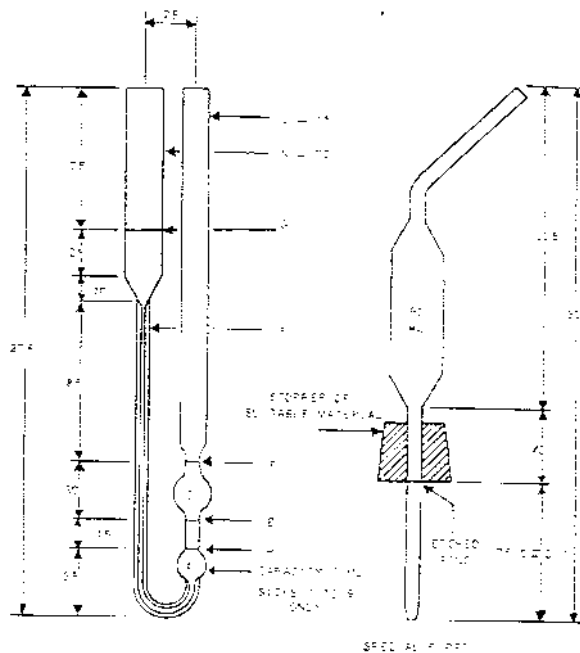
توجه: همه اندازه‌ها به میلی‌متر می‌باشند

مقدار و حدود کند روانی کینماتیک

شماره اندازه	مقدار تقریبی ضریب ثابت Cst/s	حدود کند روانی کینماتیکی Cst	قطر داخلی لوله R mm ($\pm 2\%$)	طول لوله R (mm)	حجم مخزنی نحتانی mL ($\pm 5\%$)
۵	۰/۳	۱۸-۳۰۰	۱/۶۵	۴۹۰	۲/۷
۶	۱/۰	۶۰-۱۰۰۰	۲/۲۵	۴۹۰	۲/۷
۷	۳/۰	۱۸۰-۳۰۰۰	۳/۰۰	۴۹۰	۲/۷
۸	۱۰/۰	۶۰۰-۱۰۰۰۰	۴/۱۰	۴۹۰	۲/۷
۹	۳۰/۰	۱۸۰۰-۳۰۰۰۰	۵/۲۰	۴۹۰	۲/۷
۱۰	۱۰۰/۰	۶۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۵/۲۰	۴۹۰	۰/۸۵

شکل شماره ۳-۲۴ کندروانی سنج لنتز - زیتفاخس با جریان معکوس برای مایعات غیر شفاف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



توجه: همه اندازه‌ها به میلیمتر می‌باشند

مقدار و حدود کند روانی کینماتیک

شماره اندازه	مقدار تقریبی ضریب ثابت CST/S	حدود کند روانی کینماتیک CST	قطر داخلی لوله R, (mm) (±%۲)	طول لوله R (mm)	قطر داخلی لوله‌های E-F-G mm	حجم مخزن C (ml) (±%۵)
۴	۰/۱	۶-۱۰۰	۱/۲۶	۱۸۵	۳/۰-۳/۳	۴/۰
۵	۰/۳	۱۸-۳۰۰	۱/۶۴	۱۸۵	۳/۰-۳/۳	۴/۰
۶	۱/۰	۶۰-۱۰۰۰	۲/۲۴	۱۸۵	۳/۰-۳/۳	۴/۰
۷	۳/۰	۱۸۰-۳۰۰۰	۲/۹۳	۱۸۵	۳/۳-۳/۶	۴/۰
۸	۱۰	۶۰۰-۱۰۰۰۰	۴/۰۰	۱۸۵	۴/۴ ۴/۸	۴/۰
۹	۳۰	۱۸۰۰-۳۰۰۰۰	۵/۵۰	۱۸۵	۶/۰-۶/۷	۴/۰
۱۰	۱۰۰	۶۰۰۰-۱۰۰۰۰۰	۷/۷۰	۲۱۰	۷/۷۰	۴/۰
۱۱	۳۰۰	۱۸۰۰۰ ۳۰۰۰۰۰	۱۰/۰۰	۲۱۰	۱۰/۰۰	۴/۰

شکل شماره ۴-۲-۴-A - (کندروانی سنج BS/IP/RF) بالوله U شکل با جریان معکوس برای مایعات غیر شفاف.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

A ۳: کالیبراسیون ویسکومترها

A ۳-۱: هدف:

A ۳-۱-۱: در این مبحث شرح مربوط به مصالح و روشهای استفاده برای کالیبراسیون و یا کنترل کالیبراسیون کند روانی سنجها تشریح شده است.

A ۳-۲: مصالح

A ۳-۲-۱: استانداردهای کند روانی مواد روغنی مطابق با استاندارد ASTM:

این استانداردها دارای کند روانیهای کینماتیک تقریبی می باشند که در جدول شماره A ۳-۱ نشان داده شده اند. مقادیر تائید شده کند روانی کینماتیک بدست آمده با هر نمونه عرضه شده است.

کند روانی کینماتیک تقریبی CST			استانداردهای کند روانی مواد روغنی مطابق با استانداردهای ASTM
در ۲۱۰°F (۹۹°C)	در ۱۲۲°F (۵۰°C)	در ۱۰۰°F (۳۷/۸°C)	ASTM
-	-	۶۰	S۶۰
-	-	۲۰۰	S۲۰۰
۳۲	۲۸۰	۶۰۰	S۶۰۰
-	-	۲۰۰۰	S۲۰۰۰
-	-	۸۰۰۰	S۸۰۰۰
-	۱۱۰۰۰	۲۷۰۰۰	S۳۰۰۰۰

(استانداردهای کند روانی مواد روغنی)

جدول شماره (A ۳-۱)

A ۳-۳: کالیبراسیون

A ۳-۳-۱: کالیبراسیون ویسکومتر در حالت عادی، به کمک استانداردهای کند روانی مایع:

مایع استاندارد را که دارای حداقل ۲۰۰ ثانیه زمان جریان، در درجه حرارت کالیبراسیون [ترجیحاً ۱۰۰°F (۳۷/۸°C)] باشد، از جدول شماره A-۱ انتخاب نمائید.

زمان عبور جریان را با دقت تقریبی ۰/۱ ثانیه طبق روش مشروح در بخش ۷ تعیین نموده و عدد ثابت کند روانی سنج (C) را که براساس فرمول زیر محاسبه نمائید.

$$C = \frac{\gamma}{t}$$

در این رابطه:

γ = کند روانی مایع استاندارد برحسب سانتی استوک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

$t =$ زمان عبور جریان بر حسب ثانیه

A ۳-۳-۲ عدد ثابت کند روانی سنج برای کند روانی سنجهای زیتفاخس با بازوی متقاطع، لنتز - زیتفاخس و

(BS/IP/RF) با لوله U شکل، مستقل از درجه حرارت می باشد

A ۳-۳-۳ کند روانی سنج کانن - فنسک، دارای گنجایش نمونه باحجم ثابت می باشد که در درجه حرارت

آزمایش، در حین ریختن نمونه در نظر گرفته می شود.

اگر درجه حرارت آزمایش با درجه حرارت زمان ریختن نمونه تفاوت داشته باشد، عدد ثابت

کند روانی سنج بصورت فرمول زیر محاسبه می شود.

$$C_t = C_o [1 + F(T_t - T_f)]$$

در این رابطه :

$C_o =$ عدد ثابت و کند روانی سنج وقتیکه در درجه حرارت یکسان ریخته و آزمایش شود،

$T =$ درجه حرارت،

$F =$ ضریب وابسته به درجه حرارت (رجوع شود به بخش ۴-۳-۳-۴)،

$T_t =$ درجه حرارت آزمایش

$T_f =$ درجه حرارت زمان ریختن.

A ۳-۳-۴ : عدد ثابت وابسته به درجه حرارت را طبق فرمول زیر محاسبه نمائید :

$$F = \frac{4V(P_f - P_t)}{\pi d^2 h P_t (T_t - T_f)}$$

در این رابطه :

$V =$ حجم مایع بکار گرفته شده بر حسب cm^3

$d =$ قطر متوسط لوله مخزنی فوقانی بر حسب cm

$h =$ میانگین قطر دهانه ورودی لوله بر حسب cm

$\alpha =$ ضریب انبساط گرمایی نمونه آزمایش بین درجه حرارت ریختن و درجه حرارت آزمایش.

$p =$ دانسیته بر حسب g/cm^3

$T_t =$ درجه حرارت آزمایش

$T_f =$ درجه حرارت در زمان ریختن

A ۳-۳-۵ : هرگاه کند روانی سنج بغیر از محلی که در آن کالیبره شده مورد استفاده قرار گیرد، عدد ثابت C

بخطرات اختلاف شتاب جاذبه بین دو حالت، شرح ذیل باید اصلاح شود :

$$C_v = \left(\frac{g_2}{g_1}\right) \times C_1$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

در این رابطه :

C_2 = ضریب ثابت کالیبراسیون در آزمایشگاه محل آزمایش،

C_1 = ضریب ثابت کالیبراسیون در آزمایشگاه محل کالیبراسیون،

g_2 = شتاب جاذبه در آزمایشگاه محل آزمایش.

g_1 = شتاب جاذبه در آزمایشگاه محل کالیبراسیون

مقدار شتاب جاذبه (g) در محل آزمایشگاه کالیبراسیون در دفترچه مشخصات و کند روانی سنج باید ذکر شود. نارسائی در اصلاح نیروی جاذبه، نتیجه‌ای با خطا $0.2/0$ درصد را بدنبال خواهد داشت.

A 3-3-6 : کالیبراسیون کند روانی سنج عادی با کمک کند روانی سنج استاندارد شده :

برای این کار نوعی روغن نفتی، که دارای دست کم 200 ثانیه زمان عبور جریان باشد، و همچنین نوعی کند روانی سنج استاندارد شده را که دارای عدد ثابت C شناخته شده باشد انتخاب نمائید. این کند روانی سنج ممکن است یک کند روانی سنج شاخصی باشد که با روش افزایش یافته یعنی با استفاده از کند روانی سنج که قطر آن بمرور افزایش یافته و در شروع با آب مقطر در کند روانی استاندارد مینا، کالیبره شده باشد (طبق روش D2162)، و یا یک کند روانی سنج عادی از همان نوع که منطبق با یک کند روانی سنج شاخص نیز کالیبره شده باشد. کند روانی سنجهای کالیبره شده توسط تعدادی از سازندگان در مراکز تجاری قابل دسترسی می‌باشند.

A 3-3-6-1 : کند روانی سنج استاندارد شده را با کند روانی سنجی که قرار است کالیبره شود، در یک وان قرار دهید، و زمان عبور جریان مایع را در آنها، طبق روش بخش 7 تعیین نمائید.

A 3-3-6-2 : ضریب ثابت C را طبق فرمول زیر محاسبه نمائید :

$$C_1 = (t_2 \times c_2) / t_1$$

جائیکه :

C_1 = ضریب ثابت برای کند روانی سنج عادی

t_1 = زمان عبور جریان با دقت 0.1 ثانیه در کند روانی سنج عادی

c_2 = ضریب ثابت برای کند روانی سنج استاندارد

t_2 = زمان عبور جریان با دقت 0.1 ثانیه در کند روانی سنج استاندارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ضمیمه

X-1 : تعیین نقطه انجماد و کالیبره نمودن مجدد دماسنجهای کند روانی کینماتیک

X-1-1 : برای رسیدن به دقت $\pm 0.2^\circ\text{C}$ در دماسنجهای کند روانی کینماتیک ، باید کنترل لازم در نقطه انجماد انجام گرفته و برای تغییراتی که در نقطه انجماد مشاهده می‌گردد اصلاحاتی صورت گیرد. توصیه می‌گردد که فاصله زمانی کنترل برای دماسنجهای هر شش ماه یکبار بوده و برای دماسنجهای جدید، در شش ماه اول، کنترل بصورت ماهانه انجام پذیرد.

X-1-2 : شرح کاملی برای اندازه‌گیری نقطه انجماد و کالیبره کردن مجدد دماسنجهای در روش آزمایش E77 بخش 5-6 آمده است.

پیشنهادهایی که در بخشهای ذیل این ضمیمه عنوان گردیده مختص به دماسنجهای کند روانی کینماتیک، دارای لوله شیشه‌ای جیوه دار می‌باشند که نباید برای دماسنجهایی از نوع دیگر اعمال شود.

X-1-2-1 : در دماسنجهای کند روانی کینماتیک ، قرائت نقطه انجماد باید در فاصله زمانی 60 دقیقه پس از قرار گرفتن در درجه حرارت آزمایش صورت گیرد.

زمان قرائت نباید کمتر از 3 دقیقه باشد. قرائت نقطه انجماد باید با دقت نزدیک به 0.2° درجه فارنهایت و یا 0.1° درجه سانتی گراد باشد.

X-1-2-2 : در این رابطه قطعه‌ای یخ که بهتر است از آب مقطر و یا آب خالص باشد انتخاب نمائید. قطعه یخ باید سالم و عاری از هرگونه آلودگی و یا برفک باشد. قطعه یخ را ابتدا با آب منظر شسته و سپس بوسیله تراش یا شکستگی به قطعات کوچکتر تبدیل نمائید. تکه‌های یخ را باید از هرگونه تماس مستقیم با دست و یا اشیاء آلوده به مواد شیمیایی و ناپاک دور نگهدارید. ظرف شیشه‌ای دو جداره را با قطعات شکسته یخ پر نموده و بمقدار کافی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

آب مقطر و یا آب خالص که قبلاً سرد شده به آن اضافه نمائید تا بصورت یخ - آب درآید. البته نباید مقدار آب بحدی باشد که تکه‌های یخ بحالت شناور درآیند. بمرور که قطعات یخ ذوب می‌شوند منداری از آب داخل ظرف را بیرون کشیده و مقدار بیشتری یخ به داخل ظرف اضافه نمائید. سپس بدنه دماسنج را به آرامی داخل ظرف یخ نمائید، تا عمقی که اطراف آن به اندازه یک واحد درجه بندی زیر صفر درجه سانتی‌گراد (32°F) توسط تکه‌های یخ احاطه گردد. ممکن است لازم شود که به علت ذوب شدن، دماسنج در یخ اطراف دماسنج دوباره محکم شود.

X-1-2-3: پس از سپری شدن تقریباً سه دقیقه و زدن ضربه آهسته به دماسنج، قرائت را آغاز نمائید. قرائت را بصورت متوالی و با فاصله زمانی یک دقیقه انجام دهید، یعنی زمانیکه طی آن درجه دماسنج $0/1$ واحد درجه تغییر می‌کند.

X-1-2-4: نقطه انجماد را ثبت نموده و آنرا با قرائت قبلی مقایسه نمائید. اگر این قرائت نسبت به قرائت با کالیبراسیون قبلی افزایش و یا کاهش داشته باشد، قرائت در همه درجه حرارت‌های دیگر به همان نسبت افزایش و یا کاهش خواهد داشت.

X-1-2-5: از روش انجماد ذکر شده در بخش X-1-1 (بند X-1-2-4) برای کالیبراسیون مجدد دماسنج‌های کند روانی کینماتیکی استفاده می‌شود، و کالیبره کردن کامل جدید دماسنج برای رسیدن به دقت، منطبق با دماسنج طرح، نیازی نمی‌باشد.

X-1-3: توصیه می‌گردد که اینگونه دماسنج‌های کند روانی کینماتیکی در زمانیکه مورد استفاده قرار نمی‌گیرند، بصورت عمودی نگهداری شوند تا انفصال و شکستگی در ستون جیوه بوجود نیاید.

X-1-4: همچنین توصیه می‌شود که در اینگونه دماسنج‌های کند روانی کینماتیکی، قرائت با دقت نزدیک به $\frac{1}{5}$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

واحد تقسیمات مندرج، با استفاده از عدسیهای چشمی مناسب صورت گیرد. از آنجائیکه این دماسنجها نوعاً در وان کند روانی کینماتیکی قرار می‌گیرند و از روبرو قابل رؤیت می‌باشند، با پائین بردن ستون جیوه دماسنج از ۵ تا ۱۵ میلی متر زیر سطح مایع وان، می‌توان درجه حرارت را قرائت نمود.

دقت کنید که از قرار گرفتن محفظه انبساط فوقانی دماسنج در بالای علامت نشان درجه حرارت ثابت وان اطمینان حاصل نمائید.

اگر محفظه انبساط دارای دمای بالاتر و یا پائین‌تر از درجه حرارت محیط باشد، خطای قابل ملاحظه‌ای رخ خواهد داد. این خطا می‌تواند به اندازه یک یا دو واحد از تقسیمات درجه بندی دماسنج باشد. برای اطمینان از قرائت با دقت $\frac{1}{5}$ واحد تقسیمات مندرج باید از عدسی چشمی مناسب مذکور نیز استفاده نمود. /الف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM :D2171

روش آزمایش استاندارد برای تعیین کندروانی قیرها به وسیله کندروانی سنج موئین دارای سیستم حلاء

۱- هدف:

۱-۱ این آزمایش روشی را جهت تعیین کندروانی قیربوسیله کندروانی سنج موئین دارای سیستم حلاء در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) بیان می‌دارد. این روش آزمایش برای قیرهایی که کندروانی آنها بین ۰/۰۳۶ تا ۲۰۰۰۰۰۰ پی‌ااز (P) می‌باشد کاربرد دارد.

توجه ۱: این روش آزمایش برای استفاده در دماهای دیگر نیز مناسب است. ولی دقت نتایج براساس اندازه‌گیری در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) برای قیرهای خالص می‌باشد.

۱-۲: این استاندارد بدین مفهوم نیست که کلیه مسائل و مشکلات ایمنی در صورت وجود رابدان معطوف داشت، بلکه مسئولیت این کار با استفاده کننده از این روش است که قبل از استفاده باید دستورالعمل‌های را در جهت ایمنی و سلامت عمل تدارک دیده و محدودیتهای اجرائی آن را مشخص سازد.

۲- مراجع:

استانداردهای ASTM

E۱ مشخصات دماسنجهای ASTM

E۱۱ - مشخصات الکهای سیمی برای آزمایش

E۷۷ - روش آزمایش برای بررسی و تأیید دماسنجهای شیشه‌ای محتوی مایع

۳- اصطلاحات فنی

۱-۳ تعاریف:

۱-۱-۳ مایع نیوتونی:

مایع نیوتونی مایعی است که در آن نرخ برش متناسب با تنش برشی باشد. نسبت ثابت تنش برشی به نرخ برشی، کندروانی مایع می‌باشد. اگر این نسبت ثابت نباشد مایع غیر نیوتونی است.

۲-۱-۳ کندروانی:

نسبت بین تنش برشی اعمال شده به مقدار برش راضرب کندروانی می‌نامند. این ضریب، سنجشی جهت اندازه‌گیری مقاومت روانی مایع است که معمولاً کندروانی مایع خوانده می‌شود. واحد کندروانی در سیستم واحدی CGS یک گرم بر سانتیمتر ثانیه (یک دین ثانیه بر سانتیمتر مربع) بوده و پی‌ااز (P) خوانده می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

واحد کندروانی در سیستم واحدی SI یک پاسکال برثانیه (یک نیوتون ثانیه بر مترمربع) بوده که معادل ۱۰ پواز می باشد.

۴- خلاصه روش آزمایش

زمان عبور حجم ثابت مایع از لوله موئین، با ایجاد خلاء در لوله و در شرایطی که خلاء و دما دقیقاً کنترل می شود، اندازه گیری می گردد. کندروانی برحسب پواز از حاصلضرب زمان عبور برحسب ثانیه در ضریب کالیبراسیون کندروانی سنج محاسبه می شود.

توجه ۲: میزان برش با حرکت مایع به طرف بالا در لوله کاهش می یابد، و با ایجاد خلاء متفاوت یا استفاده از کندروانی سنج با اندازه های مختلف می تواند تغییر کند. بنابراین، این روش برای اندازه گیری کندروانی های مایعات نیوتونی (ساده) و غیر نیوتونی (مرکب) مورد استفاده قرار می گیرد.

۵- اهمیت و مورد استفاده

۵-۱: کندروانی در ۶۰ درجه سانتیگراد (۱۴۰ درجه فارنهایت) توصیف کننده چگونگی روانی مایع می باشد و ممکن است برای تعیین مشخصات قیرهای مایع و خالص بکار رود.

۶- وسایل آزمایش:

۶-۱: کندروانی سنجهای نوع موئین، ساخته شده از شیشه بوزوسیلیکات که برای این آزمایش مناسب می باشند بقرار ذیلند:

۶-۱-۱: کندروانی سنج کتن منینگ باخلاء (CMV۷) بشرح ضمیمه شماره (X۱)

۶-۱-۲: کندروانی سنج انستیتور آسفالت باخلاء (AI۷۷) بشرح ضمیمه شماره (X۲)

۶-۱-۳: کندروانی سنج کوپرز باخلاء (MK۷۷) بشرح ضمیمه شماره (X۳)

- کندروانی سنجهای کالیبره شده توسط شرکتهای تجاری در دسترس می باشند. جزئیات مربوط به کالیبراسیون و کندروانی سنجها در ضمیمه شماره (X۴) آمده است.

توجه ۳: کندروانی بدست آمده با کندروانی سنج (CMV۷) ممکن است یک تا ۵ درصد کمتر از کندروانیهای بدست آمده با هر یک از کندروانی سنجهای (AI۷۷) و یا (MK۷۷) دارای حدود کندروانی یکسان، باشد حادث شدن این اختلاف ممکن است نتیجه جریان غیر نیوتونی باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۲ دماسنج ها:

دماسنجهای شیشه‌ای کالیبره شده [جدول شماره (X-۴-۲)] که پس از تصحیح، دقت 0.04 درجه فارنهایت (0.02 درجه سانتیگراد) داشته و یادگیر و سایرین حرارت سنج با دقت معادل می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند. دماسنجهای کندروانی کینماتیک ASTM ($74F - 4VC$) برای آزمایش در دماهای 60 درجه سانتیگراد (140 درجه فارنهایت) مناسب می‌باشند.

۶-۲-۱: دماسنجهای مخصوص در حالت غوطه وری کامل استاندارد می‌شوند. بدان معنا که تا سطح بالای ستون جیوه در مایع مستغرق و باقیمانده بدنه دماسنج از جمله بخش فوقانی میله و مخزن در فضای آزاد و دمای محیط قرار می‌گیرند. غوطه ور کردن کامل دماسنج توصیه نمی‌گردد.

هرگاه دماسنج بطور کامل در مایع غوطه ور باشند، باید اصطلاحاتی برای هر کدام از آنها بر اساس کالیبراسیون تحت شرایط غوطه وری کامل تعیین و بکار گرفته شود. اگر دماسنج در زمان استفاده کاملاً در حمام غوطه ور باشد، فشار گاز در مخزن انبساط بالاتر و یا پائین تر از زمان استاندارد نمودن آن خواهد شد که ممکن است باعث بالا و پائین شدن قرائت دما شود.

۶-۲-۲ لازم است دماسنجهای شیشه‌ای تاجائیکه ضروری بنظر می‌رسد بصورت دوره‌ای یا استفاده از روش EVV و اصلاحات موثق تنظیم شوند تا منطبق با هرگونه تغییرات قرائت دما گردند. قرائت دماسنج‌ها با تقریب 0.01 درجه فارنهایت (0.05 درجه سانتیگراد) باید انجام شود. دماسنج جدید اساساً، هر هفته باید بررسی شود. دستورالعمل معمول در روش EVV بر اساس تغییرات کالیبراسیون در نقطه انجماد تصحیحی را ارائه می‌دهد.

۶-۳ حمام: حمامی برای غوطه وری کندروانی سنج مناسب می‌باشد که مخزن مایع، با سرلوله موئین هر کدام که بالاتر باشد، دست کم 20 میلی متر از لبه فوقانی حمام پائین تر بوده و در آن قابلیت کامل دید برای کندروانی سنج و دماسنج فراهم باشد. در حمام باید تکیه گاه ثابتی برای کندروانی سنج در نظر گرفته شود. کارائی عمل گرمائزائی و تعادل بین گرمای وارده و اتلاف گرما باید طوری باشد که تغییرات در دمای متوسط حمام از حد ± 0.05 درجه فارنهایت (0.03 درجه سانتیگراد) در طول کندروانی سنج و یا از کندروانی سنج به کندروانی سنج در وضعیتهای متفاوت تجاوز ننماید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۴: سیستم کنترل خلاء

سیستم خلالتی که قابلیت نگهداری میزان خلاء را با دقت ± 0.5 میلی متر در سطح دلخواه تا ۳۰۰ میلی متر جیوه (۳۰۰ mmHg) داشته باشد استفاده می شود. اساس کار این سیستم بصورت شماتیکی در شکل شماره (۱) نشان داده شده است. در این رابطه لوله شیشه‌ای با قطر داخلی $6/35$ میلی متر (۱/۴ اینچ) می تواند مورد استفاده قرارگیرد، تمام نقاط اتصال لوله‌ها باید غیرقابل نفوذ هوا باشند، بنابراین وقتی سیستم بسته می شود، فشار سنج جیوه‌ای با انتهای بازو درجه بندی میلیمتری هیچگونه کاهش خلاء را نشان نخواهد داد. پمپ خلاء یا مکش هوا برای ایجاد خلاء در سیستم مناسب می باشد.

۶-۵: زمان سنج:

کرومتر و بازمان سنجهای دیگر با درجه بندی 0.1 ثانیه و یا کمتر و با دقت 0.05 درصد وقتی که با فاصله زمانی بیش از ۱۵ دقیقه تحت آزمایش قرار می گیرند، مناسب می باشند

۶-۶: زمان سنج الکتریکی:

از این نوع ابزار ممکن است تنها در مدارهای الکتریکی استفاده شود، که کنترل فرکانس در آنها با دقت 0.05 درصد و یا بهتر صورت می گیرد.

۶-۶-۱: جریانهای متناوب:

فرکانسهای متناوب بصورتیکه در برخی سیستمهای برقی میسر است، قابل کنترل نیستند. بخصوص وقتی که در زمان سنجهای الکتریکی مورد استفاده واقع می شوند، در فاصله زمانی کوتاه باعث خطای زیادی می شوند.

۷- تهیه نمونه

نمونه را با دقت گرم کنید بنحویکه از گرمای بیش از حد موضعی جلوگیری شود تا اینکه مایع به اندازه کافی برای ریختن روان شود. بسته به موقعیت نمونه را بهم بزنید تا از انتقال گرما و یکنواختی نمونه اطمینان حاصل آید.

۷-۲ حداقل ۲۰ میلی لیتر از نمونه را به ظرف انتقال دهید و تادمای 275 ± 10 درجه فارنهایت ($135 \pm 5/5$ درجه سانتیگراد) گرم نمایید. نمونه را برای جلوگیری از ازدیاد گرمای موضعی خوب بهم بزنید و دقت نمایید تا از محبوس شدن هوا در نمونه اجتناب شود.

توجه (۴): اگر به وجود مواد جامد در نمونه شک کردید، نمونه مذاب را از الک شماره ۵۰ ($300 - \mu m$) رد نمایید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مطابق با مشخصات شماره ۵۰ (E۱۱)

۸- روش:

۸-۱ جزئیات مشخصه استفاده از کندروانی سنجهای انواع مختلف تاحدی بایکدیگر متفاوت می باشند. شرح تفصیلی کندروانی سنجهارادرضمائم X۱ تا X۳ برای راهنمایی واستفاده ازنوع انتخاب شده ببینید. درهرصورت درتمام حالات، روشهای معمول تشریح شده در بخش (۸-۱-۱) تا (۸-۱-۹) را دنبال نمائید.

۸-۱-۱ دمای حمام را درحد دمای آزمایش بادقت ± 0.5 درجه فارنهایت (± 0.3 درجه سانتیگراد) نگاه دارید. در صورت نیاز اصلاحات لازم را برای کلیه قرائتهای دما انجام دهید.

۸-۱-۲ کندروانی سنج خشک وتمیز راکه دارای زمان عبوربیش از ۶۰ ثانیه باشد انتخاب نموده وآنها از قبل تادمای 275 ± 10 درجه فارنهایت ($135 \pm 5/5$ درجه سانتیگراد) گرم نمائید.

۸-۱-۳ کندروانی سنج رابا ریختن نمونه تهیه شده تاحد ۲ میلیمتری خط نشان پرنمائید (شکلهای ۴، ۳، ۲)

۸-۱-۴ کندروانی سنج پرشده رادر گرمخانه ویا حمام بادمای 275 ± 10 درجه فارنهایت ($135 \pm 5/5$ درجه سانتیگراد) قراردهید و برای مدت 2 ± 10 دقیقه نگهدارید تا حبابهای بزرگ هوا خارج شوند.

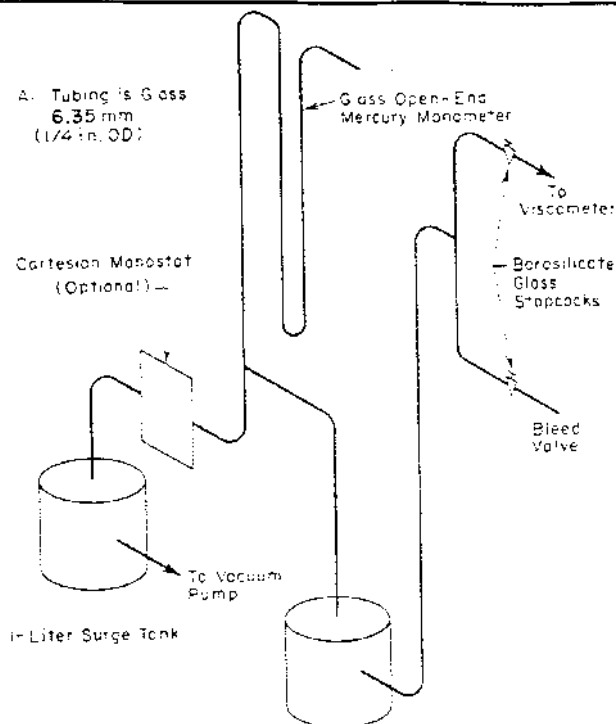
۸-۱-۵ کندروانی سنج رازگرمخانه یاحمام خارج نمائید ودر ظرف مدت ۶ دقیقه آنرا درگیره نگهدارنده جاداده ودر داخل حمام بصورت عمودی قراردهید. بصورتیکه بالاترین خط علامت زمانی دست کم ۲۰ میلی متر پائین تر از سطح مایع موجود در حمام باشد.

۸-۱-۶ خلای بمیزان 0.5 ± 300 میلیمتر جیوه پائین تر از فشار اتمسفر در سیستم خلأ ایجاد نموده واین سیستم را توسط شیر قطع ووصل واقع در امتداد خط اتصال، به کندروانی سنج وصل نمائید.

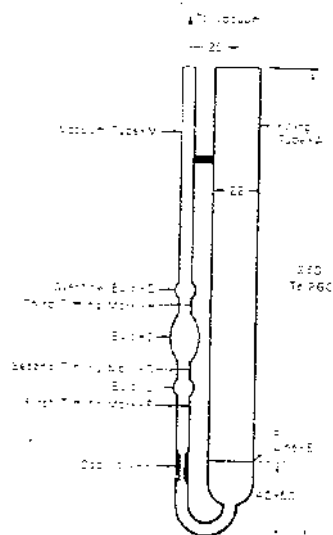
۸-۱-۷ پس از گذشت زمان 5 ± 30 دقیقه از بودن کندروانی سنج درحمام با بازکردن شیر قطع ووصل، جریان عبور قیر در کندروانی سنج را آغاز نمائید.

۸-۱-۸ زمانی راکه لازمست لبه قوسی شکل مایع بین دو خط نشان زمانی متوالی طی نماید، بادقت 0.1 ثانیه اندازه گیری نمائید. اولین زمان عبور جریان بین دو خط نشان راکه بیش از ۶۰ ثانیه می باشد، با ذکر مشخصات خطوط نشان زمان گزارش نمائید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

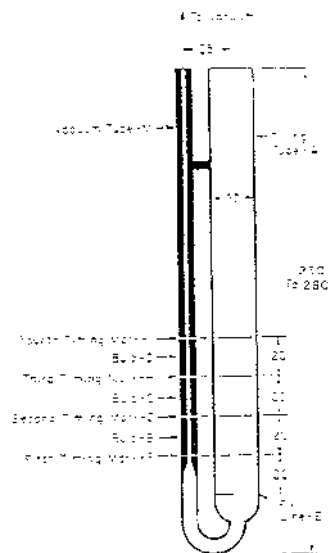


شکل ۱ - سیستم خلاء پیشنهادی برای ویسکومترهای موئین با سیستم خلاء

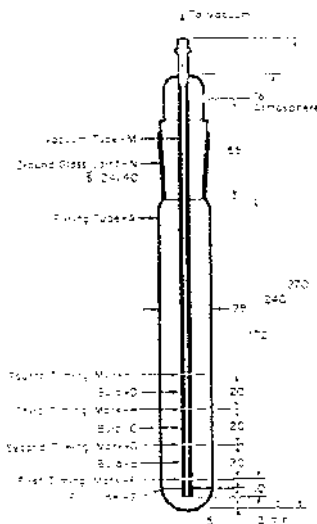


شکل ۲ - کندروانی سنج کتن میننگ موئین با سیستم خلاء

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۳- کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء انستیتو آسفالت



شکل ۴- کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء اصلاح شده کوپرز

۸-۱-۹ پس از تکمیل آزمایش، کندروانی سنج را با چند بار شستشو با حلال مناسبی که نمونه کاملاً در آن حل پذیر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۱-۹ پس از تکمیل آزمایش، کندروانی سنج را با چندبار شستشو با حلال مناسبی که نمونه کاملاً در آن حل پذیر باشد تمیز نموده و متعاقباً برای از بین بردن کامل اثرات مواد باقیمانده، از حلال فرار استفاده نمایید. لوله موئین کندروانی سنج را توسط جریان آرام هوای خشک که از صافی رد شده، در مدت ۲ دقیقه و یا تا از بین رفتن آخرین اثرات حلال، خشک نمایید. برای از بین بردن رسوبات مواد آلی، کندروانی سنج را متناوباً با حلالهای اسیدی قوی تمیز نموده و آنرا با آب مقطر و استون فرار کاملاً شستشو داده و با عبور جریان هوای خشک که از صافی رد شده خشک نمایید.

۸-۱-۹-۱ محلول تمیزکننده اسید کرومیک ممکن است بصورت زیر تهیه شود:

با احتیاط های متداول مقدار ۸۰۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ به محلول متشکل از ۹۲ گرم دی کرومات سدیم و ۴۵۸ میلی لیتر آب اضافه می شود. استفاده از نوع مشابه اسید سولفوریک قابل دسترسی در بازارهای تجاری نیز قابل قبول می باشد. محلولهای غیر کرومیومی که شدیداً محلولهای پاک کننده اسیدی را اکسیده می نمایند، ممکن است جانسین شوند. بنابراین از مشکلات زیان بخش محلولهای تمیزکننده کرومیومی اجتناب می شود.

۸-۱-۹-۲ استفاده از محلولهای دارای خاصیت قلیائی برای تمیز کردن شیشه ممکن است نتیجه ای مبنی بر تغییر کالیبراسیون کندروانی سنج داشته باشد، که توصیه نمی گردد.

۹- محاسبه

۹-۱ برای تعیین کندروانی، ضریب کالیبراسیونی را انتخاب نمایید که مطابق مشخصات خطوط نشان، براساس شرح بخش (۸-۱-۸) باشد. کندروانی را با معرفی سه حرف مشخص، تحت فرمول زیر محاسبه و گزارش نمایید:

$$P = Kt$$

کندروانی

در این رابطه:

K = ضریب کالیبراسیون انتخاب شده برحسب پواز برثانیه

t = زمان عبور، برحسب ثانیه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۰- گزارش:

۱-۱۰ همیشه به همراه نتیجه آزمایش کندروانی، دمای آزمایش و میزان خلاء را گزارش نمایید. برای مثال:
کندروانی در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) و میزان خلاء ۳۰۰ میلی متر جیوه (۳۰۰ mmHg) بر حسب پواز

۱۱- دقت و انحراف

معیارهای زیر (توجه ۱) برای قضاوت پذیرش نتایج باید استفاده شوند (با احتمال ۹۵ درصد):

۱-۱-۱۱ قابلیت تکرار: نتایج دو تایی توسط یک آزمایش کننده و با استفاده از همان کندروانی سنج نباید مورد تردید قرار گیرند، مگر اینکه این نتایج بیش از ۷ درصد با میانگینشان فرق داشته باشند.

۱-۱-۱۱-۲: قابلیت دوباره انجام دادن نتایج ارائه شده توسط هر کدام از آزمایشگاهها نباید مورد تردید قرار گیرند مگر اینکه نتایج دو آزمایش بیش از ۱۰ درصد از میانگین آنها اختلاف داشته باشند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

X - ضوابط

1-X: کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء کمن میننگ (CMVV)

1-1-X: هدف

1-1-1-X از اینگونه کندروانی سنج یازده اندازه متفاوت وجود دارد (جدول 1-1) که در محدوده ۰/۰۳۶ تا ۸۰۰۰۰ پواز قرار دارند. اندازه‌های ۱۴ تا ۱۰ مناسبترین آنها برای محاسبه کندروانی قیرهای خالص دردمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) می‌باشند.

1-1-X: وسایل آزمایش

1-2-1-X جزئیات مربوط به طرح و ساخت کندروانی سنج موئین (CMVV) در شکل شماره (۲) نشان داده شده است. شماره اندازه، ضرایب تقریبی حبابها (K) و حدود کندروانی کلاً برای سری کندروانی سنج‌های (CMVV) در جدول شماره (1-1-X) منظور شده است.

1-2-1-X برای کلیه اندازه‌های مختلف و کندروانی سنجها، حجم حباب اندازه‌گیری (C) تقریباً سه برابر حجم حباب (B) می‌باشد.

1-2-1-X یک نگهدارنده مناسب می‌تواند بالای دوسوراخ به قطرهای ۲۲ و ۸ میلی‌متر در یک درپوش لاستیکی شماره ۱۱ ساخته شود. فاصله بین مراکز دوسوراخ باید ۲۵ میلی‌متر باشد. بین دوسوراخ درپوش لاستیکی و همچنین بین سوراخ ۸ میلی‌متری و لبه درپوش را شکاف بدهید. وقتی که درپوش در دهانه‌ای بقطر ۲ اینچ (۵۱ میلی‌متری) واقع در سرپوش وان قرار بگیرد می‌تواند کندروانی سنج را در جای خود نگهدارد. چنین نگهدارنده‌هایی به صورت تجاری قابل دسترسی هستند.

2-X: کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء انستیتو آسفالت (AIVV):

1-2-X: هدف

1-1-2-X کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء انستیتو آسفالت با هفت اندازه (جدول 1-X۲) در محدوده ۴۲ تا ۵۸۰۰۰۰ پواز قابل دسترسی است. اندازه‌های ۵۰ تا ۲۰ مناسبترین آنها برای محاسبه کندروانی قیرهای خالص دردمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) می‌باشند.

1-2-X: وسایل آزمایش

1-2-2-X جزئیات مربوط به طرح و ساخت کندروانی سنج موئین (AIVV) در شکل شماره (۳) نشان داده شده است. شماره اندازه، شعاع تقریبی، ضرایب تقریبی حبابها (K) و حدود کندروانی کلاً برای سری کندروانی سنج‌های (AIVV) در جدول شماره (1-2-X) منظور شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول (X-1-1): اندازه‌های کندروانی سنج استاندارد، ضریب تقریبی کالیبراسیون (K)، و حدود کندروانی

برای کندروانی سنج های موئین با سیستم خلاء کتن میننگ (CMVV):

حدود کندروانی ^(۱) بر حسب پواز	ضریب کالیبراسیون تقریبی K ^(۱) بر حسب پواز بر تانیه، در خلاء ۳۰۰ میلی متر جیوه		شماره سائز ویسکومتر
	جاب B	جاب C	
۰/۰۳۶ تا ۰/۸	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۶	۴
۰/۱۲ تا ۰/۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۵
۰/۳۶ تا ۰/۸	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۶
۱/۲ تا ۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۰۲	۷
۳/۶ تا ۰/۸۰	۰/۲	۰/۰۶	۸
۱۲ تا ۰/۲۴۰	۰/۶	۰/۲	۹
۳۶ تا ۰/۸۰۰	۲/۰۰	۰/۶	۱۰
۱۲۰ تا ۰/۲۴۰۰	۶/۰۰	۲/۰۰	۱۱
۳۶۰ تا ۰/۸۰۰۰	۲۰/۰۰	۶/۰۰	۱۲
۱۲۰۰ تا ۰/۲۴۰۰۰	۶۰/۰۰	۲۰/۰۰	۱۳
۳۶۰۰ تا ۰/۸۰۰۰۰	۲۰۰/۰۰	۶۰/۰۰	۱۴

(۱): ضرایب کالیبراسیون واقعی باید با استانداردهای کندروانی تعیین شوند.

(۲): حدود کندروانی در این جدول مطابق با زمان پرکردن از ۶۰ تا ۴۰۰ ثانیه می باشد. ممکن است از زمان جریان بیشتر (تا ۱۰۰۰ ثانیه) نیز استفاده شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول شماره (X-2-1): اندازه کندروانی سنجها، شعاع لوله موئین، ضریب تقریبی کالیبراسیون (K)

و حدود کندروانی برای کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء انستیتو آسفالت (AIVV):

حدود کندروانی P(%)	ضریب تقریبی کالیبراسیون $\frac{P}{S}, K^{(1)}$ mmHg \bar{v} 300			شعاع لوله موئین mm	شماره اندازه کندروانی سنج
	حباب D	حباب C	حباب B		
۲۲۵۸۰۰	۰/۷	۱	۲	۰/۱۲۵	۲۵
۱۸۰۵۳۲۰۰	۳	۴	۸	۰/۲۵	۵۰
۶۰۰۵۱۲۸۰۰	۱۰	۱۶	۳۲	۰/۵۰	۱۰۰
۲۴۰۰۵۵۲۰۰۰	۴۰	۶۴	۱۲۸	۱/۰۰	۲۰۰
۹۶۰۰۵۲۰۰۰۰۰	۱۶۰	۲۵۰	۵۰۰	۲/۰۰	۴۰۰
۹۶۰۰۵۱۴۰۰۰۰۰	۱۶۰	۲۵۰	۵۰۰	۲/۰۰	۴۰۰R ^(۲)
۳۸۰۰۰۵۵۸۰۰۰۰۰	۶۴۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴/۰۰	۸۰۰R ^(۲)

(۱): ضرائب دقیق کالیبراسیون باید با استانداردهای کندروانی تعیین گردند.

(۲): حدود کندروانی در این جدول، مطابق با زمان پرکردن، از ۶۰ تا ۴۰ ثانیه می باشد. ممکن است از زمان جریان طولانی تر نیز استفاده شود.

(۳): طرح مخصوص برای قیرهای پشت بامی با داشتن خطوط نشان اضافی در نقاط ۵ و ۱۰ میلیمتری بالای خط نشان زمانی F (شکل ۳). بنابراین با استفاده از این خطوط نشان، حداکثر موم کندروانی، از آن مقدار که با استفاده از ضریب کالیبراسیون حباب B بدست می آید بیشتر می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

X-2-2-2 این کندروانی سنج دارای حبابهای اندازه گیری C، B و D واقع در بازوی M (لوله شیشه‌ای موئین دقیق) می باشد. حبابهای اندازه گیری بخشی از لوله موئین بطول ۲۰ میلیمتر را تشکیل می دهند که بوسیله خطوط نشان زمان I، H، G، F و از هم جدا شده اند.

X-2-2-3 یک نگهدارنده مناسب می تواند با ایجاد دوسوراخ به قطرهای ۲۲ و ۸ میلیمتر در پوش لاستیکی به شماره ۱۱ ساخته شود. فاصله بین مراکز دوسوراخ باید ۲۵ میلیمتر باشد. بین دوسوراخ در پوش لاستیکی و همچنین بین سوراخ ۸ میلیمتری و لبه صفحه لاستیکی راشکاف بدهید. وقتی که در پوش در دهانه ای بقطر ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) واقع در سرپوش وان قرار گیرد می تواند کندروانی سنج را در جای خود نگهدارد. همچنین نگهدارنده‌هایی به صورت تجاری قابل دسترسی هستند.

X-3- کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء اصلاح شده کوپرز (MKVV)

X-3-1 هدف:

X-3-1-1 از اینگونه کندروانی سنج موئین با سیستم خلاء اصلاح شده کوپرز در پنج اندازه (جدول X-3-1) در محدوده ۰/۰۴۲ تا ۲۰۰۰۰۰۰ پواز قابل دسترسی است. اندازه‌های ۵۰ تا ۲۰۰ مناسبترین آنها برای محاسبه کندروانی قیرهای خالص در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) می باشند.

X-3-2 وسایل آزمایش

X-3-2-1 جزئیات مربوط به طرح و ساخت کندروانی سنج موئین (MKVV) در شکل شماره (۴) نشان داده شده است. شماره اندازه، شعاع تقریبی، ضرایب تقریبی حبابها (K) و حدود کندروانی کلاً برای سری کندروانی سنجهای (MKVV) در جدول شماره (X-3-1) منظور شده است.

X-3-2-2 این کندروانی سنج شامل لوله جداگانه‌ای برای پرکردن (A) و لوله خلاء موئین دقیق شیشه‌ای (M) می باشد. این دو قسمت بوسیله اتصال شیشه‌ای بروسلیکات (N) که دارای باریک شدگی استاندارد ۲۴/۴۰ می باشد به همدیگر وصل می شوند. حبابهای اندازه گیری نشان C، B، D در شیشه موئین بخشی بطول ۲۰ میلی متر را تشکیل می دهند که بوسیله خطوط نشان H، G، F و از هم جدا می شوند.

X-3-2-3 یک نگهدارنده مناسب می تواند با ایجاد سوراخی به قطر ۲۸ میلیمتر در مرکز در پوش لاستیکی و ایجاد شکاف بین سوراخ و لبه در پوش ساخته شود. وقتی که در پوش در دهانه ای بقطر ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) واقع در سرپوش وان قرار گیرد، می تواند کندروانی سنج را در جای خود نگهدارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

X-۴ کالیبراسیون کندروانی سنجها:

X-۴-۱ هدف

X-۴-۱-۱ این ضمیمه مواد و روشهایی را که برای کالیبراسیون کندروانی سنجها در این روش استفاده می شود تشریح می نماید.

X-۴-۲ مراجع

X-۴-۲-۱ استانداردهای کندروانی که دارای کندروانی های تقریبی می باشد در جدول شماره (X-۴-۱) آمده است.

X-۴-۳ کالیبراسیون

X-۴-۳-۱ کالیبراسیون کندروانی سنج های دارای سیستم خلاء توسط استانداردهای کندروانی بصورت زیر انجام می گیرد:

X-۴-۳-۱-۱ از جدول شماره (X-۴-۱) کندروانی استاندارد را انتخاب کنید که دارای حداقل زمان عبور ۶۰ ثانیه دردمای کالیبراسیون باشد.

X-۴-۳-۱-۲ کندروانی سنج خشک و تمیز با ریختن نمونه بادقت $2 \pm$ میلیمتر تا خط نشان F پر نمائید (شکل های ۲، ۳، ۴)

X-۴-۳-۱-۳ کندروانی سنج پر شده را در حمامی که دردمای کالیبراسیون و بادقت $0.2 \pm$ درجه فارنهایت ($0.1 \pm$ درجه سانتیگراد) نگهداشته شده جای دهید.

X-۴-۳-۱-۴ بمیزان $5/0 \pm 300$ میلیمتر جیوه خلاء در سیستم ایجاد نمائید این سیستم را با شیر اتصال (واقع در امتداد خط اتصال) به کندروانی سنج وصل نمائید.

X-۴-۳-۱-۵ پس از قراردادن کندروانی سنج در حمام بمدت 5 ± 30 دقیقه، با بازکردن شیر اتصال، جریان عبور استاندارد از کندروانی سنج به سیستم خلاء را آغاز نمائید.

X-۴-۳-۱-۶ بادقت $1/0$ ثانیه، زمانی را که لازم است تا سطح قوسی شکل مایع فاصله بین خطوط نشان G و F طی می نماید، اندازه گیری نمائید. برای این کار از زمان سنج ثانیه دار استفاده کنید، همچنین بادقت $1/0$ ثانیه، زمان عبور از خط نشان G به خط نشان H را اندازه گیری نمائید. اگر کندروانی سنج دارای خطوط نشان اضافی نیز بود به همان شکل زمان عبور را برای حباب متوالی تعیین نمائید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

X-۲-۳-۱-۷: ضریب کالیبراسیون (K) رابری هر حباب بصورت فرمول زیر محاسبه نمایند.

$$K = V/t$$

در این رابطه:

K = ضریب کالیبراسیون حباب کندروانی سنج، یوازی بر تائیه در خلاء ۳۰۰ میلیمتر حبوه

V = کندروانی، کندروانی استاندارد در دمای کالیبراسیون بر حسب پواز

t = زمان جریان بر حسب تائیه

X-۲-۳-۱-۸: استفاده از همان کندروانی استاندارد و یا کندروانی استاندارد دیگری عمل کالیبراسیون را تکرار

نمائید. میانگین کالیبراسیون ثابت K را برای هر حباب ثبت نمائید.

توجه (X-۱): تعیین دوباره، ثابت کالیبراسیون (K) برای هر حباب با ۲ درصد میانگین آنها مطابقت نماید

(توجه (X-۲))

توجه (X-۲): ضرایب ثابت حبابها مستقل از دمای باشد.

X-۲-۳-۴: کالیبراسیون کندروانی سنج خلاء بوسیله کندروانی سنج خلاء استاندارد؛ کندروانی سنج خلاء

را طبق روش زیر کالیبره نمائید.

X-۲-۳-۴-۱: هر نوع قیر از مواد نفتی را که دارای زمان عبور جریان حداقل ۶۰ تائیه می باشد، انتخاب کنید.

همچنین کندروانی سنج استاندارد را که دارای ضریب ثابت حباب مشخص می باشد نیز انتخاب نمائید.

X-۲-۳-۴-۲: کندروانی سنج استاندارد و کندروانی سنج برای کالیبره شدن را با هم در یک وان دارای دمای

۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) قرار دهید و زمان عبور جریان قیر را طبق شرح بخش (۸-۱) تعیین

نمائید.

X-۲-۳-۴-۳: ضریب ثابت K را برای هر حباب بشرح ذیل محاسبه نمائید:

$$K = (t_2 \times k_2) / t_1$$

در این رابطه:

k = ضریب ثابت حباب و کندروانی سنجی که کالیبره می شود.

t_۱ - زمان عبور جریان حباب کندروانی سنج که کالیبره می شود.

k_۲ = ضریب ثابت حباب کندروانی سنج استاندارد

t_۲ = زمان عبور جریان حباب کندروانی سنج استاندارد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

X-5 تعیین نقطه انجماد و کالبراسیون مجدد دماسنجهای کندروانی کینماتیک:

X-5-1 دستیابی به دقت ± 0.02 درجه سانتیگراد در دماسنجهای کندروانی کینماتیک کالیبره شده، کنترل در نقطه انجماد و انجام اصلاحات جداگانه برای تغییرات در نقطه انجماد الزامیست. نوسانی می‌گردد که کنترل دماسنجها هر ششماه یکبار انجام شود و کنترل جدید در شش ماهه نخست، بصورت ماهانه صورت گیرد.

X-5-2 روش تفصیلی جهت اندازه گیری نقطه انجماد و کالبراسیون مجدد دماسنجهای در بخشهای ذیل این ضمیمه عنوان گردیده، مختص دماسنجهای کندروانی با لوله شیشه‌ای جیوه‌ای طبق شرح جدول (X-4-2) می‌باشد و امکان اعمال آنها در دماسنجهای دیگر نمی‌باشد.

X-5-2-1 قرائت نقطه انجماد در دماسنجهای کندروانی کینماتیک باید در فاصله زمانی ۶۰ دقیقه پس از قرارگرفتن در دمای آزمایش، بیشتر از ۳ دقیقه، صورت گیرد.

X-5-2-2 قطعه یخ تمیزی را که ترجیحاً از آب مقطر و یا آب خالص باشد انتخاب کنید. یخ باید سالم و عاری از هرگونه آلودگی و یابرفک باشد. یخ را ابتدا با آب مقطر شسته و سپس خرد کنید تا به قطعات کوچکتر تبدیل شود. از تماس مستقیم قطعات یخ با دست و یا دیگر موادشیمیائی و آلوده اجتناب کنید. ظرف دوجداره را با قطعات شکسته یخ پر نموده و بمقدار کافی آب مقطر که ترجیحاً قبلاً سرد شده باشد در آن بریزند تا بصورت یخ آب درآید. البته نه به مقداری که قطعات یخ بحال شناور درآیند. بهرور که قطعات یخ ذوب می‌شوند، مقداری از آب ظرف را بیرون کشیده و مقدار بیشتری یخ به ظرف اضافه نمائید. دماسنج را به آرامی تا عمق تقریبی یک واحد درجه بندی، زیر صفر درجه سانتیگراد (۳۲ درجه فارنهایت) داخل ظرف یخ نمائید. ممکن است لازم باشد به علت ذوب شدن یخ دماسنج در یخ اطراف دوباره محکم شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول (X-3-1): اندازه‌های کندرواتی سنج استاندارد، شعاع موئین، ضرایب تقریبی کالیبراسیون (K)
و حدود کندرواتی برای کندرواتی سنج موئین با سیستم خلاء اصلاح شده کوپرز (MKVV):

شماره اندازه کندرواتی سنج	شعاع موئین میلیتر	ضریب تقریبی کالیبراسیون K ⁽¹⁾ خلاء ۱۰۰ میلی‌متر جیوه، پواز بر تابه			حدود کندرواتی ^(۲) پواز ^(۳)
		حباب B	حباب C	حباب D	
۲۵	۰/۱۲۵	۲	۱	۰/۷	۴۲۵۸۰۰
۵۰	۰/۲۵	۸	۴	۳	۱۸۰۵۳۲۰۰
۱۰۰	۰/۵۰	۳۲	۱۶	۱۰	۶۰۰ تا ۱۲۸۰۰
۲۰۰	۱/۰۰	۱۲۸	۶۴	۴۰	۲۴۰۰ تا ۵۲۰۰۰
۴۰۰	۲/۰۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۶۰	۹۶۰۰ تا ۲۰۰۰۰۰

- (۱): با استانداردهای کندرواتی باید ضرایب کالیبراسیون واقعی تعیین شوند.
- (۲): حدود کندرواتی در این جدول مطابق با زمان پرکردن از ۶۰ تا ۴۰ ثانیه می‌باشد
از زمان جریان بیشتر (تا ۱۰۰ ثانیه) می‌توان استفاده نمود.

جدول (X-4-1): استانداردهای کندرواتی

کندرواتی	کندرواتی تقریبی، P	
	در ۱۸ درجه فارنهایت (۲۰ درجه سانتیگراد)	در ۳۸ درجه فارنهایت (۳ درجه سانتیگراد)
N۳۰۰۰۰	۱۵۰۰	۲۴۰
N۱۹۰۰۰۰	۸۰۰۰	۱۶۰۰
S۳۰۰۰۰	-	۲۴۰

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول شماره (X-۲-۲): دماسنجهای آزمایش کندروانی کینماتیک^(۱):

خطا در مقیاس دمای آزمایش		شماره دماسنج	
درجه فارنهایت	درجه سانتیگراد	ASTM ^C	IP ^D
۷۰ و ۶۸	۲۱/۱ و ۲۰	۲۴F,C	۲۹F,C
۷۷	۲۵	۲۵F,C	۳۰F,C
۸۶	۳۰	۱۱۸F,C	-
۱۰۰	۳۷/۸	۲۸F	۳۱F,C
-	۴۰	۱۲۰F,C	-
۱۲۲	۵۰	۲۶F,C	۶۶F,C
۱۳۰	۵۴/۴	۲۹F,C	۳۴F,C
۱۴۰	۶۰	۲۷F,C	۳۵F,C
۱۸۰	۸۲/۲	۴۸F,C	۹۰F,C
۲۰۰	۹۳/۳	-F,C	۳۶F,C
۲۱۰ و ۲۱۲	۱۰۰ و ۹۸/۹	۳۰F,C	۳۲F,C
-	۱۰۰	۱۲۱F,C	-
۲۷۵	۱۳۵	۱۱۰F,C	-

- (۱): کوچکترین مقیاس درجه بندی دماسنجهای با درجه فارنهایت ۰/۱ درجه و با درجه سانتیگراد ۰/۰۵ درجه می باشد.
 - (۲): خطای مقیاس درجه بندی برای دماسنجهای با درجه فارنهایت از $\pm 0/2$ درجه تجاوز نمی نماید (جز برای ASTM ۱۱۰F که $\pm 0/3$ درجه فارنهایت می باشد) و برای دماسنجهای با درجه سانتیگراد $\pm 0/1$ درجه می باشد. این خطاها تنها در دمای داده شده مشخص آزمایش مورد استفاده قرار می گیرند.
 - (۳): جزئیات کامل ساخت در مشخصات E۱ داده شده است.
 - (۴): جزئیات کامل ساخت در بخش ۱ استانداردهای IP برای نفت و مشتقات آن آمده است.
- X-۲-۵-۳ پس از سپری شدن تقریباً ۳ دقیقه و زدن ضربه آهسته به دماسنج، قرائت را آغاز نمائید. قرائتهای متوالی با فاصله زمانی ۱ دقیقه، باید با ۰/۱ واحد درجه بندی همخوانی داشته باشند.
- X-۲-۵-۴ قرائت نقطه انجماد را ثبت کرده و آنرا با قرائت قبلی مقایسه نمائید. اگر مشخص شد که این قرائت

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نسبت به قرائت با کالیبراسیون قبلی بالاتر و یا پائین تر است، قرائت در کلیه دماهای دیگر به نسبت مشابه افزایش و یا کاهش خواهد داشت.

X-5-2-5 روش ذکر شده مربوط به نقطه انجماد در بخشهای (X-5-1) تا (X-5-2-4) برای کالیبراسیون مجدد دماسنجهای کندروانی کینماتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد، و کالیبراسیون جدید کامل دماسنج برای رسیدن به درستی در استفاده به دماسنج طرح نیاز نمی‌باشد.

X-5-3 توصیه می‌شود که اینگونه دماسنجهای کندروانی کینماتیک زمانی که مورد استفاده واقع نمی‌شوند بصورت عمودی نگهداری شوند تا از جدایی ستون جیوه اجتناب شود.

X-5-4 همچنین توصیه می‌گردد که در این نوع دماسنجها کندروانی کینماتیک قرائت با استفاده از عدسیهای چشمی مربوطه با دقت نزدیک به $\frac{1}{16}$ واحد تقسیمات درجه بندی صورت گیرد.

از آنجائیکه این دماسنجها نوعاً در حمام کندروانی کینماتیک قرار می‌گیرند، (که از رویرو قابل روئیت هستند) قرائت دماسنج با پائین بردن آن بنحویکه رأس ستون جیوه به اندازه 5 تا 15 میلیمتری زیر سطح مایع و حمام قرار گیرد، صورت می‌گیرد. دقت نمائید که از بودن محفظه انبساط در بخش فوقان دماسنج در بالای خط نشان دمای ثابت وان، اطمینان حاصل شود.

اگر محفظه انبساط دارای دمای بالاتر و یا پائین تر از دمای اطراف خود باشد، خطای قابل توجهی رخ خواهد داد. این خطا می‌تواند به اندازه یک یا دو واحد از تقسیمات دماسنج باشد. برای قرائت، عدسی شیشه‌ای شبیه آنچه که در مطالعه استفاده می‌شود، ممکن است برای اطمینان از قرائت با دقت $\frac{1}{16}$ واحد تقسیم بندی دماسنج نیز مورد استفاده قرار بگیرد. /ط

روش استاندارد تعیین میزان کمی قیر در مخلوطهای روسازی آسفالتی

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش، شامل تعیین کمی قیر در مخلوطهای روسازی آسفالت گره و نمونه‌های آسفالتی روسازی می‌باشد. مصالح سنگی بدست آمده از این روشها ممکن است برای انجام آزمایش دانه‌بندی به روش C117 و C136 استفاده شوند.

۱-۲ مقادیر بیان شده برحسب واحدهای اینج - پوند استاندارد شده اند. مقادیر داده شده در داخل پرانتز فقط جهت اطلاع می‌باشد.

۱-۳ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را، بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند. خطرات ویژه در بخش ۷ داده شده اند.

توجه ۱: نتایج بدست آمده از این آزمایش ممکن است از سن مصالح مورد آزمایش متاثر شوند. نمونه‌های قدیمی تر در صدد قیر کمتری می‌دهند. بهترین نتایج کمی وقتی بدست می‌آید که آزمایش بر روی مخلوطها و روسازها پس از زمان کوتاهی بعد از آماده شدن انجام می‌گیرد. جدا کردن کل قیر وقتی مشکل خواهد بود که مقداری مصالح سنگی استفاده شده و مقداری کلرید در مواد معدنی باقی بماند که بر روی مقدار قیر اندازه گیری شده، اثر بگذارد.

۲- مراجع مستند:

۲-۱ استانداردهای *ASTM*:

C117 روش آزمایش مصالح ریزتر از انک ۷۵ میکرومتر (شماره ۲۰۰) در مصالح سنگی بر روش شنش

C128 روش آزمایش وزن مخصوص و جذب آب مصالح سنگی ریزدانه

C136 روش آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه و درشت دانه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

C670 دستورالعمل تعیین دقت وانحراف برای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

DV0 روش آزمایش وزن مخصوص مواد قیری نیمه جامد

D604 مشخصه سیلکا دیاتومه

D979 دستورالعمل نمونه گیری از مخلوطهای روسازی آسفالتی

D1461 روش آزمایش تعیین رطوبت یا عصاردهای فرار در مخلوطهای روسازی آسفالتی

D1856 روش آزمایش بازیابی قیر از محلول به روش اِسُون

D2111 روشهای تعیین وزن مخصوص محلولهای آلی هالوژنی و ترکیبات آنها

۲-۲ ویژگیهای ایالتی

0-T-620a (Int.Amd.3) تری کلرواتان او او ا، روش، موانع متیل کلروفرم

0-T-634 (نهایی ترین) تری کلرواتیلن، روش

۳- خلاصه ای از روش آزمایش:

۳-۱ مخلوط روسازی باتری کلرواتیلن، تری کلرواتان او او ا، یا متیلن کلرید با استفاده از تجهیزات استخراج که برای روش مشخصی کاربرد دارند، تجزیه می شود. مقدار فیروز تفاوت جرم مصالح سنگی استخراج شده، مقدار رطوبت و مواد معدنی استخراج شده محاسبه می شود. مقدار قیر به صورت درصد جرمی مخلوطهای عاری از رطوبت گزارش می شود.

۴- مشخصات و موارد کاربرد

۴-۱ همه این روشها می توانند برای تعیین کمی قیر در مخلوطهای روسازی آسفالتی گرم و نمونه های روسازی برای پذیرش مشخصات ارزیابی سرویس دهی کنترل و پژوهش استفاده شوند. هر روش، حلال یا حلالها و یا معرفهای دیگر را که بتوانند در روش آزمایش استفاده شوند، بیان می کند
روش آزمایش D1856 ایجاب می نماید که روش A وقتی که قیر از حلال بازیابی می شود، استفاده گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵- وسایل

- ۱-۵ گرمخانه، باتوانایی نگهداری دما در 23.0 ± 0.9 درجه فارنهایت (5 ± 10 درجه سانتیگراد)
- ۲-۵ ظروف، مسطح با طول ۱۲ اینچ، پهنای ۸ اینچ و عمق یک اینچ ($30.5 \times 20.3 \times 2.5$ میلیمتر)
- ۳-۵ ترازو، باترازوهایی با دقت حداقل ۰/۰۱ درصد جرم نمونه
- ۴-۵ صفحات داغ، الکتریکی باتوان ۷۰۰ وات یا کمتر باتندازه‌های بزرگ و متوسط
- ۵-۵ ظرف مندرج دهان کوچک، باظرفیت ۱۰۰۰ یا ۲۰۰۰ میلی لیتر ظرف مندرج دهان کوچک مشاهده با ظرفیت ۱۰۰ میلی لیتر
- ۶-۵ ظرف برای حرارت، باظرفیت ۱۲۵ میلی لیتر
- ۷-۵ دسیکاتور

۸-۵ ترازوی عددی

۶- معرف ها

۶-۱ خلوص معرفها، در همه آزمایشها باید معرفها با درجه شیمیائی استفاده شوند. مگر اینکه به گونه دیگری بیان شده باشد، در این استاندارد بیشتر مورد نظر است که همه معرفها، مشخصات کمیته معرفهای Analytical انجمن شیمیایی آمریکا را دارا باشند. درجات دیگری ممکن است استفاده شوند. شرط اولیه این است که معرف باید دارای خلوص به اندازه کافی بالا باشد که استفاده از آن بدون اینکه دقت تعیین مقادیر را کاهش دهد، مجاز باشد.

۶-۲ محلول کربنات آمونیوم، محلول اشباع معرف گروه آمونیوم کربنات $[(NH_4)_2CO_3]$

۶-۳ متیلین کلراید، گروه فنی. احتیاط - بخش ۷ را ببینید.

۶-۴ تری کلرواتان، مطابق با مشخصات ایالتی $(Int.Amd.3) O-T-620a$. احتیاط - بخش ۷ را ببینید.

۶-۵ تری کلرواتیلن، گروه فنی نوع یک، آخرین بازنگری مشخصات ایالتی $O-T-634$. احتیاط - بخش ۷

را ببینید.

۷- خطرات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷- خطرات

۷-۱- محلولهایی که در بخش ۶ ذکر شده اند فقط باید در زیر هواکش با سیستم مناسب جریان هوا استفاده شوند، از آنجایی که همه آنها سمی هستند در جدول یک، درجه سمی بودن بعضی نشان داده شده است.

۸- نمونه گیری

۸-۱- نمونه ها را طبق دستورالعمل ۹۷۹ بگیرید.

۸-۱-۲-۱- اگر مخلوط بقدر کافی برای جدا کردن بایک کاردک یا بیلچه نرم نباشد، آنرا در یک ظرف بزرگ، پهن کرده تدمای 23.0 ± 9 درجه فارنهایت (5 ± 10 درجه سانتیگراد) فقط تا زمانی که بتوان بادست خرد یا مخلوط کرد، گرم کنید. مصالح را نصف یا چهار قسمت کنید تا مقدار جرم مصالح لازم برای آزمایش بدست آید.

۸-۲-۲- اندازه نمونه آزمایش باید از حداکثر اندازه اُسمی مصالح سنگی مخلوط پیروی کرده و با جرم لازم نشان داده شده در جدول ۲ مطابق باشد. (توجه ۲)

توجه ۲- وقتی جرم نمونه آزمایش از ظرفیت تجهیزات بیشتر باشد (برای یک روش خاص)، نمونه آزمایش می تواند به قسمتها مناسب تقسیم شده و آزمایش شود، و نتایج برای محاسبه مقدار قیر به نحو مقتضی ترکیب شوند. (بخش ۱۲)

۸-۲-۳- علاوه بر این، یک نمونه آزمایشی برای تعیین رطوبت در مخلوط (بخش ۹) لازم است این نمونه آزمایشی را از باقی مانده نمونه مخلوط، سریعاً پس از اخذ نمونه آزمایش تعیین اجزاء، بگیرید.

توجه ۳- اگر بازیابی قیر از محلول بدست آمده از آزمایش تعیین اجزاء لازم نباشد، بجای تعیین مقدار رطوبت، نمونه کامل آزمایش ممکن است قبل از تعیین اجزاء تارسیدن به جرم ثابت در یک گرمخانه بادمای 23.0 ± 9 درجه فارنهایت (5 ± 10 درجه سانتیگراد) خشک شود.

۹- مقدار رطوبت

۹-۱- مقدار رطوبت مخلوط را (بخش ۸-۲-۲ را ببینید) طبق روش تشریح شده در روش آزمایش D1461 تعیین کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۹ جرم آب W_2 (بند ۱۲-۱) را در نمونه آزمایش تعیین اجزا با ضریب درصد جرمی آب، (بند ۹-۱) در جرم نمونه آزمایش تعیین اجزاء W_1 (۱-۱۲) محاسبه کنید.

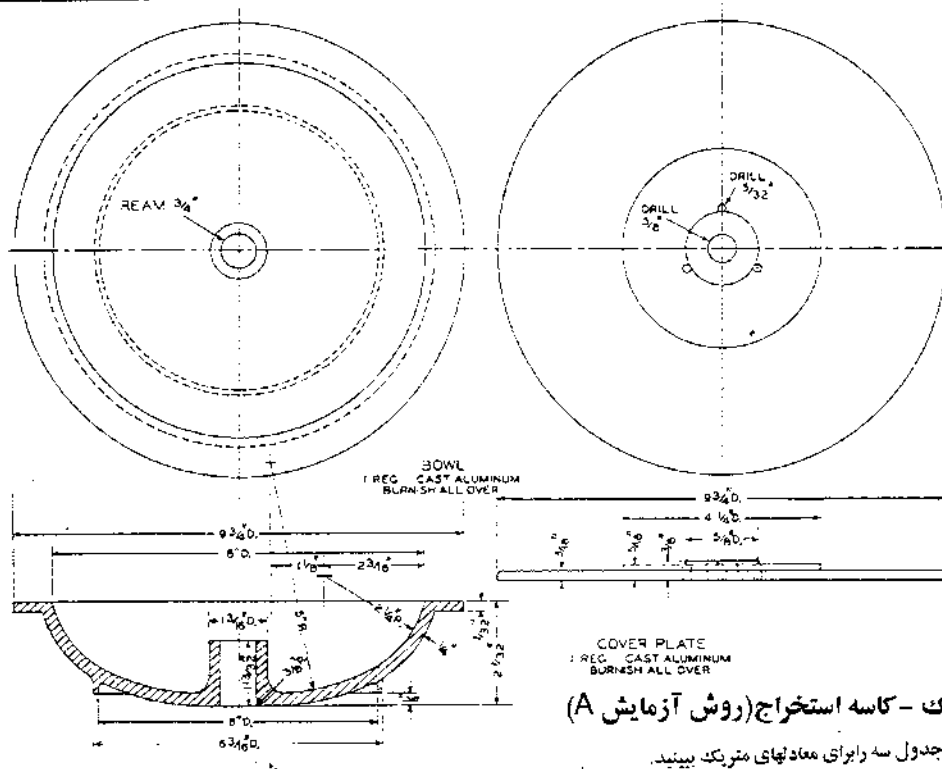
جدول یک - سمی بودن حلالها

حلال	متوسط وزنی - زمانی غلظت برای در معرض گذاشتن ۸ ساعت در ۵ روز هفته بر حسب Ppm
متیلن کلراید	۲۰۰
تری کلرواتیلن	۱۰۰
تری کلرواتان	۳۵۰

جدول ۲ - اندازه نمونه

حداقل جرم نمونه (کیلوگرم)	اندازه الک	حداکثر اندازه اسمی استاندارد مصالح سنگی (میلیمتر)
۰/۵	شماره ۴	۴/۷۵
۱	$\frac{3}{8}$ اینچ	۹/۵
۱/۵	$\frac{1}{4}$ اینچ	۱۲/۵
۲	$\frac{3}{4}$ اینچ	۱۹
۳	۱ اینچ	۲۵
۴	$1\frac{1}{4}$ اینچ	۳۷/۵

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل یک - کاسه استخراج (روش آزمایش A)

توجه - جدول سه را برای معادلهای متریک ببینید.

جدول ۳ - معادلهای متریک برای شکل ها

معدل متریک سانتی متر	واحدهای اینچ - پوند اینچ	معدل متریک سانتی متر	واحدهای اینچ - پوند سانتی متر	معدل متریک سانتی متر	واحدهای اینچ - پوند اینچ
۱۴/۹	$\frac{57}{8}$	۲/۳	$\frac{11}{16}$	۰/۳۲	$\frac{1}{8}$
۱۵/۲	۶	۲/۴	$\frac{3}{4}$	۰/۴۸	$\frac{3}{16}$
۱۵/۵	$\frac{61}{8}$	۵/۵	$\frac{21}{16}$	۰/۵۶	$\frac{7}{32}$
۱۵/۷	$\frac{63}{16}$	۵/۶	$\frac{27}{32}$	۰/۶۳	$\frac{1}{6}$
۱۵/۹	$\frac{61}{4}$	۵/۹	$\frac{25}{16}$	۰/۷۹	$\frac{5}{16}$
۱۶/۵	$\frac{61}{2}$	۶/۴	$\frac{21}{4}$	۰/۹۵	$\frac{3}{8}$
۱۸/۷	$\frac{72}{8}$	۶/۹	$\frac{25}{8}$	۱/۲۷	$\frac{1}{2}$
۲۰/۷	۸	۷/۲	$\frac{213}{16}$	۱/۵۹	$\frac{8}{5}$
۲۴/۷	$\frac{93}{4}$	۷/۶	۳	۱/۹	$\frac{3}{4}$
۲۵/۳	۱۰	۹/۶	$\frac{22}{4}$	۲/۵	۱
۲۵/۷	$\frac{101}{8}$	۱۰/۲	۴	۲/۸۶	$\frac{1}{8}$
۳۰/۵	۱۲	۱۱/۸	$\frac{11}{4}$	۳/۰۲	$\frac{13}{16}$
۳۵/۵	۱۴	۱۲/۷	۵	۳/۵۷	$\frac{113}{32}$
۳۷	$\frac{141}{4}$	۱۳/۸	$\frac{57}{16}$	۳/۸	$\frac{11}{2}$
				۴/۱	$\frac{15}{8}$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

روش آزمایش A

۱۰- وسایل

۱-۱۰ علاوه بر وسایل ذکر شده در بخش ۵ برای روش آزمایش A وسایل زیر لازم است:

۱-۱-۱۰ وسایل تجزیه، شامل یک کاسه تقریباً مشابه آنچه در شکل یک نشان داده شده و وسایل داخل کاسه که ممکن است با سرعت قابل کنترل متغیر تا ۳۶۰۰ دور در دقیقه بچرخند. سرعت ممکن است دستی بایک سرعت از قبل تنظیم شده، کنترل شود. وسایل باید به ظرفی برای جمع کردن محلول مجهز باشد. وسایل ترجیحاً باید خصوصیات ضد احتراق داشته و در زیر هواکش که مجهز به سیستم خروجی تهویه هوا باشد، نصب شوند. توجه ۴ از وسایل مشابه با اندازه بزرگتر ممکن است استفاده شود.

۱-۱-۱۰ حلقه‌های صافی، کاغذی یا نمدی برای قراردادن در شیارهای کاسه

۱-۱-۱۰ حلقه‌های صافی کاغذی با خاکستری کم ممکن است بجای حلقه صافی نمدی (۱-۱-۱۰) استفاده شود.

چنین حلقه‌هایی باید شامل کاغذ صافی کم خاکستری که در ضخامت 0.05 ± 0.05 اینچ جای گرفته باشند وزن اسمی کاغذ برای یک دسته (۵۰۰ برگگی - ۲۵ در ۲۸ اینچ) باید 330 ± 30 پوند باشد. مقدار خاکستر کاغذ نباید از 0.2 درصد (تقریباً 0.034 گرم در حلقه) بیشتر باشد.

۱۱- روش آزمایش

۱-۱۱ رطوبت مصالح را طبق بخش ۹ تعیین کنید.

۱۱-۲ تا ۱۱-۵۰ گرم از مواد مورد آزمایش را داخل کاسه بریزید. ضمیمه A را برای روشهای تشریحی در اینجا و در بند ۱۱-۵ ببینید.

۱۱-۳ روی نمونه را با تری کلرواتیلن، تری کلرواتان، یا متیلن کلراید بپوشانید. زمان کافی (کمتر از یک ساعت) برای جدا کردن نمونه توسط حلال منظور کنید و کاسه را محتوی مواد مورد آزمایش و حلال را در دستگاه تجزیه قرار دهید. حلقه صافی را خشک و جرم آنرا تعیین کرده و سپس دور شیار کاسه جای دهید. در پوش روی کاسه را محکم گیره کرده و بشری را زیر قسمت زهکشی خروجی برای جمع آوری مواد خروجی قرار دهید.

۱۱-۴ سانتریفوژ را با سرعت کم شروع و بتدریج سرعت را تا حداکثر ۳۶۰۰ دور در دقیقه یا تا وقتی که حلال دیگر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

زمکشی نشود، افزایش دهید. اجازه دهید دستگاه متوقف شده و ۲۰۰ میلی لیتر تری کلرو اتیلن، تری کلرواتان، ۱، ۱، ۱ یا متیلن کلراید اضافه کرده و همان عمل را تکرار کنید. از ۲۰۰ میلی لیتر حلال اضافی (حداقل سه مقدار) بطوری که مواد خروجی تیره تر از رنگ گاهی روشن نباشد، استفاده کنید. مواد خروجی و شسته شده را در یک ظرف مندرج مناسب جمع کنید.

۱۱-۵- حلقه صافی رازکاسه برداشته و در هوا خشک کنید. اگر حلقه های صافی نمادی استفاده شده مواد معدنی چسبیده به رویه آنرا خراشیده و به مصالح سنگی اضافه کنید. حلقه رادر گرمخانه بادمای 230 ± 9 درجه فارنهایت (110 ± 5 درجه سانتیگراد) تا رسیدن به جرم ثابت خشک کنید

محتویات داخل کاسه را با دقت بداخل یک ظرف فلزی ریخته و در حمام بخار خشک کنید و سپس در گرمخانه یا روی صفحه داغ بادمای 230 ± 9 درجه فارنهایت (110 ± 5 درجه سانتیگراد) تا رسیدن به وزن ثابت خشک کنید. اگر حلال تری کلرو اتیلن یا تری کلرواتان باشد از خشک کردن اولیه در حمام بخار ممکن است صرف نظر شود. جرم مصالح سنگی استخراج شده برابر با جرم مصالح سنگی داخل ظرف فلزی بعلاوه افزایش جرم حلقه های صافی باشد.

۱۱-۵-۱ روش زیر را وقتی از حلقه های صافی کم خاکستر استفاده می شود به کار برید: مصالح سنگی و حلقه های صافی را در یک ظرف فلزی تمیز قرار دهید و به روش تشریح شده در بالا خشک کنید. حلقه صافی را با دقت نازده و روی مصالح سنگی قرار دهید. حلقه صافی را با افزودن آتش با کبریت یا فندک بسوزانید.

جرم مصالح سنگی استخراج شده در ظرف را تعیین کنید. W_3

توجه ۵: از آنجائیکه مصالح سنگی خشک وقتی که در معرض هوای مرطوب قرار می گیرند، رطوبت جذب می کند جرم مصالح سنگی استخراجی را بلافاصله پس از سرد شدن و رسیدن به دمای مناسب تعیین کنید.

۱۱-۶ مقدار مواد معدنی خارج شده را به یکی از روشهای زیر تعیین کنید:

۱۱-۶-۱ روش خاکستر

د

۱۱-۶-۱-۱ حجم کل مواد استخراج شده در ظرف مندرج را (۱۱-۴) یادداشت کنید. جرم ظرف مخصوص حرارت را تعیین و مواد استخراج شده را کاملاً هم زده و بلافاصله حدود ۱۰۰ میلی لیتر از آن را داخل ظرف مخصوص حرارت بریزید. برای خشک شدن بر روی صفحه داغ یا حمام بخار تبخیر کنید. وقتی از بنزین استفاده می شود. از حمام بخار استفاده نکنید. مواد باقی مانده را در حرارت قریب 500 تا 600 درجه سانتیگراد خاکستر کرده، سرد کنید و ۵ میلی لیتر محلول کربنات آمونیوم اشباع برای هر گرم خاکستر اضافه کنید. بمدت یکساعت در دمای اتاق نگهدارید. در گرمخانه بادمای 100 درجه سانتیگراد تا رسیدن به جرم ثابت خشک نموده و در یک دسیکاتور خنک کرده و جرم آنرا تعیین کنید.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱-۶-۱-۲ جرم مواد معدنی W_4 در کل حجم استخراجی رابه روش زیر محاسبه کنید:

$$W_4 = G[V_1/(V_1-V_2)]$$

G = خاکستر در حجم مایع برداشته شده بر حسب گرم

V_1 = حجم کل بر حسب میلی لیتر

V_2 = حجم بعد از برداشتن مایع جهت تعیین خاکستر بر حسب میلی لیتر

۱۱-۶-۲ روش سانتریفوژ

۱۱-۶-۲-۱ برای این روش آزمایش از بالاترین سرعت ممکن سانتریفوژ (با شتاب $3000g$ یا بالاتر) از نوع جریان پیوسته استفاده کنید.

۱۱-۶-۲-۲ جرم جام تمیز (یا کاسه) سانتریفوژ را با دقت 0.005 ± 0.01 گرم تعیین و جام را در دستگاه سانتریفوژ قرار دهید. یک ظرف به شکل ناودانی برای اخذ نتیجه عملیات سانتریفوژ قرار دهید. همه مواد استخراجی رابه ظرف تغذیه مناسب که به سویاپ کنترل (شیر یا گیره) مجهز است، منتقل کنید. برای اطمینان از کیفیت انتقال مواد استخراجی به ظرف تغذیه، ظرف مواد باید چندین بار با مقدار کمی حلال تمیز شود و مواد شسته شده نیز به ظرف تغذیه اضافه گردد. عمل سانتریفوژ را شروع کرده و اجازه دهید تا به یک سرعت کار ثابت برسد. (برای مثال 9000 دور در دقیقه برای نوع SMM و بیش از 20000 دور در دقیقه برای نوع Sharpless) خط تغذیه را باز کرده و مواد استخراجی را بداخل دستگاه سانتریفوژ به میزان 100 تا 150 میلی لیتر در دقیقه وارد کنید. بعد از اینکه همه مواد مستخرجه از داخل دستگاه سانتریفوژ عبور کرد، مکانیزم تغذیه را (در حالیکه سانتریفوژ هنوز می چرخد) با افزودن چندین مرتبه حلال، تمیز شسته و آنها را از داخل سانتریفوژ عبور داده، شستن را تا زمانی که خروجی بی رنگ شود، ادامه دهید.

۱۱-۶-۲-۳ اجازه دهید که سانتریفوژ متوقف شده و جام (یا کاسه) را بردارید. اطراف جام را با حلال تازه تمیز کنید. اجازه دهید حلال باقیمانده در زیر دودکش یا سیستم هواکش تبخیر شده و سپس محتویات ظرف را در گرمخانه بادامی کنترل شده 9 ± 230 درجه فارنهایت (5 ± 110 درجه سانتیگراد) خشک کنید. ظرف را خنک کرده و وجرم آن را فوراً دوباره تعیین کنید. افزایش جرم، جرم مواد معدنی W_4 (۱۲-۱) در مواد مستخرجه می باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱-۶-۳ روش حجمی

۱۱-۶-۳-۱ مواد مستخرجه را در فلاسکی که قبلاً توزین و کالیبره شده قرار دهید. فلاسک را در حمام بادمای کنترل شونده تا ۰/۲ درجه فارنهایت (۰/۱ درجه سانتیگراد) قرار داده و اجازه دهید تا به دمایی که در آن کالیبره شده برسد. وقتی دمای مورد نظر حاصل شد، فلاسک را با حلالی که به همان دماست پر کنید سطح مایع داخل فلاسک را تا گلوبی بالا آورده، سربوش را قرار دهید و مطمئن شوید که مایع از لوله موثین سرریز کرده است و فلاسک را از حمام خارج کنید. فلاسک را به آهستگی پاک کرده و خشک کنید و جرم آنرا اذقت ۰/۱ گرم تعیین کنید و این جرم را به عنوان «جرم فلاسک + جرم مواد مستخرجه» ثبت کنید. ضمیمه A_2 را برای انجام روش آزمایش حجمی، که در آن از حمام بادمای کنترل شونده که در این جا تشریح شده استفاده نشود، ببینید.

۱۱-۶-۳-۲ حجم قیر ریزدانه‌ها را در مواد مستخرجه به صورت زیر محاسبه کنید:

$$V_1 = V_2 \frac{(M_1 - M_2)}{G_1}$$

که در این رابطه:

V_1 = حجم قیر ریزدانه‌ها در مواد مستخرجه

V_2 = حجم فلاسک

M_1 = جرم محتویات فلاسک

M_2 = جرم قیر ریزدانه‌ها در مواد استخراج شده = جرم کل نمونه‌ها منهای جرم مصالح سنگی استخراجی

G_1 = وزن مخصوص حلال که طبق روش آزمایش D_{2111} با دقت ۰/۰۰۱ تعیین شده است.

۱۱-۶-۳-۳ جرم ریزدانه‌ها را در مواد استخراج شده به صورت زیر محاسبه کنید:

$$M_3 = k(M_2 - G_3 V_1)$$

در این رابطه:

M_3 = جرم ریزدانه‌ها در مواد استخراج شده

G_2 = وزن مخصوص ریزدانه‌ها که طبق روش آزمایش تعیین $C128$ شده

G_3 = وزن مخصوص قیر که طبق روش آزمایش $DV0$ تعیین شده است.

$$K = \frac{G_2}{G_2 - G_3}$$

V_1 = طبق آنچه که در بند ۱۱-۶-۳-۲ داده شده است.

M_2 = طبق آنچه که در بند ۱۱-۶-۳-۲ داده شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۲- محاسبه مقدار قیر

۱-۱۲ درصد قیر در نمونه آزمایشی را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$\text{درصد قیر} = \left[\frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{W_1 - W_2} \right] \times 100$$

W_1 = جرم نمونه مورد آزمایش

W_2 = جرم آب در نمونه مورد آزمایش

W_3 = جرم مصالح سنگی معدنی استخراج شده

W_4 = جرم مواد معدنی در مواد استخراج شده

توجه ۶- وقتی حلقه های صافی بدون خاکستر استفاده نمی شوند، افزایش جرم حلقه صافی نمدی را به W_4 اضافه کنید.

توجه ۷- برای مخلوطهای روسازی که در آن از قطران استفاده شده است، تصحیحی برای روش A در ضمیمه A آورده شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳۰- دقت و انحراف

۳۰-۱ مخلوطهای با مصالح سنگی دارای جذب آب کمتر از ۱/۲۵ درصد (توجه ۱۳)

شاخص آزمایش	انحراف استاندارد (%)	محدوده قابل قبول دو نتیجه آزمایش (%)
	(IS)	(d2s)
خطای یک آزمایش کننده (توجه ۱۵) روش A سانتریفوژ	۰/۲۱	۰/۵۹
خطای چند آزمایشگاه (توجه ۱۵) روش A سانتریفوژ	۰/۲۲	۰/۶۲

توجه ۱۳- محدوده های انحراف بیان شده براساس آنالیز داده های مبنای ^(۱) AMRL از سال ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۵ می باشد قیرمورد استفاده در این سالها شامل AC-۱۰، AC-۱۵، AC-۲۰، AR-۲۰۰۰، AR-۴۰۰۰، AR-۸۰۰۰ می باشد. مصالح سنگی مصرفی دارای حداکثر اندازه اسمی تقریباً $\frac{3}{4}$ اینچ بود. مقدار قابلیت جذب آب زیر ۱/۲۵ درصد بود.

توجه ۱۴- ارزیابی آماری هیچ تفاوتی در خطای ناشی از حلالهای مختلف نشان نمی دهد. پس محدوده انحراف برای هر روش آزمایش شامل اطلاعاتی است که با استفاده از حلالهای زیر بدست آمده است:
بنزین، تری کلرواتان، تری کلرواتیلن، متیلن کلرید.

۳۰-۲ مخلوطهایی باتوانایی جذب آب بیش از ۱/۲۵ و کمتر از ۱/۲۰ درصد.

۳۰-۲-۱ محدوده انحراف و دقت برای مصالح سنگی با این خصوصیات معمولاً وسیع می باشد.

۳۰-۳ مخلوطهای باتوانایی جذب آب بیش تر از ۲/۵ درصد (توجه ۱۴ و ۱۵):

شاخص آزمایش	انحراف استاندارد (%)	محدوده قابل قبول دو نتیجه آزمایش (%)
	(IS)	(d2s)
دقت یک آزمایش کننده روش A (سانتریفوژ)	۰/۵۵	۱/۵۶
دقت چند آزمایشگاه روش A (سانتریفوژ)	۰/۵۵	۱/۵۶

توجه ۱۵: این محدوده های خطا براساس یک مصالح سنگی که توانایی جذب آب بیش از ۲/۵ درصد دارند) و هفت بار تکرار و در پنج آزمایشگاه تعیین شده اند. از مصالح سنگی با حداکثر اندازه $\frac{3}{4}$ اینچ استفاده شده است.

توجه ۱۶: محدوده دقت و انحراف برای مقدار قیر مخلوطهای با مصالح سنگی دارای جذب آب بیشتر از ۲/۵ درصد با استفاده از نتایج آزمایشات پنج آزمایشگاه بوده است که این تعداد کمتر از تعداد ۱۰ آزمایشگاه پیشنهادی ASTM است.

۱- AASHTO Materials Reference Laboratory

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ضمائم:

A1- روش آزمایش A به گونه ای دیگر

A1-1 در بند ۱۱-۲ نمونه آزمایش ۶۵۰ تا ۲۵۰ گرمی را در کاسه ای که قبلاً همراه با حلقه صافی تارسیدن به جرم ثابت خشک شده قرار دهید.

A1-۲ در بند ۱۱-۵ بجای برداشتن حلقه صافی از کاسه و خشک کردن آن در هوا، کاسه را با حلقه صافی تارسیدن به جرم ثابت زیر یک لامپ مادون قرمز یا در گرمخانه ای با دمای 9 ± 230 درجه فارنهایت (5 ± 110 درجه سانتیگراد) خشک کنید.

A2- روش حجمی روش آزمایش A به گونه ای دیگر

A2-۱ بجای استفاده از حمام بادمای کنترل شونده تشریح شده در بند ۱۱-۶-۳-۱ دمای مواد استخراج شده اندازه گیری کرده و تصحیح لازم برای حجم فلاسک و دانسیته قیرو حلال را انجام دهید.

A3- اصلاح روش A برای تعیین قطران

A3-۱ نمونه مورد آزمایش را در داخل کاسه با جوهر قطران بپوشانید و کاسه را به مدت یک ساعت بر روی صفحه داغ یا در گرمخانه با دمای ۲۴۰ درجه فارنهایت (۱۱۶ درجه سانتیگراد) قرار دهید. طبق بندهای ۱۱-۳ و ۱۱-۴ ادامه دهید غیر از اینکه از دوبار افزودن جوهر قطران به مقدار ۲۰۰ میلی لیتر که از قبل تا دمای ۲۴۰ درجه فارنهایت (۱۱۶ درجه سانتیگراد) گرم شده به کار ببرید. نمونه مورد آزمایش را با ۳ بار افزودن ۲۰۰ میلی لیتر از محلول تری کلرو اتیلن و طبق همان روش عمل آورید.

A3-۲ آزمایش را طبق بندهای ۱۱-۵ و ۱۱-۶-۱ مگر تبخیر بخش مایع برداشته شده از حلال روی حمام بخار تا خارج شدن تری کلرو اتیلن ادامه دهید. سپس باقی مانده حلال را روی صفحه داغ تبخیر کنید تا خشک شود و طبق بند ۱۱-۶-۱ بسوزانید.

A3-۳ طبق قسمت ۱۲، درصد قطران در نمونه را محاسبه کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM: D ۲۷۲۶

روش استاندارد آزمایش تعیین وزن مخصوص و دانسیته حقیقی مخلوطهای آسفالتی متراکم شده به روش اشباع با سطح خشک

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش، شامل تعیین وزن مخصوص و دانسیته حقیقی نمونه‌های متراکم شده مخلوطهای آسفالتی می‌باشد.

۱-۲- این روش آزمایش، باید فقط برای مخلوطهای متراکم شده با دانه بندی پیوسته و عملاً "غیر جاذب استفاده شود.

۱-۳- مقادیر در واحد SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند.

۱-۴- این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C 1۷۰ دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف روشهای آزمایش برای مصالح ساختمانی

D 9۷۹ دستورالعمل نمونه‌گیری از مخلوطهای آسفالتی

D 1۴۶۱ روش آزمایش برای تعیین رطوبت یا بخار تقطیر شده در مخلوطهای آسفالتی

D 3۲۰۳ روش آزمایش برای تعیین درصد فضای خالی در مخلوطهای آسفالتی با دانه بندی پیوسته و باز

D 3۶۶۶ دستورالعمل ارزیابی و توصیف روشهای آزمایش و مشخصات مصالح روسازی

D ۲۷۵۳ مشخصات برای ارزیابی، انتخاب و ویژگیهای ترازو و ابزار استفاده شده در آزمایشهای خاک، سنگ و موادی که به مصالح ساختمانی مربوط می‌شوند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- اصطلاحات فنی

۳-۱ شرح اصطلاحات:

۳-۱-۱) دانسیته حقیقی: جرم یک متر مکعب (یافوت مکعب) از ماده در ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت) است که در این روش تعیین می شود.

۳-۱-۲) وزن مخصوص حقیقی: نسبت جرم حجم معینی از ماده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، بر جرم همان حجم از آب در همان دما می باشد که با این روش تعیین می شود.

۴- خلاصه‌ای از روش آزمایش:

۴-۱) نمونه در حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد غوطه ور می شود. جرم نمونه داخل آب اندازه گیری شده و نمونه از آب خارج و سریعاً با یک حوله مرطوب خشک شده و در هوا وزن می شود از اختلاف بین دو جرم، برای اندازه گیری جرم آب هم حجم در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، استفاده می شود. ضرایب تصحیح برای تبدیل جرم در دمای مرجع ۲۵ درجه سانتیگراد که اگر توزین‌ها در دماهای مختلف انجام شود، موجود می باشد.

۴-۲) این روش آزمایش، راهنمایی‌هایی برای تعیین جرم کاملاً خشک نمونه یا خشک شده در گرمخانه ارائه می نماید. وزن مخصوص حقیقی از این جرمها محاسبه می شود و سپس دانسیته از ضرب کردن وزن مخصوص نمونه در دانسیته آب، بدست می آید.

۵- مشخصات و کاربرد

۵-۱) نتایج بدست آمده از این روش آزمایش، می توانند در تعیین وزن واحد حجم نمونه‌های مخلوط آسنالنی متراکم شده با دانه بندی پیوسته بکار روند و از ترکیب کردن با نتایج روش آزمایش D۳۲۰۳ درصد فضای خالی بدست می آید. این مقادیر با تغییر و تبدیل‌هایی ممکن است در تعیین میزان تراکم نسبی استفاده شوند.

۵-۲) از آنجایی که وزن مخصوص واحد ندارد، برای انجام محاسباتی که واحد نیاز دارند وزن مخصوص باید به دانسیته تبدیل شود. این تبدیل با ضرب کردن وزن مخصوص در دمای مشخص در دانسیته آب در همان دما انجام می شود.

توجه ۱: افراد و تجهیزات بکار گرفته شده در این آزمایش، باید مطابق با دستورالعمل D۳۶۶۶ ارزیابی شوند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶- وسایل

۶-۱- ترازو: با ظرفیت و دقت مناسب، که قادر به محاسبه وزن مخصوص حقیقی نمونه‌ها تا حداقل چهار رقم معنی دار که حداقل سه رقم آن اعشاری است، باشد. ترازو باید به وسیله مناسبی مجهز باشد که بتوان وزن نمونه را به حالت معلق در آب اندازه گرفت. ترازو باید با ویژگیهای اعلام شده در مشخصات D۲۷۵۳ مربوط به ترازوی کلاس GP۲ مطابقت کند.

توجه ۲: نظر به اینکه هیچ ارقام معنی داری نه در خارج قسمت (وزن مخصوص حقیقی) بدست آمده، نه در متسوم (جرم نمونه در هوا) یا متسوم علیه (جرم آب هم حجم یا حجم نمونه که از اختلاف وزن اشباع با سطح خشک نمونه و وزن نمونه در هوا بدست می آید) وجود ندارد، این معنی را میدهد که ترازو باید چنان دقتی را دارا باشد که هر دو مقادیر جرمها را با حداقل چهار رقم معنی دار اندازه گیری نماید. برای مثال ترازویی با ۰/۱ گرم، چهار رقم معنی دار برای جرم در محدوده ۱۰۰/۱ گرم تا ۹۹۹/۹ گرم بدست می دهد.

۶-۲ حمام آب: برای غرقاب کردن نمونه در آب به حالت معلق، که به یک مجرای خروجی سرریز برای ثابت نگهداشتن سطح آب مجهز باشد.

۷- نمونه گیری

۷-۱ نمونه‌ها ممکن است از مخلوطهای آسفالتی آزمایشگاهی قالب گیری شده یا از روسازی‌ها آسفالتی گرفته شده باشند.

۷-۲ نمونه‌های صحرائی را مطابق با دستورالعمل D۹۷۹ اخذ کنید.

۷-۳ نمونه‌های روسازی باید از روسازی‌ها، با مغزه گیری به وسیله مته الماسی یا کربوراندوم یا باهر وسیله مناسب دیگری گرفته شود.

۸- نمونه‌های آزمایش

۸-۱ اندازه نمونه‌ها پیشنهاد میشود ۱- قطر قالب استوانه‌ای یا نمونه‌های مغزه گیری شده یا طول جوانب نمونه‌های اره شده، حداقل معادل چهار برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد و ۲- ضخامت نمونه‌ها، حداقل ۵ برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۲ به هنگام اخذ نمونه‌ها از روسازی یا خارج کردن نمونه‌ها از قالب، باید مراقب باشید که پیچش خمش و ترک خوردگی در نمونه ایجاد نشود. نمونه‌ها باید در جایی امن و خنک نگهداری شوند.

۸-۳ نمونه‌ها باید عاری از مواد خارجی نظیر آندود آبیندی، آندود سطحی، مصالح بستر، خاک، کاغذ یا برچسب باشد. هرگاه یکی از این مواد روییت شوند باید با اره کردن مطابق بند ۸-۴ برداشته شوند.

۸-۴ در صورت تمایل، ممکن است نمونه‌ها از لایه‌های دیگر روسازی با اره کردن یا با وسیله مناسب، دیگری جدا شوند.

۹- روش آزمایش

۹-۱ برای نمونه‌هایی که دارای رطوبت یا حلال و یا هردو می‌باشند.

۹-۱-۱-۱ جرم نمونه در آب: نمونه را در حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد (۷۷ درجه فارنهایت) به مدت ۳ تا ۵ دقیقه غوطه ور کنید، سپس نمونه را در آب وزن کرده و این جرم را C بنامید. اگر دمای نمونه از دمای حمام نمونه بیش از ۲ درجه سانتیگراد (۳/۶ درجه فارنهایت) تفاوت داشته باشد، نمونه باید به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در حمام آب غوطه ور شود.

۹-۱-۱-۱-۱ دمای آب را اندازه‌گیری کنید و اگر دمای آب با 25 ± 1 درجه سانتیگراد ($77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت) اختلاف داشته باشد، مطابق بند ۱۰-۲ تصحیحی برای وزن مخصوص حقیقی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد باید انجام گیرد.

۹-۱-۱-۲ جرم نمونه اشباع با سطح خشک در هوا: سطح نمونه را با یک حوله مرطوب سریعاً خشک کرده و سپس آنرا در هوا وزن کنید. این جرم را B بنامید.

۹-۱-۱-۳ جرم نمونه خشک شده در یخخانه: نمونه را در یخخانه بادمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد (230 ± 9 درجه فارنهایت) تا رسیدن به جرم ثابت کاملاً خشک کنید و اجازه دهید نمونه سرد شود و سپس آنرا در هوا وزن کرده و این جرم را A بنامید.

۹-۲ برای نمونه‌های کاملاً خشک

۹-۲-۱ جرم نمونه خشک در هوا: نمونه را پس از قراردادن به مدت حداقل یک ساعت در دمای اتاق، وزن کنید این

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جرم را A بنامید .

۹-۲-۲ جرم نمونه در آب: همان روش تشریح شده در بند ۹-۱-۱ را بکار ببرید .

۹-۲-۳ جرم نمونه اشباع با سطح خشک در هوا: سطح نمونه را با یک حوله مرطوب سریعاً خشک کرده و سپس آنرا در هوا وزن کنید. این جرم را B بنامید .

۱۰- محاسبه

۱۰-۱ وزن مخصوص حقیقی نمونه را به صورت زیر محاسبه کنید .

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{B - C}$$

که در این رابطه :

A = جرم نمونه خشک در هوا بر حسب گرم

B-C = جرم حجمی از آب که برابر با حجم نمونه در ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد .

B = جرم نمونه اشباع با سطح خشک در هوا بر حسب گرم و

C = جرم نمونه در آب بر حسب گرم می باشد .

۱۰-۲ وزن مخصوص حقیقی نمونه در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد می تواند از وزن مخصوص حقیقی نمونه در هر دمای دیگر به صورت زیر محاسبه شود :

وزن مخصوص حقیقی نمونه در دیگر دماها $K \times$ وزن مخصوص حقیقی نمونه در ۲۵ درجه سانتیگراد

K از جدول یک تعیین می شود .

۱۰-۲-۱ اگر دمای آب با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد کمتر از ۳ درجه سانتیگراد اختلاف داشته باشد، دقت

آزمایش در این محاسبات معتبر خواهد بود. اگر اختلاف دما بیش از ۳ درجه سانتیگراد (۴/۵ درجه فارنهایت) باشد، جرم آب جابجا شده باید توسط رابطه زیر تصحیح شود :

$$(B - C) \times K_s \times \Delta T - \text{تصحیح}$$

ΔT = تفاوت دمای حمام آب با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، و

K_s = متوسط ضریب انبساط حجمی بتن آسفالتی که برابر $10^{-5} \times 6$ میلی لیتر بر میلی

لیتر بر درجه سانتیگراد) $(\frac{ml}{ml} / ^\circ C)$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک: دانسیته مطلق آب و ضریب تبدیل K برای دماهای مختلف

ضریب تصحیح K	دانسیته مطلق آب A	دما (C)
۱/۰۰۲۶۶۱	۰/۹۹۹۷۲۸	۱۰
۱/۰۰۲۵۶۷	۰/۹۹۹۶۳۴	۱۱
۱/۰۰۲۴۵۸	۰/۹۹۹۵۲۶	۱۲
۱/۰۰۲۳۳۸	۰/۹۹۹۴۰۶	۱۳
۱/۰۰۲۲۰۴	۰/۹۹۹۲۷۳	۱۴
۱/۰۰۲۰۶۰	۰/۹۹۹۱۲۹	۱۵
۱/۰۰۱۹۰۳	۰/۹۹۸۹۷۲	۱۶
۱/۰۰۱۷۳۴	۰/۹۹۸۸۰۴	۱۷
۱/۰۰۱۵۵۵	۰/۹۹۸۶۲۵	۱۸
۱/۰۰۱۳۶۴	۰/۹۹۸۴۳۵	۱۹
۱/۰۰۱۱۶۲	۰/۹۹۸۲۳۴	۲۰
۱/۰۰۰۹۵۰	۰/۹۹۸۰۲۲	۲۱
۱/۰۰۰۷۲۸	۰/۹۹۷۸۰۱	۲۲
۱/۰۰۰۴۹۵	۰/۹۹۷۵۶۹	۲۳
۱/۰۰۰۲۵۳	۰/۹۹۷۳۲۷	۲۴
۱/۰۰۰۰۰۰	۰/۹۹۷۰۷۵	۲۵
۰/۹۹۹۷۳۸	۰/۹۹۶۸۱۴	۲۶
۰/۹۹۹۴۶۷	۰/۹۹۶۵۴۴	۲۷
۰/۹۹۹۱۸۷	۰/۹۹۶۲۶۴	۲۸
۰/۹۹۸۸۹۸	۰/۹۹۵۹۷۶	۲۹
۰/۹۹۸۵۹۹	۰/۹۹۵۶۷۸	۳۰

A = اطلاعات از پنجاه و پنجمین کتاب شیمی و فیزیک از انتشارات CRC گرفته شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۰-۳ دانسیته نمونه‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$D_{100} = \frac{W_p}{V} \times \frac{100}{G_p} \quad (\text{یا } 99.7/100 \times \text{وزن مخصوص حقیقی} = \text{دانسیته})$$

در این رابطه:

$D_{100} = 99.7/100$ دانسیته آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ($99.7/100$ گرم بر سانتیمتر مکعب) می‌باشد.

۱۰-۴ این روش آزمایش، با استفاده از سیستم مطلق برای دانسیته (کیلوگرم بر متر مکعب) در سیستم واحدهای SI نوشته شده است. جهت تبدیل به سیستم گرانشی، وزن واحد حجم بر حسب پوند بر فوت مکعب و دانسیته بر حسب پوند نیرو بر فوت مکعب با این روش آزمایش قابل قبول است.

۱۱- گزارش

۱۱-۱ گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

۱۱-۱-۱ وزن مخصوص حقیقی مخلوط با سه رقم بعد از اعشار، به عنوان وزن مخصوص حقیقی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد.

۱۱-۱-۲ دانسیته مخلوط با چهار رقم معنی دار بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب یا پوند بر فوت مکعب به عنوان دانسیته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد.

۱۱-۱-۳ نوع مخلوط و

۱۱-۱-۴ اندازه نمونه

۱۲- دقت و انحراف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۲- دقت و انحراف

۱-۱۲ معیار قضاوت پذیرش نتایج آزمایش وزن مخصوص حقیقی حاصل از این روش آزمایش در جدول زیر ارائه شده است :

انحراف استاندارد (IS)	محدوده قابل قبول نتایج دو آزمایش (D2s)	آزمایش و نوع شاخص
۰/۰۱۲۴	۰/۰۳۵	دقت یک آزمایش کننده
۰/۰۲۶۹	۰/۰۷۶	دقت چند آزمایشگاه

توجه ۳: نمونه‌های مورد مطالعه، در سه کارگاه ساخت آسفالت تهیه و توسط آزمایشگاه‌های جداگانه با استفاده از تجهیزات متراکم کننده مارشال با وارد کردن ۷۵ ضربه به هر طرف نمونه، متراکم شدند. متراکم‌کننده‌های مکانیکی نیز استفاده شده‌اند لیکن آنها با تراکم حاصل از ۷۵ ضربه متراکم کننده‌های دستی، کالیبره شده‌اند. در گزارش مورخ ۲۲ مارس ۱۹۸۸ دانشگاه نوادا - رنو نتیجه‌گیری شده است که: دقت استاندارد ASTM-D۲۷۲۶، تغییرات حاصل از روش تراکم مارشال یا ویم و یا تغییرات حاصل از نوع مصالح (گرد گوشه یا زاویه‌دار) را منعکس می‌کند.

۱۲-۲ اعداد داده شده در ستون دو انحراف از استانداردهایی هستند که برای شرایط آزمایش تشریح شده در ستون یک مناسب می‌باشند. اعداد داده شده در ستون سه محدوده‌ای هستند که تفاوت نتایج بین دو آزمایش خاص نباید از این حدود تجاوز کند.

۱۲-۳ مقادیر ستون ۳ محدوده قابل قبول برای دو آزمایش می‌باشد. اگر نتایج بیش از دو آزمایش ارزیابی شوند، باید محدوده داده شده در ستون ۳ افزایش یابد. انحراف استانداردهای داده شده در ستون دو، در ضرایب داده شده در جدول یک دستورالعمل C۶۷۰ برای تعداد واقعی آزمایش‌ها، ضرب می‌شوند. راهنمایی‌های بیشتر در دستورالعمل C۶۷۰ داده شده است. به عنوان مثال برای سه آزمایش داریم:

$$۰/۰۱۲۴ \times ۳/۳ = ۰/۰۴۱$$

۱۲-۴ انحراف: از آنجایی که مصالح مرجع قابل قبولی برای تعیین انحراف روش اندازه‌گیری دانسیته وجود ندارد، دانسیته وجود ندارد، هیچ مطلبی برای انحراف این روش آزمایش بیان نشده است. الف ۷۸/۲/۲۰

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM D: ۲۸۷۲

استاندارد اثر حرارت و هوا بر قشر نازک متحرک قیر (آزمایش قشر نازک گردان در گرمخانه RTFO)

۱- هدف

۱-۱ هدف این آزمایش اندازه‌گیری اثر گرما و هوا بر روی قشر متحرک مواد قیری نیمه جامد می‌باشد. با اندازه‌گیری خواص انتخاب شده قیر قبل و بعد از آزمایش، اثرات این عوامل تعیین می‌شوند.

۱-۲ مقادیر در واحد SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند.

۱-۳ این استاندارد ممکن است شامل مواد عملیات و وسایل خطرناک باشد. این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۲-۱ استانداردهای ASTM

D113 روش آزمایش تعیین شکل پذیری مواد قیری

D2171 روش آزمایش کندرونی قیر با کندروالی سنج لوله‌های خلاء

E1 مشخصات دماسنج‌های ASTM

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱ قشر متحرک از مواد قیری در گرمخانه به دمای ۳۲۵ درجه فارنهایت (۱۶۳ درجه سانتیگراد) برای مدت ۷۵ دقیقه گرم می‌شود. اثر حرارت و هوا از تغییراتی که در مقادیر آزمایش‌های فیزیکی قبل و بعد از قرار دادن نمونه قیر در در گرمخانه اندازه‌گیری می‌شود تعیین می‌گردد. یک روش نظری برای تعیین تغییر در جرم نمونه ارائه شده است.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۳- مقادیر خطا برای این روش آزمایش با شکل پذیری در دمای ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ درجه سانتیگراد) و کندروانی در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) بدست آمده است.

۴- مشخصات و موارد کاربرد

۴-۱- این روش تغییرات تدریجی در خواص قیر با درصمن مخلوط گرم مرسوم حدود دمای ۳۰۲ درجه فارنهایت (۱۵۰ درجه سانتیگراد) اندازه گیری کندروانی نشان می دهد. در صورت نیاز همچنین ممکن است درجه نفوذ یا شکل پذیری نیز اندازه گیری شود. این آزمایش باقی مانده ای حاصل می دهد که قیر باقی مانده به کیفیت قیر استفاده شده در روسازی نزدیک می شود. اگر دمای مخلوط کردن بطور محسوسی از دمای ۳۰۲ درجه فارنهایت (۱۵۰ درجه سانتیگراد) تفاوت ندید ترکمتر یا بیشتری روی خواص اتفاق خواهد افتاد.

۵- وسایل

۵-۱- گرمخانه: گرمخانه باید دوجداره یا گرمکن الکتریکی از نوع انتقال گرما باشد. ابعاد داخلی آن باید ارتفاع ۱۵ اینچ (۳۸۱ میلیمتر)، عرض ۱۹ اینچ (۴۸۳ میلیمتر) و عمق (بادریسته) 17 ± 0.5 اینچ (445 ± 13 میلیمتر) باشد. در باید شامل پنجره ای متقارن با ابعاد عرض 12 ± 1.3 اینچ (305 ± 33.0 میلی متر) ارتفاع 9.5 ± 0.8 اینچ (243 ± 20.3 میلیمتر) باشد. پنجره باید شامل دو صفحه شیشه ای مقاوم در برابر گرما باشد که فاصله بین این دو صفحه با هوا پر شده است. پنجره باید داخل آن را بخوبی نشان دهد. بالای المنت گرم کننده بالایی باید $1 \pm \frac{1}{8}$ اینچ (25 ± 3 میلیمتر) زیر کف گرمخانه باشد.

۵-۱-۱- گرمخانه باید دارای هواکش در پایین و بالا باشد. هواکش های کف باید به طوری متقارن قرار گیرند تا هوای ورودی را در اطراف المنتهای گرم کننده به حرکت در آورند. هواکش ها باید دارای سطح بازشدگی $2/31 \pm 0/11$ اینچ مربع ($15 \pm 0/7$ سانتیمتر مربع) باشند. هواکشهای بالایی باید در قسمت بالایی گرمخانه بطور متقارن قرار گرفته و سطح بازشدگی $1/45 \pm 0/45$ سانتیمتر مربع داشته باشند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۳ مقادیر خطای برای این روش آزمایش با شکل پذیری در دمای ۶۰ درجه فارنهایت (۱۵/۶ درجه سانتیگراد) و کندروانی در دمای ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) بدست آمده است.

۴- مشخصات و موارد کاربرد

۴-۱ این روش تغییرات تقریبی در خواص فیرا در ضمن مخلوط گرم مرسوب حدود دمای ۳۰۲ درجه فارنهایت (۱۵۰ درجه سانتیگراد) اندازه گیری کندروانی نشان می دهد. در صورت نیاز همچنین ممکن است درجه نفوذ یا شکل پذیری نیز اندازه گیری شود. این آزمایش باقی مانده ای حاصل می دهد که فیر باقی مانده به کیفیت فیر استفاده شده در روسازی نزدیک می شود. اگر دمی مخلوط کردن بطور محسوس از دمای ۳۰۲ درجه فارنهایت (۱۵۰ درجه سانتیگراد) تفاوت نماید اثر کمتر یا بیشتری روی خواص اتفاق خواهد افتاد.

۵- وسایل

۵-۱ گرمخانه: گرمخانه باید دوجداره با گرمکن الکتریکی از نوع انتقال گرما باشد. ابعاد داخلی آن باید ارتفاع ۱۵ اینچ (۳۸۱ میلیمتر)، عرض ۱۹ اینچ (۴۸۳ میلیمتر) و عمق (بدریسته) 17 ± 0.5 اینچ (۴۴۵ میلیمتر) باشد. در باید شامل پنجره ای متقارن با ابعاد عرض ۱۲ تا ۱۳ اینچ (۳۰۵ تا ۳۳۰ میلی متر) ارتفاع ۹ تا ۹ اینچ (۲۰۳ تا ۲۲۹ میلیمتر) باشد. پنجره باید شامل دو صفحه شیشه ای مقاوم در برابر گرما باشد که فاصله بین این دو صفحه با هوا پر شده است. پنجره باید داخل اون را بخوبی نشان دهد. بالای المنت گرم کننده بالاتر باید $1 \pm \frac{1}{8}$ اینچ (۲۵±۳ میلیمتر) زیر کف گرمخانه باشد.

۵-۱-۱ اگرمخانه باید دارای هواکش در پائین و بالا باشد. هواکش های کف باید به طوری متقارن قرار گیرند تا هوای ورودی را در اطراف المنتهای گرم کننده به حرکت در آورند. هواکش ها باید دارای سطح بازشدگی $2/31 \pm 0/11$ اینچ مربع ($15 \pm 0/7$ سانتیمتر مربع) باشند. هواکشهای بالائی باید در قسمت بالائی گرمخانه بطور متقارن قرار گرفته و سطح بازشدگی $1/45 \pm 0/45$ سانتیمتر مربع داشته باشند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۱-۲ گرمخانه باید دارای پوشش مملو از هوا در دیواره های کناری و سقف باشد. فضای هوا باید از دیوار و سقف فاصله ۱/۵ اینچ (۳۸/۱ میلیمتر) رداشته باشد. در وسط عرض گرمخانه وبه فاصله ۶ اینچ (۱۵۲/۴ میلیمتر) از سطح صفحه فیزی گرد تا محور گرمخانه، یک پنکه از نوع استوانه دوار مشبک با قطر خارجی $5\frac{1}{4}$ اینچ (۱۳۳ میلیمتر) در عرض $2\frac{7}{8}$ اینچ (۷۳ میلیمتر) باید سرعت ۱۷۲۵ دور در دقیقه با موتور خارجی بچرخد. پنکه باید طوری نصب شود که چرخش پنکه در جهت مخالف پره های آن باشد. جریان هوا از سیستم هوا - پنکه باید از کف گرمخانه از میان جدا ر مملو از هوا مکیده شده و هوا از میان پنکه خارج گردد. تکلیک یک و دو جزئیات سیستم مملو از هوا را نشان می دهند.

۵-۱-۳ گرمخانه باید مجهز به ترموستات کنترل دما که قادر است دما را در 1 ± 32.5 درجه فارنهایت (0.5 ± 16.3 درجه سانتیگراد) نگهدارده گردد. المنت حساس ترموستات باید در فاصله یک اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) از سمت چپ و حدوداً ۱/۵ اینچ (۳۸/۱ میلی متر) از سقف داخلی دوار از تپه محصور شده مملو از هوای گرمخانه باشد به طوری که انتهای المنت حساس در نقطه ای تقریباً ۸ اینچ (۲۰۳/۲ میلیمتری) از دیواره داخلی عقبی گرمخانه باشد. دماسنج باید از قلابی در پوشش سقف که در فاصله ۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتری) از سمت راست گرمخانه در وسط عمق گرمخانه قرار دارد آویزان شده با الصاق گردد. دماسنج باید طوری در داخل گرمخانه به پائین آویزان شود که حباب آن در فاصله یک اینچ از خط تصویری محور صفحه گردان باشد. سیستم کنترل حرارت گرمخانه باید قادر باشد که در ده دقیقه پس از قرار دادن نمونه ها در گرمخانه ای که قبلاً گرم شده، آنها را به دمای آزمایش برساند.

۵-۱-۴ گرمخانه باید به صفحه حمل (نمونه) گرد قائم به قطر ۱۲ اینچ (۳۰۴/۸ میلیمتر) تجهیز شده باشد (برای جزئیات شکل ۲ را ببینید) این صفحه حمل کننده باید به سوراخهای مناسب و گیره هایی برای نگهداری محکم هشت ظرف شیشه ای در وضعیت افقی مجهز شده باشد (شکل ۳ را ببینید). صفحه حمل کننده عمودی حول محوری به قطر $3\frac{3}{4}$ اینچ (۹۹ میلیمتر) به صورت مکانیکی با سرعت 2 ± 1.5 دور در دقیقه می چرخد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۱-۵ گرمخانه باید به یک دمنده جریان هوا مجهز باشد به حالتی که هوای گرم را به داخل هر بطری وقتی که در پایین ترین نقطه چرخش خود قرار دارد بداند. دمنده هوا باید یک سوراخ خروجی به قطر 0.04 اینچ ($1/0.16$ میلیمتر) (سوراخ شماره ۶۰) متصل به لوله مسی خنک کننده به طول ۲۵ فوت ($7/6$ متر) و قطر خارجی $\frac{5}{16}$ اینچ (8 میلیمتر) داشته باشد.

این لوله باید در کف گرمخانه به طور خوابیده مسطح در بیچ تنده و به یک منبع هوای تازه، خشک و عاری از گرد و غبار منتهی شود.

توجه ۱: گرد ژل سینیکات آغشته با یک معرف، رضویت گیر مناسبی برای هوای خشک است.

۵-۲ جریان سنج: جریان سنج از نوعی که قادر به اندازه گیری دقیقی جریان هوا با نرخ 4000 میلی لیتر در دقیقه از خروجی لوله مسی باشد، ممکن است استفاده شود.

۵-۳ دماسنج: دماسنج حرارتی استاندارد ASTM باید مطابق با مشخصات لازمه که در استاندارد F_1 برای دماسنج $13C$ ذکر شده، باشد.

۵-۴ ظرف: ظرفی که نمونه در آن آزمایش می شود باید از جنس شیشه مقاوم در برابر حرارت بوده و با بعد نشان داده شده در شکل ۳ مطابقت کند.

۶- آماده کردن گرمخانه

۶-۱ سوراخ خروجی هوا را طوری قرار دهید که در فاصله $\frac{1}{4}$ اینچی ($6/35$ میلیمتری) از دهانه ظرف شیشه ای باشد. سوراخ باید طوری قرار گرفته باشد که جریان هوا به طور افقی به مرکز سوراخ ظرف شیشه ای دمیده شود.

۶-۲ دماسنج ذکر شده در بند ۵-۳ را طوری قرار دهید که انتهای جایی آن در فاصله یک اینچی ($25/4$ میلیمتری) از خط فرضی هم سطح با مرکز محور نگهدارنده صفحه گردان باشد.

۶-۳ گرمخانه را طوری تراز کنید که محورهای افقی ظرف شیشه ای وقتی که در صفحه حس کننده قرار می گیرند تراز باشند.

۶-۴ به مدت حداقل ۱۶ ساعت قبل از آزمایش گرمخانه را با قرار دادن سیستم کنترل بر روی دمایی که در طول آزمایش استفاده خواهد شد گره کنید. سیستم ترموستات کنترل باید طوری قرار گیرد که وقتی گرمخانه با تمام توان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

کارکند و هوای جریان داشته باشد پس از ده دقیقه گرم کردن به دمای 1 ± 325 درجه فارنهایت (0.5 ± 163 درجه سانتیگراد) برسد.

۷- روش آزمایش:

۷-۱ نمونه بدست آمده باید عاری از آب باشد. نمونه را در ظرف خود با پوتشی که به محکمی به آن بسته نشده در گرمخانه‌ای که در دمای آن بیش تر از 30.2 درجه فارنهایت نباشد بمدت حداقل زمان لازم جهت اطمینان از سیال شدن کامل نمونه گرم کنید. نمونه را دستی هم بزنید اما از دخول حباب هوا اجتناب کنید.

۷-۲ مقدار 0.5 ± 35 گرم از نمونه را به داخل هریک از ظرفهای شیشه‌ای لازم بریزید بطوریکه مواد کافی برای انجام آزمایشهای مشخصات که باید بر روی باقیمانده انجام شود، بدست آید.

توجه ۲: برای آزمایش مرجع، هشت ظرف شیشه‌ای لازم خواهد بود.

۷-۳ وقتی آزمایش تعیین کاهش جرم لازم نباشد، اجازه دهید ظرف تقریباً در دمای اتاق خنک شود قبل از اینکه در گرمخانه تشریح شده در بند ۷-۴ قرار گیرد. وقتی مقدار از دست رفته از نظر کمی مورد نظر باشد برای اندازه‌گیری دو ظرف جدا استفاده کنید. ظروف را برای آزمایش در دمای اتاق خنک کرده و هر ظرف را جداگانه با دقت 0.01 گرم وزن کنید.

توجه ۳: از مواد باقی مانده از آزمایش کاهش جرم برای آزمایشات دیگر استفاده نکنید.

۷-۴ در گرمخانه‌ای که در دمای آزمایش است، ظروف حاوی قیر را ظوری در صفحه گردان قرار دهید که صفحه گردان در حال تعادل باشد. فضای خالی بلااستفاده در صفحه را با ظروف خالی پر کنید در راسته و مجموعه صفحه گردان را با سرعت 0.2 ± 15 دور در دقیقه بچرخانید. میدان هوا را با نرخ 200 ± 4000 میلی لیتر در دقیقه شروع کنید. نمونه‌ها را در گرمخانه در حالی که هوا جریان داشته و صفحه می‌چرخد به مدت ۸۵ دقیقه نگاهدارید. دمای آزمایش 1 ± 325 درجه فارنهایت (0.5 ± 163 درجه سانتیگراد) باید پس از ده دقیقه حاصل شود در غیر اینصورت آزمایش را ادامه ندهید. پس از پایان مدت آزمایش ظروف را از گرمخانه خارج کنید. اگر کاهش جرم تعیین نمی‌شود، طبق بند ۷-۵ عمل کنید. ظروف شیشه‌ای را که بر روی آنها کاهش جرم تعیین می‌شود در داخل

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دسیکاتور تادمانی اتاق خنک کنید. سپس بادقت 0.001 گرم وزن کرده و کاهش را بر اساس قیود خلل ظرف محاسبه کنید. باقی مانده را دور بریزید.

۵-۷ فوراً همه باقی مانده را بدون دست زدن زهر ظرف به داخل ظرف به حد کافی بزرگتر بریزید به طوریکه وقتی همه آنها در این ظرف جمع شد بیش از ۷۵ درصد حجم پر نشده باشد. اجازه ندهید ظروف آزمایش فشار نازک متحرک سرد شده و برای بدست آوردن باقی مانده بیشتر بطریقه‌ها دوباره گرم نکنید. مرحله ذکر شده در بند ۶-۷ را ادامه دهید.

۶-۷ باقی مانده مواد در حدود ۷۲ ساعت پس از انجام آزمایش RTFO آزمایش کنید.

۸- گزارش

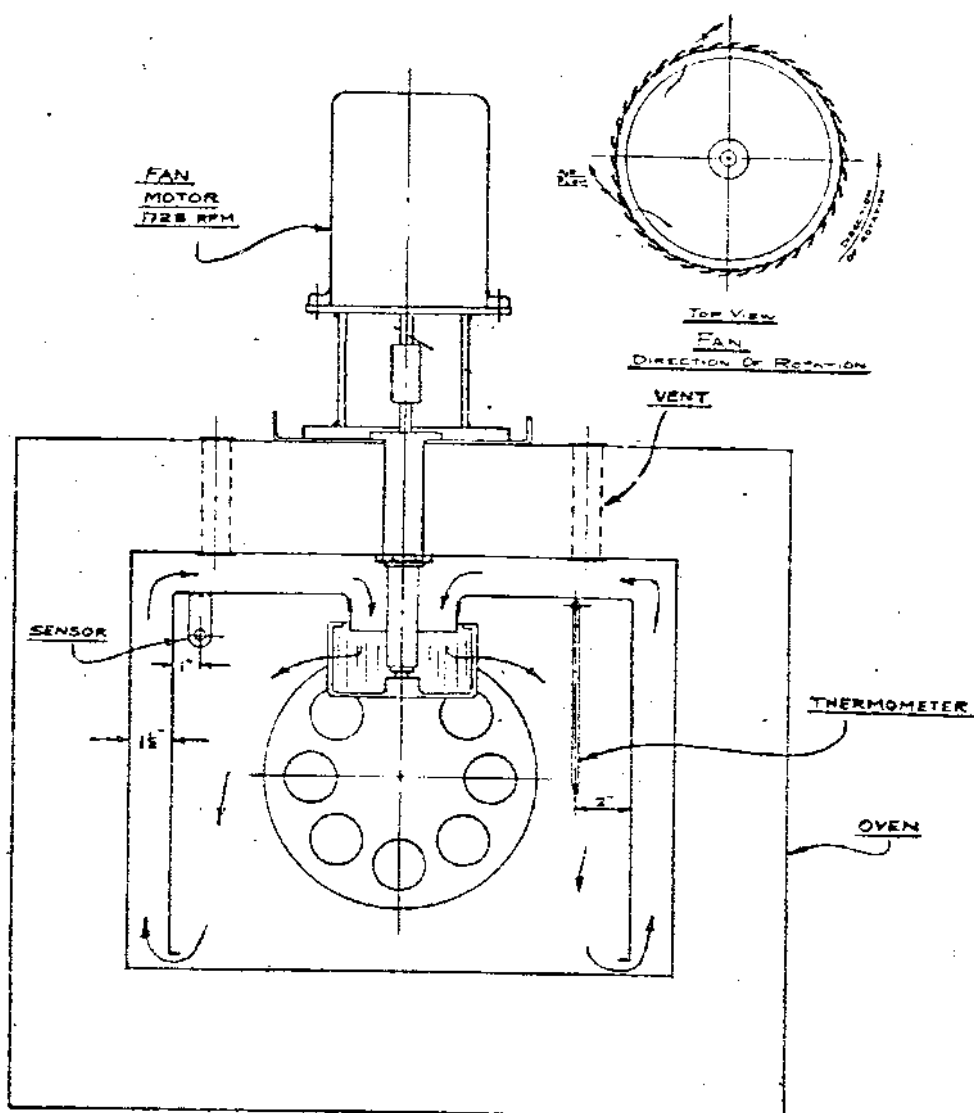
۸-۱ نتایج RTFO آزمایش را که منجر به تغییرات فیزیکی در قیر توسط این روش گردیده، گزارش کنید. این مقادیر با انجام آزمایشهای مناسب استاندارد بر روی قیر قبل و بعد از دوره قرار گرفتن قیر نازک در گرمخانه بدست می آیند.

۹- دقت و انحراف:

۹-۱ معیار قضاوت قابل قبول بودن نتایج آزمایش های کندروانی در 140 درجه فارنهایت (60 درجه سانتیگراد) و شکل پذیری در 60 درجه فارنهایت ($15/6$ درجه سانتیگراد) بر روی مواد باقی مانده بعد از حرارت دادن در جدول یک ارائه شده است. مقادیر داده شده در ستون ۲ انحراف استاندارد های هستند که با مواد و حالات آزمایشات تشریح شده در ستون یک متناسب است. مقادیر داده شده در ستون ۳ حدودی هستند که تفاوت بین دو نتیجه از دو آزمایش خاص انجام گرفته نباید از آن تجاوز کنند. مقادیر داده شده در ستون ۴ ضرایب تغییراتی هستند که برای مواد و حالات تشریح شده و آزمایش در ستون یک متناسب می باشند. مقادیر داده شده در ستون ۵ حدودی هستند که تفاوت بین نتایج دو آزمایش خاص انجام شده که به درصد میانگین گزارش شده اند، نباید از این حدود تخطی کنند.

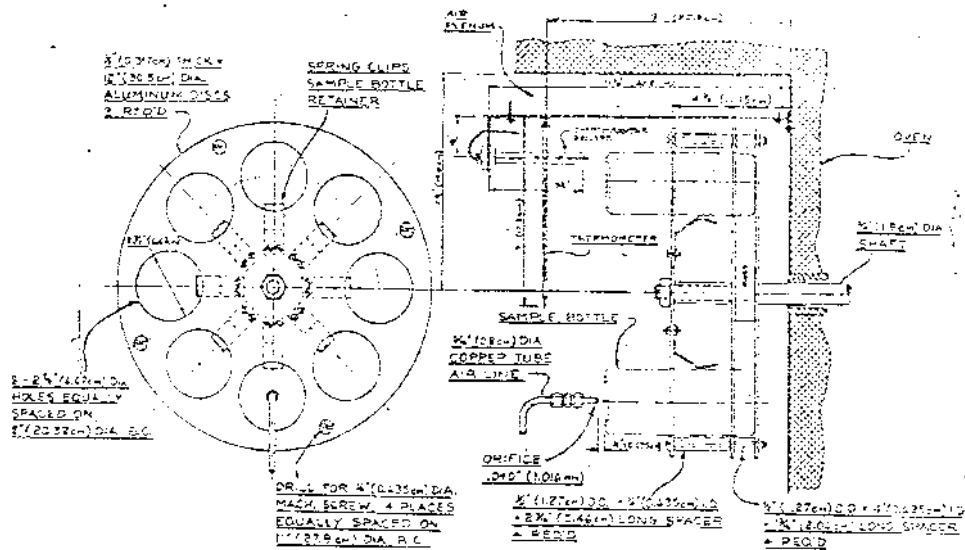
۹-۲ دقت آزمایش تعیین کاهش جرم مشخص نشده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

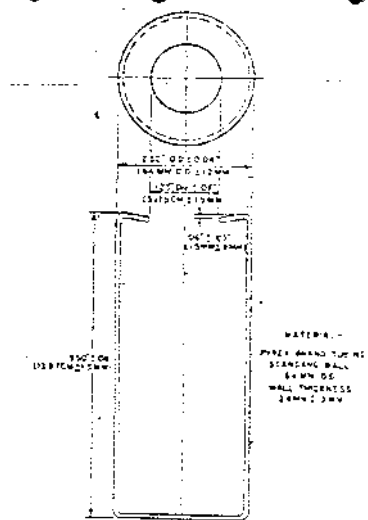


شکل یک - نمایی از جریان هوا از دید روبرو

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۲ - صفحه حمل کننده فلزی



شکل ۳ - بطری نمونه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول یک

روش آزمایش	انحراف استاندارد (IS)	محدوده پذیرش دو نتیجه D ₁₅	ضریب تغییرات (درصد متوسط) (%IS)	محدوده پذیرش دو نتیجه (درصد متوسط) (%D ₁₅)
دقت یک آزمایش کننده کندر وانی در F ۱۴۰° (۶۰° C)	--	---	۲/۳	۶/۵
شکل پذیری در F ۶۰° (۱۵/۶° C) هـ	۳ سانتیمتر	۹ سانتیمتر	---	---
دقت چند آزمایشگاه: کندر وانی در F ۱۴۰° (۶۰° C)	---	---	۴/۲	۱۱/۹
شکل پذیری در F ۶۰° (۱۵/۶° C) هـ	۶ سانتیمتر	۱۶ سانتیمتر	---	---

توجه: این بررسی بر اساس داده‌های آزمایشات از ۱۶ آزمایشگاه بردو قیر با محدوده ۱۳ تا ۳۰ سانتیمتر می‌باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

استاندارد ASTM: D2995-93

استاندارد دستورالعمل تعیین میزان پخش مواد قیری

۱- هدف

۱-۱ این دستورالعمل شامل تعیین میزان پخش طولی و عرضی مواد قیری برحسب گالن در یارد مربع (بالتیتر در متر مربع) می باشد.

۱-۲ این استاندارد، همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است همه موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آنرا مشخص کند.

۱-۳ مقادیر برحسب واحدهای اینچ-پوند، به عنوان استاندارد می باشند. مقادیر داده شده داخل پرانتز برحسب واحدهای SI، فقط بمنظور اطلاع می باشد.

۲- خلاصه دستورالعمل

۱-۲ روش آزمایش A:

۱-۱-۲ صفحات کالیبراسیون از قبل توزین شده، بر روی سطح راه در جلو ماشین قیرپاش کالیبره شده قرار داده می شوند. ماشین قیرپاش که باید کالیبره شود، درحالیکه قیرپخش می کند از روی صفحات کالیبراسیون عبور می کند. صفحات کالیبراسیون از روی سطح راه برداشته و دوباره توزین می شوند. وزن قیر داخل صفحات با تفریق کردن، تعیین شده و میزان پخش آن محاسبه می شود.

۲-۲ روش آزمایش B:

۲-۱-۲ ظروفی زیر هر فواره ماشین قیرپاش قرار گرفته و مواد قیری به داخل ظرف در یک مدت زمان معین پاشیده می شوند. حجم مواد قیری پاشیده شده در این مدت زمان، محاسبه می شود. یکنواختی عرضی مواد قیری پاشیده شده بر روی روسازی، از این محاسبه بدست می آید و پخش طولی مواد قیری بر روی روسازی به صورت تابعی از سرعت ماشین قیرپاش محاسبه می گردد.

۳- مشخصات و موارد کاربرد

۱-۳ مقدار مواد قیری پاشیده شده در سطح روسازی، توسط دستگاه قیرپاش با استفاده از این روش می تواند تعیین شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

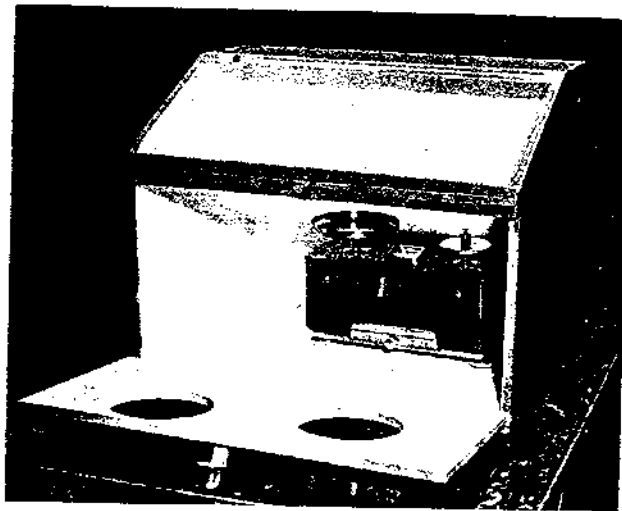
۴- وسایل

۴-۱ روشهای آزمایش A یا B

۴-۱-۱ ترازو با دقت تا ۰.۱ گرم

۴-۱-۲ جعبه توزین یا محافظ ترازو، برای حفاظت ترازو در وقتیکه ترازو در محل کارگاه استفاده می شود، اشکال یک ریبیباید.

۴-۱-۳ میز ترازو و میزکری وزن کردن



شکل یک - جعبه توزین و ترازو

۴-۲ روش آزمایش B:

۴-۲-۱ ظروف بیضی: با اندازه های تقریبی طول قطر کوچک ۳/۵ اینچ (۸۸/۹ میلی متر) و قطر بزرگ ۹ اینچ (۲۲۸/۶ میلی متر) و ارتفاع ۸ اینچ (۲۰۳/۶ میلی متر) و حجم داخلی تقریبی یک گالن -

۴-۲-۲ باندهای لاستیکی، با قابلیت محکم شدن وقتی که اطراف ظروف بیضی کشیده می شوند.

۴-۲-۳ کرومومتر - با توانایی ثبت تا ۰.۱ ثانیه

۵- مواد

۵-۱ روش آزمایش A:

۵-۱-۱ صفحات ژئوتکستایل - با حداقل وزن ۸ اونس بر یارد مربع و اندازه ۱۲ اینچ در ۱۲ اینچ (۳۰۴/۸ میلی متر

در ۳۰۴/۸ میلی متر)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۱-۲ نوار باروکش آلومینیومی - با اندازه پهنای ۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر) و طول ۶ اینچ (۱۵۲/۴ میلیمتر)
۵-۱-۳ کاغذ بوخر^(۱) نمره ۵۰ - با اندازه ۳۰ اینچ (۷۶۲ میلیمتر) در ۹۵۰ فوت برای حفاظت موقت صفحات ژئوتکستایل در ضمن کالیبراسیون

۵-۲ روش آزمایش B:

۵-۲-۱ کیسه‌های پلاستیکی - با قابلیت جای گیری داخل ظروف بیضی اما با ابعاد بزرگتر به طوریکه وقتی داخل ظرفهای بیضی قرار می‌گیرند لبه‌های آن به سمت خارج برگردند.

۶- روش آزمایش (میزان پخش عرضی)

۶-۱ روش آزمایش A:

۶-۱-۱ مقدار کافی از صفحات ژئوتکستایل کارخانه‌ای انتخاب کنید به طوریکه وقتی سرتاسر آنها روی سطح راه قرار می‌گیرد، نوار پیوسته‌ای در پهنای راهی که باید قیر پخش شود، بوجود آید.

۶-۱-۲ حلقه‌ای بانوار ایجاد کنید، بطوریکه سمت چسبیده آن به طرف بیرون باشد، دو حلقه از نوار روی یک لبه از هر صفحه ژئوتکستایل قرار دهید.

۶-۱-۳ وزن مجموعه صفحه و نوار را با دقت ۰/۱ گرم بدست آورید.

۶-۱-۴ مجموعه صفحه و نوار را از طرف نوار بر روی جاده قرار دهید به طوریکه لبه نواری شده، رو در رو با پخش کننده باشد. برای چسبیدن صفحه نواری شده به سطح راه فشار اعمال کنید. این عمل را برای باقیمانده صفحات برای عرض کامل مورد نظر برای کالیبراسیون ادامه دهید.

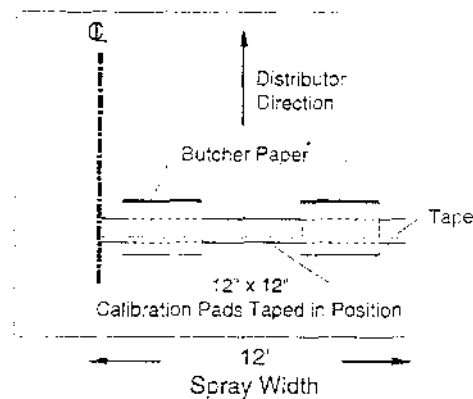
۶-۱-۵ دو ورق از کاغذ بوخر بر روی مجموعه صفحات در محلهایی که چرخهای پخش کننده بر روی مجموعه صفحات می‌افتند، مانند آنچه در شکل ۲ نشان داده شده است قرار دهید این ورقها باید طوری قرار گیرند تا مجموعه صفحه را از خرابی ناشی از عبور چرخهای کامیون پخش کننده از روی مجموعه صفحه، محافظت کند. این ورقها باید به جلو و عقب چرخها در سطح راه بچسبند، بطوریکه وقتی پخش کننده از روی مجموعه صفحه عبور می‌کند، مجموعه صفحه را با قیر پخش شده روی آن ترک نماید.

1- Butcher Paper

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۱-۶ به محض عبور پخش کننده از مجموعه صفحه کالیبراسیون، هر مجموعه صفحه را از روی سطح راه بردارید.

۶-۱-۷ هر صفحه را بدقت ۰/۱ گرم توزین کنید. وزن هر صفحه و موقعیت صفحه بر روی سطح راه را، در برگ گزارش ثبت کنید.



شکل ۲ - چگونگی قرارگیری مجموعه صفحات کالیبراسیون برای تعیین میزان پخش عرضی

۶-۲ روش آزمایش B:

۶-۲-۱ یک کیسه پلاستیکی داخل هر ظرف قرار داده و قسمت اضافی پلاستیک را بالای سر ظرف برگردانده و بایک نوار لاستیکی محکم کنید.

۶-۲-۲ وزن مجموعه ظروف بیضی، کیسه پلاستیکی و نوار لاستیکی را بدقت ۰/۱ گرم ثبت کنید.

۶-۲-۳ یک مجموعه ظرف زیر هر فواره لوله پخش کن برای کالیبراسیون دستگاه پخش قیر قرار دهید و اطمینان حاصل کنید که بالای مجموعه ظرف هم سطح یا بالاتر از انتهای فواره قرار گرفته است.

۶-۲-۴ یک مجموعه ظرف زیر هر فواره لوله پخش کن برای کالیبراسیون دستگاه پخش قیر قرار دهید و اطمینان حاصل کنید که بالای مجموعه ظرف هم سطح یا بالاتر از انتهای فواره قرار گرفته است.

۶-۲-۵ لوله پخش کن را بکار بیاندازید به طوری که وقتی قیر از هر فواره پاشیده می شود کاملاً بر هر یک از مجموعه ظروف از قبل توزین شده، متصل باشد.

بمحض شروع پر کردن مجموعه ظروف، کرنومتر را بکار بیاندازید.

۶-۲-۶ وقتی که تقریباً ۳/۴ ظرف پر شد، جریان قیر لوله پخش کن را متوقف کنید. بمحض قطع جریان قیر به داخل ظرف، کرنومتر را متوقف کنید.

۶-۲-۷ وزن هر یک از مجموعه ظروف را در جای مشخصی روی برگ گزارش ثبت کنید.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

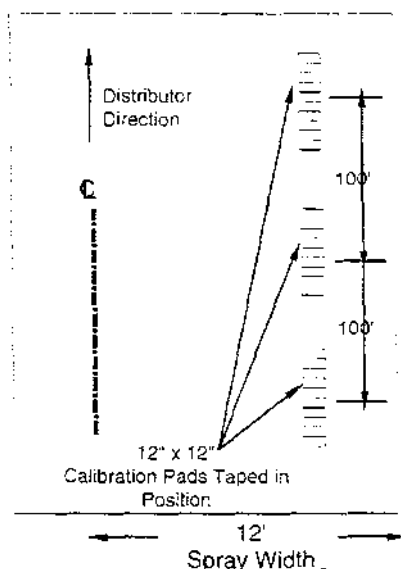
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۲-۷ زمان سبیری شده بین آغاز و پایان جریان قیر به داخل مجموعه ظروف را ثبت کنید.

۷- روش آزمایش (میزان پخش طولی)

۷-۱- روش آزمایش A:

۷-۱-۱ مجموعه صفحات کالیبراسیون و نوارهای تشریح شده در بندهای ۶-۱-۲ تا ۶-۱-۴ را آماده کنید. تعداد کافی صفحات رالپ به لب روی روسازی قرار دهید به طوری که میزان مواد قیری (که در جهت طولی باید پاشیده شود، همانگونه که در شکل ۳ نشان داده شده، بیوشانید. صفحات را در جایی قرار دهید که چرخهای پخش کننده با آنها تماس پیدا نکنند.



شکل ۳- چگونگی قرارگیری مجموعه صفحات کالیبراسیون برای تعیین میزان پخش طولی

۷-۱-۲ به محض اینکه دستگاه قیرپاش، قیر را روی صفحات کالیبراسیون پاشید، صفحات برای توزین برداشته و روی میز توزین قرار دهید.

۷-۱-۳ هر مجموعه صفحه را با دقت ۰/۱ گرم توزین کرده و وزن هر صفحه و موقعیت آنرا در برگ گزارش ثبت کنید.

۷-۲- روش آزمایش B:

۷-۲-۱ روش B (بند ۶-۲) باید قبل از اجرای این قسمت کامل شود.

۷-۲-۲ سرعت پیشروی دستگاه قیرپاش را بر حسب فوت در دقیقه، از سرعت سنجی که قبلاً کالیبره شده و روی دستگاه نصب است یا با اندازه گیری زمان لازم برای اینکه این وسیله طول معینی را روی روسازی طی کند، تعیین کنید این سرعت را با G یادداشت کنید.

۷-۲-۳ پهنائی که قیر پاشیده شده، اندازه گیری کنید و این پهنا را بر حسب فوت بصورت H یادداشت کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸- محاسبات (میزان پخش عرضی)

۸-۱ روش آزمایش A:

۸-۱-۱ وزن مجموعه صفحه را وزن کل مجموعه صفحه پوشیده شده باقیبرگم کنید. (هر صفحه ای را که کاملاً باقیبر پوشیده نشده است در نظر نگیرید)

۸-۱-۲ میزان پخش قیر را برای هر مجموعه صفحه بر حسب گالن در یارد مربع یا لیتر در متر مربع به شرح زیر تعیین کنید:

$$\text{(فوت مربع بر یارد مربع)} \times 9 \times (\text{گالن بر سی سی}) \times 0.000264 = \frac{A}{G} \times \text{میزان پخش بر حسب گالن بر یارد مربع}$$

$$\text{(فوت مربع بر متر مربع)} \times 10.764 \times (\text{لیتر بر سی سی}) \times 0.001 = \frac{A}{G} \times \text{میزان پخش بر حسب لیتر بر متر مربع}$$

به طوریکه:

A = وزن خالص قیر در مجموعه صفحه بر حسب گرم و

G = وزن مخصوص قیر دردهای پاشیدن

۸-۲ روش آزمایش B:

۸-۲-۱ میزان جریان قیر از هر فواره را به صورتی که در شکل ۴ نشان داده شده، محاسبه کنید.

۸-۲-۲ انحراف از میانگین میزان جریان، برابر با ۱۰ درصد یا کمتر قابل قبول است. فواره هایی با انحراف بیش از ده درصد باید مجدداً جای گیری و کالیبره شوند. اگر میزان انحراف برای یک فواره مشخص ثابت باقی بماند، نشان می دهد که در توله پخش، پمپ بادبگر تجهیزات پخش مشکلی وجود دارد و باید قبل از ادامه کالیبراسیون بررسی شوند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

زمان سپری شده t (ثانیه) =					
شماره	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
ظرف	ظرف + کیسه	ظرف + کیسه	وزن قیر (گرم)	میزان پخش قیر (گالن بر دقیقه)	انحراف از میانگین (درصد)
	+ نواری (گرم)	+ نواری (گرم)		$0.1581 \times \left[\frac{(c)}{g} \right]$	
متوسط (F) =					

شکل ۴ - تعیین میزان جریان از فواره‌های دستگاه پخش قیر

۹- محاسبات (میزان پخش)

۹-۱ روش آزمایش A:

۹-۱-۱ همان روش‌هایی را که در بندهای ۸-۱-۱ و ۸-۱-۲ بیان گردید، پی‌بگیرید

۹-۲ روش آزمایش:

۹-۲-۱ میزان پخش طولی برای پخش با سیستم پاشیدن، مستقل از مکانیزم حرکت ماشین، به صورت زیر است:

$$\text{میزان پخش بر حسب گالن بر یارد مربع} = (qF) / (G \times H)$$

$$\text{میزان پخش بر حسب لیتر بر متر مربع} = (40.74F) / (G \times H)$$

به طوریکه:

F = میزان پخش قیر بر حسب گالن بر دقیقه

G = سرعت دستگاه قیرپاش بر حسب فوت در دقیقه

H = عرض پاشیدن بر حسب فوت

استاندارد 96 - D 3625 : ASTM

استاندارد دستورالعمل تأثیر آب بر پوشش قیری مصالح سنگی با استفاده از آب جوش

۱- هدف

۱-۱- این دستورالعمل روش سریعی برای مشاهده چشمی کاهش چسبندگی قیر مخلوطهای آسفالتی متراکم نشده در اثر عمل آب جوش می باشد.

۱-۲- این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که همه موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرائی آنرا مشخص نماید.

۲- مستندات مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

E_7 مشخصات دماسنجهای ASTM

D 979 دستورالعمل نمونه گیری از مخلوطهای آسفالتی

۳- خلاصه دستورالعمل

۳-۱- یک نمونه مخلوط مصالح سنگی اندود شده با قیر در ظرف آب مقطر در حال جوشیدن قرار داده می شود و به مدت ۱۰ دقیقه می جوشد. پس از سرد شدن مخلوط، پوشش قیری مانده روی مصالح سنگی با چشم مشاهده می شود.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- این دستورالعمل به عنوان نشانه ای از حساسیت نسبی پوشش قیری مصالح سنگی به آب مورد استفاده قرار می گیرد. اما نباید بعنوان اندازه عملکرد واقعی مخلوط آسفالتی در محل به کار رود، زیرا چنین ارتباطی (همبستگی) مشخص نشده است.

۴-۲- این دستورالعمل نباید به عنوان معیاری برای پذیرش یا عدم پذیرش توسط مؤسسات مورد استفاده قرار گیرد.

۵- وسایل

۵-۱- چمچه یا بیلچه یا هر وسیله دیگری که بتوان با آن نمونه معرف را از مقدار زیادی از مخلوط مصالح سنگی پوشش داده شده با قیر برداشت.

۵-۲- بشر شیشه‌ای مقاوم در مقابل حرارت با ظرفیت ۱۰۰۰ - ۲۰۰۰ میلی لیتر یا ظرفی از جنس فلز مناسب با ظرفیت و ابعاد مشابه

۵-۳- منبع آب مقطر - (حداقل ۵۰۰ میلی لیتر برای هر آزمایش) (توجه ۱)

توجه ۱- اگر آب مورد استفاده آب مقطر نباشد بر نتایج آزمایش تأثیر قابل توجهی می‌گذارد و نباید مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۴- وسیله برای گرم کردن آب - چراغ‌گازی با سیم توری که روی سه پایه یا حلقه قرار می‌گیرد. هیتربا گرمخانه یا هر وسیله مناسب دیگر برای گرم کردن آب مقطر

۵-۵- دماسنجها - دماسنجهای مخصوص *ASTM* که مایع درون آنها خاصیت تقطیر پایین دارند و به درجه سلسیوس یا فارنهایت مدرج شده‌اند و محدوده درجه بندی آنها از ۲- تا ۳۰۰ درجه سانتیگراد (یا ۳۰ تا ۵۸۰ درجه فارنهایت) تغییر می‌کند. دماسنجها بایستی الزامات و مشخصات لازم برای دماسنج‌های *VC* یا *VF* را مطابق با مشخصات E_7 دارا باشند.

۶- آماده کردن نمونه

۶-۱- مخلوط آسفالتی متراکم نشده (مصالح سنگی پوشش داده شده با قیر) را مطابق روشهای آزمایشگاهی و یا اخذ نمونه از کارخانه آسفالت (مطابق روش نمونه‌گیری از مخلوطهای آسفالتی ۹۷۹ *D*) آماده نمائید. دمای مخلوط آسفالتی گرم قبل از قرار دادن در آب جوش بایستی کمتر از دمای جوش آب و حداقل $85^{\circ}C$ ($180^{\circ}F$) باشد. دمای مخلوطهای آسفالتی سرد بایستی قبل از قرار دادن در آب جوش بیش از دمای اتاق باشد.

۷- روش کار

۷-۱- برای هر نمونه آزمایشی، داخل ظرف تمیز (در بند ۵-۲ شرح داده شده) آب مقطر ریخته می‌شود بطوری که ظرف تقریباً تا نیمه پر از آب باشد. سپس آب را گرم نمائید تا جوش آید.

۷-۲- با وسیله مخصوص (در بند ۵-۱ توصیف شده)، حدود ۲۵۰ گرم ($\frac{1}{4}$ پوند) از مخلوط مصالح سنگی اندود شده با قیر را در ظرف آب جوش (که روی منبع حرارت قرار دارد) قرار دهید. سپس دوباره

آب را به جوش آورید و به مدت $15 \pm 10 \text{ min}$ در اینحالت نگهدارید. از دستکاری اضافی مخلوط مصالح سنگی پوشش داده شده با قیر بپرهیزید.

۷-۳- پس از ده دقیقه ظرف را از روی منبع حرارت بردارید. کف قیر آزاد در سطح آب را سریعاً بردارید تا مانع از پوشش دوباره مصالح سنگی به قیر شود. ظرف و محتویات آن را در دمای اتاق سرد نمائید و پس از خالی کردن آب، مخلوط مرطوب را روی حوله کاغذی سفید تخلیه کنید.

توجه ۲- برای مقایسه میزان مشابهی از مخلوط تازه مصالح سنگی اندود شده با قیر را به مدت ده دقیقه در ظرفی حاوی آب متظر قرار دهید بدون آنکه ظرف و آب درون آن حرارت داده شود. آب ظرف را تخلیه و مخلوط مصالح سنگی پوشیده شده با قیر را روی حوله کاغذی سفید خالی نمائید آنگاه دو مخلوط را با یکدیگر مقایسه نمائید.

۷-۴- با مشاهده چشمی مصالح سنگی (درشت دانه و ریزدانه) پوشش قیری مانده آنها را بررسی کنید. هر سطح نازک قهوه‌ای شفاف به عنوان پوشش قیری کامل در نظر گرفته می‌شود. مشاهده چشمی بلافاصله بعد از قرار دادن مصالح سنگی روی حوله کاغذی سفید انجام می‌شود. نمونه‌ها را در زیر نور و با ذره‌بین بررسی کنید زیرا به مشاهده پوشش قیری مانده روی مصالح سنگی کمک می‌کند.

توجه ۳- با تکرار مشاهده چشمی نمونه‌ها ۲۴ ساعت پس از جوشاندن در آب ممکن است اطلاعات بیشتری در مورد اثرات رطوبت بر پوشش قیری بدست آید.

۸- لغات کلیدی

۸-۱- مخلوطهای آسفالتی، اندود، عریان شدگی، کاهش چسبندگی، آب



استاندارد روش آزمایش کشش غیرمستقیم جهت تعیین مدول برجهندگی مخلوطهای آسفالتی
Standard Test Method for Indirect Tension Test for
Resilient Modulus of Bituminous Mixtures
ASTM: D4123-82

۱- هدف

۱-۱- این دستورالعمل، مراحل آماده‌سازی و انجام آزمایش بر روی نمونه‌های آزمایشگاهی مخلوط آسفالتی و مغزه‌های اخذ شده از محل را برای تعیین مدول برجهندگی با استفاده از اعمال کشش غیرمستقیم شامل می‌شود. روش مورد نظر محدوده مورد نظر برای مقدار بار، تکرار بارگذاری و مدت زمان بارگذاری را پوشش می‌دهد. اما آزمایشی که به عنوان استاندارد توصیه می‌شود، شامل دماهای ۴۱، ۷۷ و ۱۰۴ درجه فارنهایت (۵، ۲۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد) و یک یا چند فرکانس بارگذاری است که به عنوان مثال فرکانس‌های ۰/۳۳، ۰/۵ و ۱ هرتز را برای هر یک از دماهای مذکور می‌توان بکار برد. اعمال توصیه‌های یادشده منجر به شکل‌گیری نه نتیجه برای هر نمونه خواهد شد که می‌توان از آنها برای ارزیابی تغییرات مدول برجهندگی مخلوط آسفالتی در شرایط مختلف دما و بارگذاری استفاده کرد.

نکته ۱: دمای محیط آزمایشگاه می‌تواند جایگزین دمای ۲۵ درجه سانتیگراد گردد.

۱-۲- این استاندارد تمام وجوه ایمنی انجام آزمایش را بررسی نکرده است و توجه به جوانب ایمنی در حین آزمایش برعهده استفاده‌کننده از استاندارد است.

۲- مراجع

۱-۲- استانداردهای ASTM

D1559: استاندارد تعیین مقاومت مخلوط آسفالتی در مقابل تغییرشکل پلاستیک با استفاده از دستگاه مارشال

D1561: آماده‌سازی نمونه‌های مخلوط آسفالتی توسط دستگاه تراکم مالشی کالیفرنیا^۱

D3387: آزمایش تعیین مشخصات تراکم و مشخصات برشی مخلوط‌های آسفالتی توسط دستگاه تراکم چرخشی (GTM)

D3496: روش آماده‌سازی نمونه‌های مخلوط آسفالتی جهت آزمایش تعیین مدول (سفتی) دینامیکی

D3515: مشخصات مخلوط‌های آسفالتی گرم، مخلوط‌های قیری گرم روسازی

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- آزمایش کشش غیرمستقیم با اعمال بار تکراری برای تعیین مدول برجهندگی مخلوط آسفالتی بکار می‌رود که در آن از بارگذاری فشاری بصورت نیمه‌سینوسی^۲ یا هر موج با شکل مناسب دیگر استفاده می‌شود. بار بصورت عمودی بر روی نمونه استوانه‌ای مخلوط آسفالتی اعمال می‌شود (مطابق شکل ۱). تغییرشکل افقی ناشی از آن اندازه‌گیری می‌شود و با فرض

¹ California Kneading Compactor

² Haversine



مقداری بعنوان ضریب پواسون، مدول برجهندگی مصالح اندازه‌گیری می‌شود. مقدار ضریب پواسون می‌تواند از طریق اندازه‌گیری تغییرشکل‌های افقی و قائم برگشت‌پذیر^۱ محاسبه شود.

۳-۲- استفاده از تغییرشکل‌های مختلف باعث بدست‌آمدن دو مقدار برای مدول برجهندگی می‌شود. مدول برجهندگی آنی بر مبنای تغییرشکل برگشت‌پذیر اندازه‌گیری شده بلافاصله بعد از باربرداری در یک سیکل محاسبه می‌شود. مدول برجهندگی کلی با مدنظر قرار دادن تمام تغییرشکل‌های برگشت‌پذیر که خود شامل دو قسمت برگشت‌پذیر آنی و برگشت‌پذیر وابسته به زمان می‌باشد، بدست می‌آید. این تغییرشکل‌ها در طول مدت باربرداری و زمان استراحت نمونه (فاصله بین دو سیکل بارگذاری) اندازه‌گیری می‌شود.

۴- اهمیت و موارد استفاده

۴-۱- مقدار مدول برجهندگی می‌تواند در ارزیابی کیفیت نسبی مصالح مورد استفاده قرار گیرد. همچنین از آن می‌توان به عنوان اطلاعات ورودی در طراحی و آنالیز روسازی آسفالتی استفاده کرد. این آزمایش برای بررسی تأثیرات دما، نرخ بارگذاری و مدت زمان استراحت بین دو بارگذاری بر روی خصوصیات مخلوط آسفالتی نیز بکار می‌رود. از آنجا که این آزمایش غیرمخرب محسوب می‌شود، آزمایش‌های متعدد می‌تواند روی یک نمونه انجام شود تا تأثیر شرایط رطوبتی و دمایی در آزمایش ارزیابی شود. چنین جزئیات کاملی در این دستورالعمل مورد نظر نیست.

۵- دستگاه آزمایش

۵-۱- ماشین آزمایش

این ماشین باید توانایی اعمال یک سیکل بار را در فرکانس‌های مختلف، مدت زمان‌های مختلف و مقادیر مختلف بار داشته باشد.

نکته ۲: یک ماشین آزمایش الکتروهیدرولیک با قابلیت تولید شکل موج مناسب، کاربرد مطلوبی برای انجام این آزمایش دارد. سایر ماشین‌های موجود، شامل آنهایی که از سیستم بادی برای اعمال بار استفاده می‌کنند، نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد؛ اگر چه ماشین‌های اخیر، ممکن است توانایی انجام آزمایش روی نمونه‌های بزرگ در دمای پایین را نداشته باشد.

۵-۲- سیستم کنترل دما

این سیستم توانایی کنترل دما را در بازه ۵ تا ۴۰ درجه سانتیگراد با خطای $\pm 1/1$ درجه سانتیگراد از دمای موردنظر آزمایش دارد. این سیستم بایستی دما را در محفظه‌ای کنترل کند که بتواند حداقل سه نمونه آزمایش را ۲۴ ساعت قبل از آزمایش در خود جای دهد.

۵-۳- سیستم اندازه‌گیری و ثبت اطلاعات

این سیستم باید شامل حس‌گرهایی برای اندازه‌گیری و ثبت تغییرشکل‌های افقی و قائم باشد. هنگامی که مقداری برای ضریب پواسون فرض شده باشد، اندازه‌گیری تغییرشکل‌ها فقط در راستای افقی مورد نیاز است. این سیستم باید توانایی اندازه‌گیری تغییرشکل‌های افقی را با حساسیت $1/00000$ اینچ ($25/0000$ میلیمتر) داشته باشد. بارهای اعمالی بایستی قبل از شروع آزمایش و ثبت نتایج، بطور دقیق کالیبره شده باشد.

¹ Recoverable



۵-۳-۱- ثبت کننده

وسایل اندازه گیری و ثبت نتایج باید مستقل از فرکانس بارگذاری (که حداکثر یک هرتز است) عمل کند.

۵-۳-۲- اندازه گیری تغییر شکل

مقادیر تغییر شکل های افقی و قائم می تواند توسط حسگرهای (ترنسدیوسر) خطی (LVDT)^۱ یا هر وسیله مناسب دیگری اندازه گیری شود. ترنسدیوسرها باید در راستای قطر افقی نمونه مورد آزمایش و بصورت قرینه هم قرار گرفته باشد. میزان حساسیت و نوع این وسایل باید طوری انتخاب شود که مشخصات مذکور در بند ۵-۳ را برآورده سازد. در صورتیکه نیاز به تماس بین ابزار اندازه گیری و نمونه وجود داشته باشد، بایستی از انبرک و یا چسب به این منظور استفاده کرد.

نکته ۳: ترنسدیوسر مدل Truns-tex و Statham UC-3 برای این کار مناسب می باشد. اگر ابزار اندازه گیری، مانند مدل دوم نسبت به حرارت حساس باشد، بایستی دستگاه آزمایش در محفظه کنترل شده دمایی قرار گیرد. گنج های قرائت باید سیم پیچی شده باشد تا از تأثیرات خروج از مرکزیت بار بر نتایج جلوگیری شود، بنحویکه جمع جبری جابجایی های هر سمت نمونه قابل قرائت باشد. می توان هر گنج را بطور مستقل قرائت نمود و نتایج را بصورت دستی با هم جمع کرد.

۵-۳-۳- اندازه گیری بار

بارها باید توسط سل الکترونیکی بارگذاری که توانایی برآوردن مشخصات مذکور در بند ۵-۳ را داشته باشد، اندازه گیری شود.

۵-۴- نوار بارگذاری

یک تیغه فلزی با سطح مقعر با شعاع انحناء برابر با شعاع اسمی نمونه تحت آزمایش، برای اعمال بار به نمونه مورد نیاز است. قطر اسمی نمونه ها معمولاً ۴ و ۶ اینچ است. پهنای نوار بارگذاری در هر یک از این موارد باید به ترتیب ۰/۵ و ۰/۷۵ اینچ باشد. گوشه های نوار فلزی باید گرد شده باشد تا باعث فرورفتگی موضعی یا بریدن نمونه نشود. برای نمونه های دارای سطح زبر، یک پوشش لاستیکی نازک به سطح نوار فلزی چسبانده می شود تا از بروز تمرکز تنش روی نمونه جلوگیری کند، اما این پوشش تنها وقتی که تغییر شکل های قائم اندازه گیری نمی شود، استفاده شود.

۶- نمونه ها

۶-۱- نمونه های آزمایشگاهی

نمونه های آزمایشگاهی مطابق دستورالعمل هایی مانند D3387, D3496, D1559, D1561 آماده گردد. برای مصالح سنگی با حداکثر اندازه ۱ اینچ، نمونه ها باید دارای حداقل ارتفاع ۲ اینچ و حداقل قطر ۴ اینچ و برای مصالح سنگی با حداکثر اندازه ۱/۵ اینچ، نمونه ها باید دارای حداقل ارتفاع ۳ اینچ و حداقل قطر ۶ اینچ باشد.

۶-۲- نمونه های مغزه گیری شده

مغزه ها باید دارای سطوح نسبتاً صاف و موازی باشد و محدودیت های قطر و ارتفاع مذکور در بند ۶-۱ را برآورده سازد.

۷- مراحل انجام آزمایش

۷-۱- نمونه ها باید در محفظه کنترل دما قرار گرفته و دمای آنها به دمای مورد نظر آزمایش برسد؛ مگر اینکه دما تحت کنترل باشد که نمونه ها باید در محفظه یاد شده حداقل به مدت ۲۴ ساعت قبل از آزمایش قرار گرفته باشد.

¹ Linear Variable Differential Transducer



نکته ۴: یک نمونه شاهد مجهز به ترموکوپل در مرکز آن، می‌تواند استفاده شود تا مشخص شود دمای مطلوب برای آزمایش، چه زمانی حاصل می‌شود.

۷-۲- نمونه درون قاب بارگذاری قرار گرفته و نوارهای بارگذاری بصورت موازی و بر روی صفحه عمودی قطری نمونه قرار می‌گیرد. در صورت لزوم سیستم الکترونیکی اندازه‌گیری بار باید تنظیم و متعادل شود.

۷-۳- وضعیت نمونه با اعمال بار تکراری نیمه‌سینوسی یا هر شکل مناسب دیگر بدون اعمال ضربه، به مدت حداقل کافی تثبیت می‌شود تا تغییر شکل نمونه بصورت یکنواخت انجام پذیرد. بسته به فرکانس بارگذاری و دمای آزمایش، حداقل ۵۰ تا ۲۰۰ تکرار بار متداول است. اگرچه حداقل مذکور باید بنحوی انتخاب شود که تغییر شکل‌های ارتجاعی نمونه بصورت ثابت تکرار شود (نکته ۵). ارزیابی مدول برجهندگی مخلوط معمولاً شامل انجام آزمایش در سه دمای مختلف مثل 1 ± 5 و 1 ± 25 و 1 ± 40 درجه سانتیگراد است که در یک یا چند فرکانس بارگذاری مثل ۰/۳۳، ۰/۵ و ۱ هرتز به ازای هر دما انجام می‌شود. بازه پیشنهادی برای بارگذاری، ۱۰ تا ۵۰ درصد مقاومت کششی نمونه است (نکته ۶). مقاومت کششی نمونه نیز با انجام آزمایش مخرب بر روی نمونه و رابطه ۸-۳ بدست می‌آید (نکته ۷).

نکته ۵: برای بارهای جزئی مانند ۲۵ lbf - ۵ تعداد کم حدود پنج تکرار بار کافی است.

نکته ۶: بارهای کوچکی حدود ۱۰ lbf بکار برده می‌شود.

نکته ۷: مدت زمان بارگذاری پارامتر مهمی است و پیشنهاد می‌شود که این مدت زمان به حدی کم انتخاب شود که قابل ثبت باشد. مدت زمان بین ۰/۱ تا ۰/۴ ثانیه مناسب است و ۰/۱ ثانیه شرایط بارگذاری واقعی در روسازی را بهتر نشان می‌دهد. فرکانس‌های بارگذاری ۰/۳۳، ۰/۵ و ۱ هرتز پیشنهاد می‌شود. بجای داده‌های مقاومت کششی نمونه می‌توان از مقادیر ۴ lbf/in تا ۲۰۰ lbf/in به ازای هر اینچ از ضخامت نمونه استفاده کرد.

۷-۴- مقدار تغییر شکل‌های افقی و قائم، در صورتیکه اندازه‌گیری شود، باید در حین آزمایش ثبت شود. اگر میزان جمععی تغییر شکل قائم بیش از ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۰۲۵ میلیمتر) باشد، باید مقدار بار یا دمای آزمایش و یا هر دوی آنها را کاهش داد. **نکته ۸:** در شکل ۲، یک منحنی که بیان‌کننده مقدار تغییر شکل در برابر سیکل بارگذاری است، نشان داده شده است. در این شکل توضیحاتی در مورد پارامترهای متداول این آزمایش ارائه شده است.

۷-۵- تعیین مدول برجهندگی، بایستی حداکثر در مدت ۴ دقیقه از زمانی که نمونه از محفظه کنترل دما خارج می‌شود، انجام پذیرد. چنانچه بارگذاری در محفظه کنترل دما که مشخصات مذکور در بند ۵-۲ را برآورده سازد، انجام گیرد، این محدودیت می‌تواند نادیده گرفته شود.

۷-۶- هر نمونه باید دو بار تحت آزمایش مدول برجهندگی قرار گیرد. ابتدا قسمت اول انجام می‌گیرد و سپس نمونه به مدت ۱۰ دقیقه در محفظه کنترل دما قرار می‌گیرد. سپس نمونه در نوبت دوم به اندازه ۹۰° چرخانده می‌شود و آزمایش دوباره انجام می‌شود. سه نمونه آزمایشگاهی یا مغزه برای انجام یکسری آزمایش با دما، مدت و فرکانس‌های متفاوت بارگذاری لازم است. برای کاهش خرابی دائم نمونه، آزمایش باید از پایین‌ترین دما، کوتاه‌ترین مدت زمان بارگذاری و کوچکترین مقدار بار شروع شود. آزمایش‌های بعدی بر روی همان نمونه باید بنحوی انجام شود که در هر مرحله مدول برجهندگی کوچکتری نسبت به مرحله قبل بدست آید. قبل از انجام هر آزمایش، دمای نمونه باید به دمای آزمایش رسانده شود.



۷-۷- پس از اینکه تغییرشکل برجهندگی تکراری نمونه ثابت گردید، طی حداقل سه سیکل بارگذاری، میانگین تغییرشکل‌های افقی و قائم برگشت‌پذیر (شکل ۲) اندازه‌گیری می‌شود. در صورتیکه مقدار ضریب پواسون از قبل فرض شده باشد، اندازه‌گیری تغییرشکل‌های قائم می‌تواند، حذف شود.

۸- محاسبات

۸-۱- مدول برجهندگی الاستیک، E، برحسب $\frac{lbf}{in^2}$ (مگاپاسکال) و ضریب پواسون، ν ، مطابق روابط زیر محاسبه می‌شود.

$$E_{RI} = P(\nu_{RI} + 0.27) / t \Delta H_I \quad (1)$$

$$E_{RT} = P(\nu_{RT} + 0.27) / t \Delta H_T \quad (2)$$

$$\nu_{RI} = 3.59 \Delta H_I / \Delta V_I - 0.27 \quad (3)$$

$$\nu_{RT} = 3.59 \Delta H_T / \Delta V_T - 0.27 \quad (4)$$

E_{RI} : مدول برجهندگی آنی الاستیک، (MPa) psi

E_{RT} : مدول برجهندگی کلی الاستیک، (MPa) psi

ν_{RI} : ضریب پواسون آنی

ν_{RT} : ضریب پواسون کلی

P: بار تکراری، (N) lbf

t: ضخامت نمونه، (mm) in

ΔH_I : تغییرشکل آنی برگشت‌پذیر نمونه در جهت افقی، (mm) in

ΔV_I : تغییرشکل آنی برگشت‌پذیر نمونه در جهت قائم، (mm) in

ΔH_T : کل تغییرشکل برگشت‌پذیر نمونه در جهت افقی، (mm) in

ΔV_T : کل تغییرشکل برگشت‌پذیر نمونه در جهت قائم، (mm) in

۸-۲- اگر ضریب پواسون فرض شده باشد، تغییرشکل قائم مورد نیاز نخواهد بود. مقدار 0.35 به عنوان ضریب پواسون مخلوط آسفالتی در دمای $77^{\circ}F$ ($25^{\circ}C$) مناسب است.

۸-۳- مقاومت کششی نمونه، S_T ، بصورت تقریبی از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$S_T = 2 P_{ult} / (\pi \cdot t \cdot D) \quad (5)$$

P_{ult} : بار نهایی لازم برای گسیختگی نمونه، (N) lbf

t: ضخامت نمونه، (mm) in

D: قطر نمونه، (mm) in

۹- گزارش

مقدار مدول برجهندگی در دماهای ۴۱، ۷۷ و ۱۰۴ درجه فارنهایت (۵ و ۲۵ و ۴۰ درجه سانتیگراد) به همراه مدت بارگذاری و فرکانس‌های استفاده شده در آزمایش باید گزارش شود.

۱۰- دقت آزمایش

۱۰-۱- در مورد میزان دقت این آزمایش، بررسی‌های لازم انجام نگرفته است.

استاندارد ASTM:D۴۴۶۹

روش استاندارد محاسبه درصد جذب قیر مصالح سنگی در مخلوط روسازی آسفالتی

۱- هدف

۱-۱ این آزمایش معادلاتی را برای محاسبه درصد جذب قیر بوسیله مصالح سنگی، در مخلوط روسازی آسفالتی ارائه می‌کند. درصد جذب قیر به صورت درصدی از جرم مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در مخلوط روسازی بیان می‌شود. این محاسبه بر اساس مقادیر اندازه‌گیری شده و اجزاء و خواص هر مخلوط روسازی آسفالتی خشک شده در گرمخانه می‌باشد.

۱-۲ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرائی آنرا مشخص کند.

۲- مراجع مستند

۱-۲ استانداردهای ASTM

- C ۱۲۷ روش آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب مصالح سنگی درشت دانه
- C ۱۲۸ روش آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب مصالح سنگی ریزدانه
- C ۱۳۶۰ روش دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه و ریزدانه
- D ۱۵۵۹ روش آزمایش تعیین مقاومت و روانی مخلوط‌های آسفالتی با استفاده از دستگاه مارشال
- D ۱۵۶۰ روش آزمایش تعیین مقاومت در برابر تغییر شکل و چسبندگی مخلوط‌های قیری با استفاده از دستگاه ویم
- D ۲۰۴۱ روش آزمایش حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوط‌های روسازی آسفالتی
- D ۲۱۷۲ روش‌های آزمایش تعیین مقدار قیر در مخلوط‌های روسازی آسفالتی
- D ۳۲۸۹ روش آزمایش تعیین وزن مخصوص یا دانسیته مواد قیری جامد و نیمه جامد با بوته نیکلی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- خلاصه‌ای از روش آزمایش

۱-۳ درصد جذب قیر برای مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه (که به صورت درصدی از جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در مخلوط روسازی بیان می‌شود)، می‌تواند با سعادلاتی که در آن متدایر اندازه‌گیری شده حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوط آسفالتی خشک شده در گرمخانه، مقدار قیر مخلوط (که به صورت درصدی از جرم کل نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه، یا به صورت درصدی از جرم مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه بیان می‌شود)، وزن مخصوص ظاهری قیر متوسط وزنی و وزن مخصوص حقیقی مصالح سنگی در مخلوط آسفالتی (توجه یک) باید جایگذاری شوند، محاسبه می‌گردد.

توجه ۱: وقتی که روش بالا استفاده می‌شود، عبارت "متوسط وزنی و وزن مخصوص مصالح سنگی" به متوسط وزنی و وزن مخصوص مصالح سنگی درشت‌دانه و ریزدانه که به روش C127، C128 تعیین شده، اشاره می‌کند. مصالح سنگی ریزدانه قاعدتاً شامل قسمت فیلر معدنی مصالح سنگی ریزدانه که از الک شماره ۲۰۰ عبور می‌کند، می‌شود. متوسط وزنی، وزن مخصوص حقیقی کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه باید بوسیله معادله داده شده در قسمت محاسبات روش آزمایش C127 محاسبه شود.

۴- اهمیت و موارد کاربرد

۱-۴ مقدار قیر جذب شده توسط مصالح سنگی سهم کمتری در دوام روسازی آسفالتی در سرویس دهی داشته و یا اصلاً سهمی ندارد، این مقدار قیر، مقاومت بیشتری در برابر غریبان زدگی در حضور آب را فراهم می‌کند. ۲-۴ درصد جذب قیر می‌تواند، نمایانگر تغییراتی باشد که ممکن است در حین ساخت مخلوطهای کارخانه‌ای ممکن است پیش بیاید.

۳-۴ درصد جذب قیر محاسبه شده، می‌تواند در محاسبه درصد فضای خالی و در طرح اختلاط مخلوط روسازی بکار رود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵- روش آزمایش

۱-۵ درصد جذب قیر مصالح سنگی در مخلوط روسازی را، برای نمونه مخلوط روسازی آسفالتی خشک شده در گرمخانه که یاد آزمایشگاه تهیه شده، یا از روسازی نمونه گیری شده، یا نمونه ای که برای کنترل کیفیت در ضمن ساخت گرفته شده، محاسبه کنید.

۲-۵ درصد جذب قیر مصالح سنگی در یک نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه را از مقادیری که برای یک نمونه بر طبق روشهای ذیل از استاندارد ASTM بدست آمده، تخمین بزنید:

۱-۲-۵ روش آزمایش D۲۰۴۱، حداکثر وزن مخصوص تئوری نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه.

۲-۲-۵ روش آزمایش D۲۱۷۲، مقدار قیر برای نمونه های مخلوط روسازی که برای کنترل کیفی در ضمن

ساخت گرفته شده یا از روسازی بدست آمده، مقدار قیر هر نمونه را به روش های آزمایش D۲۱۷۲ تعیین کنید.

این مقدار برای نمونه هایی از مخلوط روسازی آسفالتی گرم که در آزمایشگاه و با مصالح سنگی خشک شده در

گرمخانه به روشهای D۱۵۵۹ و D۱۵۶۰ تهیه شده، مقدار قیری است که در ضمن آماده کردن مخلوط روسازی

اضافه شده است.

۳-۲-۵ روش آزمایش D۳۲۸۹، وزن مخصوص ظاهری قیر در نمونه مخلوط روسازی.

۴-۲-۵ روشهای آزمایش استاندارد ASTM به شماره C۱۲۷ و C۱۲۸ مربوط به وزن مخصوصهای حقیقی خشک

مصالح سنگی درشت دانه و ریزدانه در نمونه مخلوط روسازی.

۵-۲-۵ روش آزمایش C۱۳۶ برای تخمین درصد های مصالح سنگی درشت دانه و ریزدانه مصرفی و یا مصالح

سنگی بازیافتی از نمونه مخلوط روسازی و در نتیجه میانگین وزنی، وزن مخصوص حقیقی خشک شده در

گرمخانه برای کل مصالح سنگی در نمونه مخلوط روسازی که باید محاسبه شود (با استفاده از معادلات داده شده

در قسمت محاسبات در روش آزمایش C۱۲۷).

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶- محاسبات

۶-۱ مخلوطهای روسازی که مقدار قیر در آنها به صورت درصدی از جرم کل مخلوط در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه بیان می شود:

۶-۱-۱ وقتی مقادیری که در بخش ۵-۲ ذکر شد بدست آمدند، جذب قیر را به صورت درصدی از جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه، با جای گذاری مقادیر مربوطه در معادله زیر محاسبه کنید:

$$A_{ac} = 100 \left[\frac{P_{tac}}{100 - P_{tac}} + \frac{G_{ac}}{G_{ag}} - \frac{100 G_{ac}}{(100 - P_{tac}) G_{tm}} \right]$$

که در این معادله:

A_{ac} = قیر جذب شده بصورت درصدی از جرم مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه

P_{tac} = مقدار قیر به صورت درصدی از جرم کل مخلوط در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه

G_{ac} = وزن مخصوص ظاهری قیر در نمونه مخلوط روسازی

G_{ag} = میانگین وزنی وزن مخصوص حقیقی کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط

روسازی

G_{tm} = حداکثر وزن مخصوص تئوری نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه

۶-۲ مخلوطهای روسازی که مقدار قیر در آنها به صورت درصدی از جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه

در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه بیان می شود:

۶-۲-۱ وقتی مقادیری که در بخش ۵-۲ ذکر شده بدست آمدند، جذب قیر را بصورت درصدی از جرم مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه با جای گذاری مقادیر مربوطه در معادله زیر محاسبه کنید:

$$A_{ac} = 100 \left[\frac{P_{aac}}{100} + \frac{G_{ac}}{G_{ag}} - \frac{(100 - P_{aac})(G_{ac})}{100 G_{tm}} \right]$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

در این رابطه :

P_{aac} = مقدار قیر به صورت درصدی از جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه

و دیگر مقادیر همانند آنچه در بند ۶-۱-۱ بیان گردیده، می باشد.

توجه ۲: درصد جذب قیر محاسبه شده با افزایش حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوط روسازی و افزایش مقدار قیر افزایش می یابد. همچنین درصد جذب قیر با افزایش وزن مخصوص ظاهری قیر و افزایش میانگین وزنی وزن مخصوص حقیقی کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه، کاهش می یابد.

۷- گزارش

۷-۱ جذب قیر را به صورت درصدی از جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه با دقت ۱/۰ درصد گزارش کنید.

۷-۲ مقادیر هر یک از متغیرهایی را که در معاملات ۱ و یا ۲ می باشند به صورت زیر گزارش کنید:

۷-۲-۱ حداکثر وزن مخصوص تئوری نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه

۷-۲-۲ مقدار قیر به صورت درصدی از جرم نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه (معادله یک)، یا

مقدار قیر به صورت درصدی از جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط روسازی

آسفالتی خشک شده در گرمخانه (معادله دو)

۷-۲-۳ وزن مخصوص ظاهری قیر در نمونه مخلوط روسازی

۷-۲-۴ میانگین وزنی وزن مخصوص حقیقی کل مصالح سنگی در نمونه مخلوط روسازی

۸- دقت و انحراف

۸-۱ هر دو معادله ۱ و ۲ که برای محاسبه جذب قیر به صورت درصدی از جرم مصالح سنگی خشک شده در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

گرمخانه در یک نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه بکار می‌روند؛ کاملاً ریاضی هستند .
۸-۲ دقت مقادیر گزارش شده برای درصد جذب قیر بستگی به مقدار اندازه‌گیری شده هر یک از چهار متغییری که در معادلات ۱ یا ۲ بکار می‌رود، دارد. خطا در اندازه‌گیری این مقادیر تاثیر اساسی در مقدار درصد جذب قیر دارد .

اثر این خطاها در مقدار درصد جذب قیر محاسبه شده در بند X۱-۲-۱ ضمیمه X۱ تشریح شده است .
۸-۳ دقت و انحراف هر یک از استانداردهای مرجع با مراجعه به استاندارد مربوطه بدست می‌آید .

۹- لغات کلیدی

۹-۱ جذب قیر مصالح سنگی، جذب قیر، مخلوط روسازی.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ضمیمه

اطلاعات غیر ضروری

X1- محاسبات

X1-1- محاسبات نمونه برای درصد جذب قیر

X1-1-1 سودمندی و صحت معادلات ۱ و ۲ برای تعیین درصد جذب قیر مصالح سنگی در یک نمونه مخلوط روسازی آسفالتی در نمونه محاسبات زیر تشریح شده است:

X1-1-2 محاسبات عددی: مقادیر زیر را فرض کنید:

X1-1-2-1 حداکثر وزن مخصوص تئوری نمونه مخلوط روسازی که در گرمخانه خشک شده برابر با ۲/۵۰۱

X1-1-2-2 مقدار قیر نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه که به صورت درصدی از جرم کل مخلوط بیان می شود برابر با ۶/۲ است، (برای استفاده در معادله یک).

X1-1-2-3 به طور مشابه مقدار قیر نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه که به صورت جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه بیان می شود برابر با $\frac{6}{93.8} \times 100 = 6.41$ (برای استفاده در معادله دو).

X1-1-2-4 وزن مخصوص ظاهری قیر در نمونه مخلوط روسازی برابر با ۱/۰۱۵.

X1-1-2-5 میانگین وزنی وزن مخصوص حقیقی کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط روسازی برابر با ۲/۶۷۳.

X1-1-2-6 پایه محاسبات - ۱۰۰ سانتیمتر مکعب از مخلوط روسازی با حداکثر وزن مخصوص تئوری.

X1-1-2-7 جرم ۱۰۰ سانتیمتر مکعب از مخلوط روسازی برابر با ۲۵۰/۱ گرم.

X1-1-2-8 جرم قیر برابر با $\frac{6}{100} \times 250 = 15.51$ گرم.

X1-1-2-9 جرم مصالح سنگی برابر با $\frac{15.51}{1.015} = 15.28$ سانتیمتر مکعب.

X1-1-2-10 جرم مصالح سنگی برابر با $250/1 \times \frac{93.8}{100} = 234.59$ گرم.

X1-1-2-11 حجم مصالح سنگی برابر با $\frac{234.59}{2.673} = 87.76$ سانتیمتر مکعب.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

X1-1-2-12 حجم قیر بعلاوه حجم مصالح سنگی برابر با $103/04 = 15/28 - 17/76$ سانتیمتر مکعب .
تفاوت بین $103/04$ سانتیمتر مکعب و 100 سانتیمتر مکعب اولیه، حجم قیر جذب شده در خلل و فرج غیر-
مرتبط ذرات مصالح سنگی را نشان می دهد. در نتیجه :

حجم قیر جذب شده برابر با $3/04 = 103/04 - 100$ سانتیمتر مکعب .

جرم قیر جذب شده برابر با $3/09 = 3/04 \times 1/015$ گرم .

درصد جذب قیر برابر با $1/32 = \frac{3/09}{234/59} \times 100$

توجه: نمونه محاسبات بالا در مقدار قیر که به صورت درصدی از جرم کل مخلوط بیان می شود بکار می رود،
مقدار درصد جذب قیر مشابه، وقتی که محاسبات بر اساس مقدار قیری که به صورت درصدی از جرم کل مصالح
سنگی خشک شده در گرمخانه در نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه بیان می شود، انجام می گیرد،
پدست می آید .

X1-1-3 جای گذاری در معادله ۱:

$$A_{ac} = 100 \left[\frac{P_{tac}}{100 - P_{tac}} + \frac{G_{ac}}{G_{ag}} - \frac{100 G_{ac}}{(100 - P_{tac}) G_{tm}} \right]$$

$$A_{ac} = 100 \left[\frac{6/2}{93/8} + \frac{1/015}{2/673} - \frac{100(1/015)}{93/8(2/501)} \right] = 100 \left[(0/066 + 0/38 - 0/433) \right]$$

$$= 100 \times (0/446 - 0/433) = 100 \times 0/013 = 1/3\%$$

X1-1-4 جای گذاری در معادله ۲:

$$A_{ac} = 100 \left[\frac{P_{aac}}{100} + \frac{G_{ac}}{G_{ag}} - \frac{100 + P_{aac}}{100} \frac{G_{ac}}{G_{tm}} \right]$$

$$= 100 \left[\frac{6/61}{100} + \frac{1/015}{2/673} - \frac{106/61 \times 1/015}{100 \times 2/501} \right] = 100 \times (0/066 + 0/38 - 0/433)$$

$$= 100 \times (0/446 - 0/433) = 100 \times 0/013 = 1/3\%$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بنابر این، بوسیله معادله ۱ یا ۲ درصد جذب قیر در نخل و فرج ذرات مصالح سنگی در نمونه مخلوط روسازی آسفالتی به مجرد تعیین چهار متغییر که در این معادلات می باشند، تعیین می شود.

X1-۲ اثر خطا در هر یک از متغییرهای معادلات ۱ یا ۲ در درصد جذب قیر:

X1-۲-۱ اثر خطا در اندازه گیری هر یک از چهار متغییر (a) حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه (b) مقدار قیری که به صورت درصدی از جرم نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه در معادله ۱ یا به صورت درصدی از جرم کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در یک نمونه مخلوط روسازی خشک شده در گرمخانه در معادله ۲ بیان می شود (c) وزن مخصوص ظاهری قیر در مخلوط روسازی و (d) میانگین وزنی وزن مخصوص حقیقی کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه در مخلوط روسازی. برای هر تغییر دوره ای که در جدول ذیل آمده، با این فرض که مقادیر صحیح برای هر یک از این چهار متغییر برای یک نوع مخلوط روسازی آسفالتی در ردیف اول آورده شده است، تشریح شده است. (برای محاسبات نمونه در X1-۱-۲ قبلا استفاده شده اند). باید کاملاً توجه شود که محدوده نسبتاً کوچک خطاها که در جدول زیر برای هر متغییر آورده شده است در محدوده حدود دقت ASTM است.

در جدول X1-۱ تاثیر بر روی جذب قیر از این محدوده خطاهای هر یک از چهار متغییر به صورتیکه یکی از آنها را تغییر داده و سه تای دیگر ثابت می ماند، نشان داده شده است. هر متغییری که تغییرات بیشتری از محدوده مجاز خود دارد با حرف "a" مشخص شده است.

X1-۲-۲ مقادیر حداقل و حداکثر یا درصد جذب قیری که بر اساس اطلاعات جدول X1-۱ می تواند اتفاق افتد و ناشی از بیشترین ترکیب غیر مترقبه خطاهای فهرست شده برای تعیین چهار متغییر باشد در جدول X1-۲ نشان داده شده است.

X1-۲-۳ متعاقب آن، حتی وقتی خطاها در هر یک از متغییرهای معادلات ۱ یا ۲ برای جذب قیر در محدوده دقت قابل قبول استاندارد ASTM برای آن متغییر باشد، در این حالت نمونه محاسبات تشریح شده در بندهای X1-۱-۲ و X1-۱-۳ و X1-۱-۴ مقدار جذب قیر را محدوده خیلی وسیعی از ۰/۳۸ تا ۳/۰۵ گزارش می دهد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۱- اثر خطاهای اندازه گیری در درصد جذب قیر محاسبه شده.

درصد جذب قیر	نسبتین وزنی وزن مخصوص خیشی کل مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه	وزن مخصوص ظاهری	مقدار قیر (%) افت	حداکثر وزن مخصوص تنوری
۱/۳۲	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۰/۹۸	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۴۸۲ (a)
۱/۱۴	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۴۹۱ (a)
۱/۴۹	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۱۱ (a)
۱/۶۴	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۲۰ (a)
۰/۷۷	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۵/۳۹(a)	۲/۵۰۱
۰/۹۸	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۵/۷(a)	۲/۵۰۱
۱/۶۶	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۶/۷(a)	۲/۵۰۱
۱/۸۵	۲/۶۷۳	۱/۰۱۵	۷/۰۱(a)	۲/۵۰۱
۱/۳۳	۲/۶۷۳	۱/۰۱۳(a)	۶/۲	۲/۵۰۱
۱/۳۱	۲/۶۷۳	۱/۰۱۷ (a)	۶/۲	۲/۵۰۱
۲/۱۶	۲/۶۱۵(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۱/۸۶	۲/۶۳۵(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۱/۶۱	۲/۶۵۳(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۱/۴۶	۲/۶۶۳(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۱/۱۸	۲/۶۸۳(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۱/۰۳	۲/۶۹۳(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۰/۷۶	۲/۷۱۳(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱
۰/۵۱	۲/۷۳۱(a)	۱/۰۱۵	۶/۲	۲/۵۰۱

نسبت بر اساس جرم کل نمونه خشک شده در گرمخانه (کیلوگرم) قیر در ۱۰۰ کیلوگرم کل مخلوط خشک شده در گرمخانه (

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۲-۱۱ حداقل و حداکثر درصد جذب قیر محاسبه شده ناشی از خطاهای اندازه گیری

مقدار قیر آسف	وزن مخصوص ظاهری	میانگین وزنی وزن مخصوص	درصد جذب قیر
%	قیر	حقیقی کل مصالح سنگی	
		خشک شده در گرماخانه	
۲/۴۸۲	برای حداقل جذب قیر	-۰/۳۸	
۵/۳۹	۱/۰۱۷	۲/۷۳۱	
۲/۵۲۰	برای حداکثر جذب قیر	+۳/۰۵	
۷/۰۱	۱/۰۱۳	۲/۶۱۵	

آسف: براساس جرم کل نمونه مخلوط خشک شده در گرماخانه (کیلوگرم قیر در ۱۰ کیلوگرم مکن مخلوط خشک شده در گرماخانه)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM D: ۵۳۶۱

روش استاندارد نمونه‌گیری از مخلوطهای آسفالتی متراکم شده برای آزمایش آزمایشگاهی

۱- هدف

۱-۱ این دستورالعمل روشی را برای برداشت نمونه از مخلوط آسفالتی متراکم شده روسازی برای آزمایش آزمایشگاهی تشریح می‌کند.

۱-۲ اعداد در سیستم واحدهای پوند- اینچ بیان می‌شود. واحدهای SI در داخل پرانتز، فقط برای اطلاع داده شده است.

۱-۳ این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد آن را بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرائی آن را مشخص کند.

۲- مراجع مستند:

۱-۲ استاندارد ASTM

D۹۷۹ دستورالعمل نمونه‌گیری از مخلوطهای آسفالتی روسازی

۳- اهمیت و کاربرد

۱-۳ نمونه‌های اخذشده برطبق روش ارائه شده در این دستورالعمل ممکن است برای اندازه‌گیری ضخامت، دانسیته، ضریب برجهندگی یا دینامیکی، مقاومت کششی، استحکام مارشال یا ویوم، یا برای آزمایش تعیین اجزاء مخلوط آسفالتی نظیر تعیین مقدار قیر، خواص قیرودانه‌بندی بکار روند.

۴- وسایل

۴-۱ برای به حداقل رسانیدن خرابی لایه‌های آسفالتی متراکم شده باید از وسیله‌ای که شکل نمونه را حفظ کند، استفاده شود. این وسیله ممکن است مته مغزه‌گیری یا ره برقی باشد.

۴-۲ تیغه برش مته مغزه‌گیری باید از فولاد سخت یا مواد مناسب دیگری تراشه‌های الماس که در لبه برش فلزی قرار گرفته‌اند، باشد.

۴-۳ تیغه‌های اره استفاده شده در ره برقی باید تیغه‌فلزی سخت شده یا تیغه فلزی که تراشه‌های الماس در آن قرار گرفته یا تیغه تراشنده (ساینده) نظیر کربوران دوم یا مواد مشابه باشد.

۴-۴ معمولاً یک منبع آب سرد، یخ خشک، نیتروژن مایع یا دیگر مواد سردکننده لازم است اما در موردی که فقط یک نمونه باید اخذ شود، ممکن است از آن صرف نظر کرد. هرگاه نشانی از خرابی لبه‌های نمونه به علت حرارت حاصله از اصطکاک وجود داشته باشد، باید ماده خنک‌کننده‌ای به تیغه برش یا سطح روسازی اعمال شود تا خرابی نمونه به حداقل برسد.

۴-۵ وسیله‌ای (جداکن مغزه) برای جدا کردن نمونه‌های مغزه‌گیری شده از لایه‌های زیرین ممکن است استفاده شود. اگر چنین وسیله‌ای بکار گرفته شود این وسیله باید نیم دایره فلزی باشعاع داخلی معادل شعاع خارجی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مغزه بوده و دستگیره محکمی داشته باشد. یک لوله مغزه‌گیری که به طور قائم از وسط دو نیم شده باشعاع لازم و یک تسمه آهنی به عنوان دستگیره به آن جوش داده شده است، برای این منظور وسیله مناسبی است. (شکل ۱) ۴-۶ یک وسیله بیرون آورنده (بالابرمغزه) که برای خروج نمونه‌های مغزه‌گیری شده از چاله‌ها استفاده می‌شود شکل مغزه را حفظ خواهد کرد. این وسیله باید میله‌ای فولادی با طول مناسب و قطری که در فضای بین مغزه و مصالح روستازی جای بگیرد، باشد. یک خم ۹۰ درجه در قسمت بالای آن برای ایجاد دسته و خم ۹۰ درجه در قسمت پائین آن با طول تقریبی ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) که بالابراشکل می‌دهد، باید وجود داشته باشد.

۵- نمونه‌گیری

۵-۱ نمونه‌ها را طبق شروط دستورالعمل D۹۷۹ اخذ کنید. روشهای نمونه‌گیری تصادفی، باید وقتی انجام شود که نمونه‌ها برای آزمایش‌های تضمینی کنترل کیفیت و قبول کیفیت استفاده می‌شوند. ۵-۲ طرح نمونه‌گیری باید شامل توضیح روشنی باشد که نشان دهد نمونه‌ها تاواند از مجاورت لبه‌های روستازی یا محل اتصالات جایی که ممکن است دانسیته به مقدار ناچیزی کمتر از بخش اصلی محور روستازی باشد، گرفته شوند.

۵-۳ تغییرات در حالت روستازی که می‌تواند با بررسی چشمی معلوم شود، لازم می‌دارد که نمونه‌گیری غیر از طرح تصادفی در محل‌هایی که مشخص هستند انجام شود. لیکن نمونه‌های غیر تصادفی، روشهای آماری را که آزمایش‌هایی برای اطمینان و کنترل کیفیت انجام می‌شوند، مختل می‌کنند. نمونه‌های اخذ شده با استفاده از روشهای غیر تصادفی فقط باید برای مقاصد اطلاع رسانی بکار روند و شامل برنامه‌های کنترل کیفیت به روشهای آماری نمی‌شوند.

۵-۴ تعداد نمونه‌های تامین شده بر طبق مشخصات مقرر سهم اندازه قطعه مورد بحث خواهد بود. وقتی هیچ راهنمایی خاصی در دسترس نباشد، تعداد کافی نمونه برای دستیابی به سطح مطلوب و مطمئن آماری اخذ کنید.

۶- نمونه‌گیری از روستازی آسفالتی متراکم شده:

۶-۱ نمونه‌های اخذ شده از روستازی متراکم شده بوسیله مته مغزه‌گیری باید حداقل قطر اسمی ۴ اینچ (۱۰۰ میلیمتر) داشته و شامل عمق کامل لایه‌ای (لایه‌هایی) که نمونه‌گیری می‌شود، باشند. اگر در نتایج خطاهائی ناشی از اندازه نمونه ظاهر شود، نمونه با اندازه بزرگتر اخذ کنید. برای به حداقل رسانیدن خرابی، از یک وسیله بیرون آورنده مانند آنچه که در بندهای ۴-۵ و ۴-۶ تشریح شده، برای خروج مغزه از چاله استفاده کنید.

۶-۱-۱ وقتی نمونه‌های مغزه‌گیری شده برای آزمایشهای مدول برجهندگی و دینامیکی مورد استفاده واقع می‌شوند، نمونه باید به شکل استوانه کامل با سطوح بالا و پائینی عمود بر محور باشد. نمونه باید با شرایط روش آزمایش خاص مطابقت داشته باشد.

۶-۱-۲ برای جدا کردن نمونه از لایه زیرین، وسیله تشریح شده در بند ۴-۵ را به داخل شکاف وارد کرده و فشار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ملایمی به نمونه وارد کنید. سعی به دیلم نمودن نمونه نکنید. اگر پیوستگی بین لایه‌های روسازی شکسته نشود، لازم است شکل نمونه را با عمق کامل روسازی نگهدارید.

۱-۳ برای خارج نمودن نمونه از چاله، وسیله تشریح شده در بند ۴-۶ را به داخل شکاف وارد کنید وسیله را تقریباً ۹۰ درجه چرخانیده و به آرامی بالابیاورید تا نمونه با دست گرفته شود.

۲-۶ نمونه‌های اخذ شده از روسازی متراکم شده به روش بریدن باید حداقل مساحت سطح ۱۶ اینچ مربع (۴۰۰ میلیمتر مربع) را داشته و به نحوی بریده شوند که دانسیته نمونه دستخورده نشود. بریدن و جدا کردن یک مقطع نواری ۲ اینچی (۵۰ میلیمتری) اطراف نمونه در خارج کردن قسمتهای مورد لزوم آزمایش کمک خواهد کرد. پیچ گوهی، قلم تراش و دیگر ابزارهای تیز استفاده شده برای شکستن پیوستگی بین لایه‌های متراکم شده و لایه‌های زیرین روسازی ممکن است سبب دستخوردگی شده که منجر به ایجاد خطا در تعیین دانسیته خواهد شد. اگر در نتایج آزمایش خطاهائی ناشی از اندازه نمونه ظاهر شود، نمونه با اندازه بزرگتر اخذ کنید.

۳-۶ نمونه‌های اخذ شده را با استفاده از روشهای تشریح شده در بندهای ۶-۱ و ۶-۲ بر روی یک صفحه صاف، به طوری که سطح بالای نمونه پائین قرار گیرد تا شکل اولیه سطح حفظ شود، حمل کنید. حمل دستی بدون دقت ممکن است هر نتیجه آزمایش بدست آمده را بی اعتبار کند.

توجه: وقتی هوا خیلی گرم باشد، یخدان یخ یا وسیله مشابه ممکن است برای استفاده در انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه در نظر گرفته شود.

۴-۶ وقتی هدف از نمونه گیری فقط اندازه گیری ضخامت روسازی است نمونه‌هایی با ابعاد کوچکتر از آنچه در بندهای ۶-۱ و ۶-۲ تشریح شده ممکن است استفاده شوند.

۷- جدا کردن لایه‌های روسازی

۷-۱ وقتی لازم شود که دولایه یا بیشتر از لایه‌های روسازی جدا شوند، اول نمونه را منجمد کنید و سپس باره یا هر وسیله مناسب دیگر ببرید.

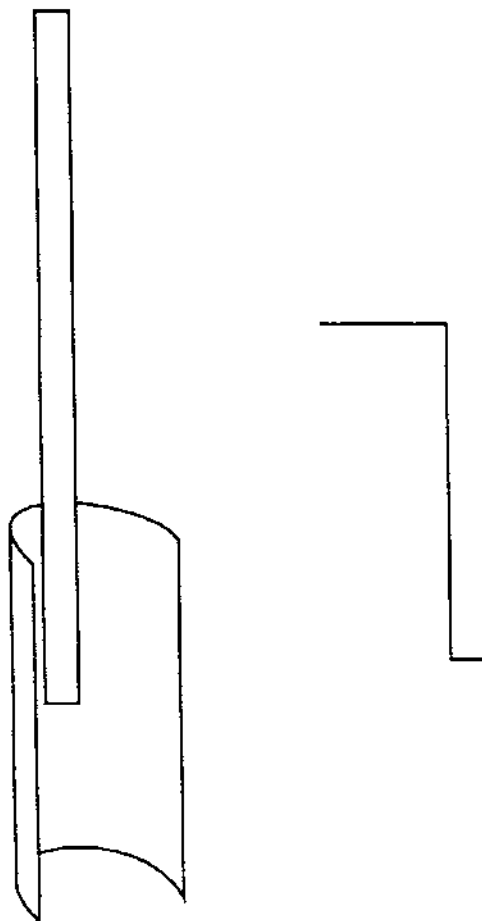
۷-۲ جداسازی دولایه روسازی ممکن است بوسیله وارد آوردن ضربه سنگینی به قلم تراش در محل پیوستگی بین دولایه انجام گیرد. جداسازی با این روش به طور بهتری انجام می‌شود اگر نمونه تا زیر صفر درجه سانتیگراد سرد شود.

۸- گزارش

۸-۱ گزارش آزمایش باید شامل شرح روش خارج کردن نمونه از روسازی متراکم شده باشد.

۹- لغات کلیدی

۹-۱ مواد قبری، متراکم شده، مغزه گیری از روسازی آسفالتی، تجهیزات برای نمونه گیری از روسازی آسفالتی، نمونه گیری از روسازی، آره کردن روسازی آسفالتی.



شکل یک - جداکننده مغزه ها



روش آزمایش استاندارد برای تعیین ویسکوزیته سیبولت فورول مواد قیری در دماهای بالا

۱- هدف

۱-۱) این آزمون شامل روشهای تجربی برای تعیین ویسکوزیته سیبولت فورول مواد قیری است. تعیین ویسکوزیته در دمای 240°C - 120°C (464°F - 228°F) انجام می شود.

۲-۱) سیستم SI به عنوان استاندارد اعداد ذکر شده در نظر گرفته شده است.

۳-۱) این استاندارد ممکن است شامل مواد، وسایل و عملیات خطرناکی باشد، اما این استاندارد تمام نکات ایمنی را که طی استفاده از آن باید رعایت شود مطرح نمی کند، فردی که از این روش استاندارد استفاده می کند باید آزمایشهای بی خطر و ایمن را برگزیند و محدودیت های کاربرد آن را از پیش معلوم کند.

۲- مدارک مراجع

۲-۱) استانداردهای ASTM:

D88 روش آزمایش ویسکوزیته سیبولت

D92 روش آزمایش نقطه اشتعال و سوختن وسیله روش ظرف باز کلیولند

D140 دستورالعمل نمونه گیری مواد قیری

E1 مشخصات دماسنجهای ASTM

E11 مشخصات الکهای سیمی مورد استفاده در آزمایشها

۳- تعاریف

۱-۳) ویسکوزیته سیبولت فورول - زمان عبور تصحیح شده ۶۰ میلی لیتر از نمونه از دورن روزنه کالیبره شده فورول تحت شرایط مشخص بر حسب ثانیه است.

این ویسکوزیته به صورت سیبولت فورول در ثانیه (SFS) در دمای مشخص گزارش می شود.

۲-۳) فورول، حروف اول کلمات «Fuel and road oils» است.

۴- خلاصه روش

۱-۴) زمان عبور ۶۰ میلی لیتر از نمونه بر حسب ثانیه از دورن یک روزنه کالیبره شده در شرایط دقیقاً کنترل شده اندازه گیری می شود. زمان به وسیله ضریب روزنه تصحیح و به عنوان ویسکوزیته نمونه در آن دما گزارش می شود.

۵- اهمیت و کاربرد



۱-۵) این آزمایش برای مشخص کردن خواص ویژه مواد قیری به عنوان یک اصل تثبیت کننده یکنواختی محموله ها و منابع تولید به کار می رود.

۲-۵) این روش آزمایش شکل گسترش یافته روش آزمایش D88 است.

۶- وسایل

۱-۶) ویسکوزیته سیولت فورول و حمام، در روش D88، در شکل ۱ و پیوست A1 آن تشریح و نشان داده شده است. برای کار می توان از یک گرم کننده خارجی که ۵۱ میلی متر (۲ اینچ) از ویسکومتر فاصله داشته باشد یا یک قالب آلومینیومی که دارای دمای ثابت باشد نیز استفاده کرد. این نوع حمام به هم زن احتیاج ندارد.

۲-۶) حلقه جایگزینی، همان طوری که در شکل ۱ و پیوست A1 نشان داده شده است، مانند جنس ویسکومتر از مواد مقاوم در مقابل خوردگی ساخته شده است.

۳-۶) درپوش - درپوش فلزی ویسکومتر استوانه ای شکل و بالای آن تخت است و قطر این درپوش حدوداً ۵۷ میلی متر ($2\frac{1}{4}$ اینچ) و عمق آن ۷ میلی متر ($\frac{1}{4}$ اینچ) می باشد در مرکز این درپوش سوراخی تعبیه شده است که قطر آن کمی بزرگتر از قطر ترمومتر است همچنین این درپوش دو سوراخ کوچکتر نیز دارد که میله های عمودی حلقه جایگزینی از میان آن عبور می کند.

یادآوری ۱- درپوش جعبه روغن ۹۰ میلی لیتری Gill-Style (۳-OZ) می تواند این کار را انجام دهد.

۴-۶) نگهدارنده ترمومتر، که در روش آزمایش D88 و شکل ۳ آمده است.

۵-۶) دماسنجهای ویسکوزیته سیولت که در جدول ۱ آمده است، برای خواندن دمای نمونه به کار می رود.

هر دماسنج باید با شرایط فهرست شده در مشخصات E1 برای آن شماره دماسنج تطبیق کند.

۶-۶) دماسنج های حمام - دماسنج ویسکوزیته سیولت یا هر وسیله دیگری که دما را با دقت معادل یا دماسنج ویسکوزیته سیولت نشان می دهد.

۷-۶) الک ، $850\ \mu\text{m}$ (NO.20) مطابق با مشخصات E11

۸-۶) فلاسک دریافت کننده نمونه که در روش D88 شکل ۵ نشان داده شده است.

۹-۶) زمانسنج، که دارای تقسیمات یکدهم یا یک پنجم ثانیه و صحت آن در مدت ۶۰ دقیقه حدود ۰/۱٪ است، از یک زمانسنج الکتریکی که با مدار فرکانس کنترل شده عمل می کند، نیز می توان استفاده کرد.



۶-۱) اجاق برقی، قطر آن تقریباً ۲۰۰ میلی متر است. سه کلید گرمائی با قدرت ۱۲۰۰W برای دمای بالا و ۵۰۰ تا ۶۰۰W برای دمای ملایم دارد.

۷- نمونه گیری

۷-۱) نمونه گیری مواد مطابق با دستورالعمل D140 است.

۸- آماده کردن وسایل

۸-۱) ویسکومتر را با زایلن (Xylene) تمیز و تمام حلال را از ویسکومتر و محفظه حاشیه آن خارج و آن را خوب خشک کنید. حلقه جایگزینی و فلاسک دریافت کننده نمونه را نیز به همان روش تمیز کنید. از آنجا که زایلن یک حلال سمی و قابل اشتعال است تمام این کارها باید در زیر هواکش و دور از جرقه و یا شعله انجام شود. اگر ویسکومتر گرم باشد بخارهای زایلن را می توان با پر کردن و بلافاصله خالی کردن حلال از روزنه کاهش داد. برای تمیز کردن روزنه می توان از یک خلال دندان چوبی استفاده کرد.

یادآوری ۲: بلافاصله بعد از هر آزمایش می توان ویسکومتر را با روغن سیلندر پر کرد و گذاشت تا چند دقیقه بماند این کار قبل از تمیز کردن ویسکومتر زایلن باید انجام شود. در صورت تمایل می توان ویسکومتر را بین دو آزمایش با روغن پر و درست قبل از هر آزمایش آن را با زایلن تمیز کرد.

۸-۲) ویسکومتر و حمام را در جایی قرار دهید که در معرض تغییرات شدید دما و گرد و خاک یا بخارهایی که ممکن است نمونه را آلوده کند، نباشد.

۸-۳) فلاسک دریافت کننده نمونه را در زیر ویسکومتر طوری قرار دهید که نشانه روی فلاسک حدود ۱۰۰ تا ۱۳۰ میلی متر پایین تر از انتهای لوله ویسکومتر باشد و جریان نمونه مستقیماً با گردنه با ریک فلاسک تماس پیدا کند.

۸-۴) حمام را با یک روغن مناسب که دمای مورد نظر برای آزمایش را تامین کند بطریقی پر کنید که روغن حداقل ۶ میلی متر ($\frac{1}{4}$ اینچ) بالاتر از لبه سرریز ویسکومتر باشد.

۸-۴-۱) برای دماهای تا 149°C (300°F) از روغن درجه ۴۰ SAE استفاده کنید.

۸-۴-۲) برای دماهای بالاتر از 149°C (300°F) از روغن سیلندری که دارای ویسکوزیته حدود ۱۷۵ تا ۱۸۵ SUS در $98/9^{\circ}\text{C}$ (210°F) است، استفاده کنید. هنگامی که آزمایش براساس روش D92 انجام می شود، حداقل نقطه اشتعال باید 300°C (572°F) باشد.

۸-۴-۳) گامی روغن حمام را تعویض کنید و دیواره خارجی لوله ها را تمیز کنید تا بدین ترتیب ذرات ته نشین شده کربن خارج شوند.

۸-۵) حمام روغن باید به قدر کافی همزده شود و کنترل گرمای آن نیز باید به گونه ای باشد که بعد از اینکه نمونه به دمای انتخابی رسیده نمونه داخل ویسکومتر بیشتر از 3°C (5°F) با دمای آزمایش اختلاف نداشته باشد.



۹- کالیبراسیون و استاندارد کردن

۹-۱) هراز گاهی ویسکومتر سیبولت فورول را طبق روش D88 بخش ۹ کالیبره نموده و ضریب تصحیح ویسکومتر را محاسبه کنید.

۹-۲) از ویسکومتر یا روزنه ای که به تصحیح بیشتر از ۰/۱ نیاز داشته باشد استفاده نکنید..

۱۰- روش کار

۱۰-۱) دمای حمام باید مطابق با دمای انتخابی آزمایش باشد و طی آزمایش نیز ثابت بماند.

۱۰-۱-۱) دماهای آزمایش استاندارد برای اندازه گیری ویسکوزیته سیبولت فورول مواد قیری ۱۲۱، ۱۳۵، ۱۴۹، ۱۶۳، ۱۷۷، ۲۰۴ و 232°C (۲۵۰، ۲۷۵، ۳۰۰، ۳۲۵، ۳۵۰، ۴۰۰ و 450°F) است.

۱۰-۲) یک چوب پنبه نگهدارنده در محفظه انتهایی ویسکومتر قرار دهید به این چوب پنبه یک رشته ریسمان برای راحت خارج کردن آن وصل شده است. چوب پنبه باید کاملاً در محفظه را بپوشاند تا از خارج شدن هوا جلوگیری شود. این امر بعداً هنگامی که چوب پنبه را براساس روشی که بعداً شرح داده خواهد شد، بیرون می آوریم به وسیله فقدان روغن روی چوب پنبه مشخص می شود.

۱۰-۳) حلقه جایگزینی را درجای خود قرار دهید.

۱۰-۴-۱) $0/5$ کیلوگرم (I-1b) از نمونه را در داخل ظرف پیکارچه 500 میلی لیتری (OZ-16) بریزید و آنرا روی یک اجاق برقی که دمای آن 10 تا 115°C (118°F - 227°F) بالاتر از دمای انتخابی آزمایش است حرارت دهید.

۱۰-۴-۱) در نیم ساعت اول از دمای متوسط اجاق برقی و در بقیه مدت گرمادهی از دمای بالا استفاده کنید. در ابتدا از گرما دادن زیاد اجتناب کنید زیرا ممکن است باعث اکسید شدن نمونه شده و ویسکوزیته آن تغییر کند.

۱۰-۴-۲) در مرحله اول گرما دادن گاهی نمونه را هم بزنید، ولی بعد از رسیدن به 238°C (50°F) نمونه را باید مرتب هم زد.

۱۰-۴-۳) کل زمان گرمادادن باید ۲ ساعت و یا کمتر باشد.

۱۰-۵) الک $850\ \mu\text{m}$ (نمره ۲۰) را به اندازه دمای آزمایش گرم کنید و نمونه گرم شده را از میان آن مستقیم در داخل ویسکومتر بریزید تا سطح آن دقیقاً بالاتر از لبه سر ریز قرار گیرد.

۱۰-۳-۳) فقط نمونه به اندازه کافی باید لبریز شود، آن قدر که بعد از خارج کردن حلقه جایگزینی زیادی نمونه در قسمت حاشیه ای و ویسکومتر جاری شود، ولی آن را کاملاً پر نکند.

۱۰-۶) پوشش فلزی را روی ویسکومتر بالای حلقه جایگزین قرار دهید و دماسنج مناسب ویسکوزیته را به وسیله نگهدارنده آن در داخل سوراخ وسط پوشش فلزی بگذارید.

۱۰-۷) نمونه را مرتب در ویسکومتر با دماسنج و یک حرکت دورانی 30 تا 50 دور در دقیقه در یک سطح افقی هم بزنید. مواظب باشید هوا داخل نمونه نشود و به روزنه نیز ضربه ای وارد نیاید.



۸-۱۰) اگر با یک دقیقه همزدن مداوم دمای نمونه در محدود $0/3^{\circ}\text{C}$ ($0/5^{\circ}\text{F}$) ثابت باقی ماند ترمومتر را بیرون بکشید، پوشش را از روی ویسکومتر بردارید و بلافاصله حلقه جایگزینی را خارج کنید و پس از اینکه مطمئن شدید زیادی نمونه در حاشیه ویسکومتر زیر سطح لبه سرریز قرار دارد مجدداً پوشش را روی ویسکومتر قرار دهید.

۹-۱۰) پس از اینکه مطمئن شدید فلاسک دریافت کننده نمونه در حالت مناسب قرار دارد با استفاده از ریسمانی که به چوب پنبه وصل است چوب پنبه را از ویسکومتر خارج کنید و در همان لحظه زمان سنج را به کار اندازید. مدت زمان سپری شده از لحظه ای که ویسکومتر پر شده تا لحظه ای که چوب پنبه را برداشتید نباید بیشتر از ۱۵ دقیقه باشد.

۱۰-۱۰) هنگامی که نمونه به خط نشان روی فلاسک دریافت کننده نمونه رسید زمان سنج را متوقف کنید. زمان جاری شدن را برحسب ثانیه با دقت $0/1$ یا $0/2$ ثانیه یادداشت کنید.

۱۱- محاسبه و گزارش

۱-۱۱) زمان جاری شدن در ضریب تصحیح ویسکومتر که در قسمت ۹-۱ تعیین شده است ضرب کنید.

۲-۱۱) زمان جریان تصحیح شده را به عنوان ویسکوزیته سیولت فورول نمونه و همچنین دمایی را که آزمایش در آن دما انجام شده است را گزارش کنید.

۱-۲-۱۱) مقادیر زیر ۲۰۰ ثانیه را با دقت $0/5$ ثانیه گزارش کنید. مقادیر بیشتر از ۲۰۰ ثانیه و بیشتر را برحسب عدد صحیح ثانیه گزارش کنید.

۱۲- دقت و خطا

۱-۱۲) نتایج آزمایشها نباید بیشتر از مقادیر میانگین تفاوت داشته باشد:

۱-۱-۱۲) تکرار پذیری (یک آزمایشگر و یک وسیله آزمایش) ۱ درصد.

۲-۱-۱۲) تجدید پذیری چند آزمایشگر و چند وسیله آزمایش ۲ درصد.

استانداردهای

بتنی

روش عمل آوری نمونه‌های بتن

(با استفاده از استاندارد ASTM-C31/C31M-96)

(آخرین چاپ 1998)

الف - مخزن آب نگهداری نمونه‌ها (طبق استاندارد ASTM-C511) با شرایط ذیل:

- از مواد مقاوم در برابر خوردگی ساخته شود.
- در اتاقی با درجه حرارت کنترل شده معادل 23 ± 2 درجه سانتیگراد قرار داده شود یا خود دارای المنت و کنترل کننده اتوماتیک دما در محدوده مزبور باشد.
- ترمومتر مخزن باید هر ۶ ماه یک بار با دماسنج شیشه‌ای و با دقت ۰/۵ درجه سانتیگراد کنترل شود. اگر اختلاف درجه حرارت بیش از ۱ درجه باشد باید اصلاح گردد.
- به منظور جلوگیری از حل شدن بخش آهکی نمونه‌های بتن (آهک تشکیل دهنده سیمان)، آب مخزن باید با آهک شکفته $(Ca(OH)_2)$ اشباع گردد. (از آهک زنده (CaO) استفاده نشود)
- برای آب مخزن اشباع نشده با آهک ممکن است با توجه به مقدار آهکی که از نمونه‌ها در آب مخزن حل می‌شود. نتایج مقاومت فشاری تحت تأثیر قرار گیرد. لذا نباید چنین آبی استفاده شود.
- آب آهک موجود در مخزن در فواصل زمانی کمتر از یک ماه کاملاً به هم زده شود و در فواصل زمانی کمتر از دو سال نخایه شده و مجدداً با نسبت آهک $3gr/lit$ پر شود.
- آب مخزن نمونه‌ها نباید به صورت جاری یا تصفیه شده باشد زیرا احتمال حل شدن آهک موجود در سیمان زیاد خواهد شد.

ب - روش عمل آوری

- پس از تسطیح نهائی سطح نمونه‌ها، باید تمهیدات لازم جهت جلوگیری از افت یا تبخیر آب نمونه‌ها به کار گرفته شود. (از تماس سطح قالبهای فیبری یک بار مصرف با پارچه مرطوب یا هر عامل رطوبتی دیگر جلوگیری شود).
- روی نمونه‌ها با یک روبه غیرجاذب و غیرفعال و نفوذناپذیر پوشانیده شود. اگر از پارچه‌های مرطوب جهت جلوگیری از افت رطوبت استفاده می‌شود، از تماس آنها با سطح بتن خودداری شود.

○ نگهداری نمونه‌ها

پس از تسطیح نهائی نمونه‌ها، فوراً آنها را جهت گیرش اولیه (عمل آوری اولیه) در جای مناسبی قرار دهید.
- اگر نمونه‌ها در قالبهای یک بار مصرف قرار دارند آنها را با یک وسیله ماله ماندی از زمین بلند کنید. اگر در حین جابجائی، سطح بالائی نمونه آسیب دید فوراً آنرا ترمیم کنید.

○ عمل آوری اولیه

- پس از ریختن بتن در قالبها و تسطیح آنها، نمونه‌ها باید در محدوده دمائی ۱۶ تا ۲۷ درجه سانتیگراد نگهداری شده و ز هرگونه افت رطوبت در آنها جلوگیری شود (حدود ۴۸ ساعت).
- در تمام این مدت دمای درون یا بین نمونه‌ها باید کنترل شود و از تابش مستقیم نور خورشید یا هر وسیله گرمائی تشعشعی دیگر جلوگیری به عمل آید.
- نمونه‌هایی که باید جهت عمل آوری نهائی به آزمایشگاه منتقل شوند حداکثر تا ۴۸ ساعت در قالبها و در هوای مرطوب نگهداری و تا رساندن به آزمایشگاه این شرایط حفظ شود. سپس قالبها باز و در محل عمل آوری نهائی قرار گیرند.
- اگر انتقال نمونه‌ها تا ۴۸ ساعت به آزمایشگاه مقدور نگردید در محدوده زمانی ۸ ± ۴۸ ساعت قالبها را باز کرده و نمونه‌ها را تا زمان انتقال به آزمایشگاه، در همان محل تحت عمل آوری نهائی قرار دهید.

○ عمل آوری نهائی

پس از تکمیل عمل آوری اولیه (گیرش اولیه) نمونه‌ها و حداکثر تا ۳۰ دقیقه پس از باز کردن قالبها، نمونه‌ها را در شرایط مرطوب (طوری که همواره روی سطح آنها آب به صورت آزاد موجود باشد) تحت دمای ۲ ± ۲۳ درجه سانتیگراد قرار دهید. در فاصله زمانی حداکثر تا ۳ ساعت قبل از تعیین مقاومت فشاری نمونه‌ها، در صورتیکه رطوبت آزاد روی نمونه‌ها باقی مانده باشد اجازه داده می‌شود دمای نمونه در محدوده دمائی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد نیز قرار گیرد. (این مدت شامل نمونه‌های کپینگ شده با گوگرد نمی‌باشد)
درحالتیکه نمونه‌ها با گوگرد کپینگ شده باشند، دو انتهای نمونه باید طبق استاندارد *ASTM- C617* خشک شود.

عمل آوری در کارگاه (عمل آوری تحت شرایط کارگاه)

نمونه‌ها تا حد ممکن در نزدیکی محل بتن‌ریزی نگهداری شوند. سطح نمونه‌ها تا حد ممکن نزدیک به شرایط سطح بتن در سازه، عمل آوری و محافظت شوند. نمونه‌ها با همان دما و رطوبت بتن استفاده شده در سازه ساخته شوند. نمونه‌ها را در همان شرایط رطوبتی عمل آوری سازه، تعیین مقاومت کنید. از این نتایج می‌توان مقاومت موجود در سازه جهت باز کردن

قالبها را به دست آورد. (زمان باز کردن قالب اجزاء سازه مشخص می شود)

○ انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه

- قبل از انتقال نمونه‌ها، حفاظت از سطوح آنها و عمل آوری اولیه در محل انجام شود.
- در حین انتقال نمونه‌ها، بایستی آنها را در بستر مناسبی (نرم) قرار داد تا در اثر ضربه یا افت رطوبت یا یخ زدن به آنها صدمه‌ای وارد نشود.
- با پیچیدن نمونه‌ها در نایلون یا قرار دادن آنها در ماسه مرطوب از افت شدید رطوبت جلوگیری به عمل آید.
- زمان انتقال نمونه‌ها نباید بیش از ۴ ساعت به طول انجامد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: C ۳۹ - ۹۳a

روش آزمایش استاندارد برای تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن مانند مغزه‌های حفاری شده یا نمونه‌های تهیه شده توسط قالبهای استوانه‌ای را شامل می‌شود. این روش برای بتن‌هایی که وزن مخصوص آنها بیش از ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب است، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۲- مقادیر بیان شده در واحدهای اینچ - پوند به عنوان استاندارد می‌باشد.

۱-۳- این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در نظر نمی‌گیرد، هرگونه مسئولیتی بر عهده استفاده‌کننده از این استاندارد است که قبل از استفاده، دستورالعمل‌های ایمنی و سلامتی را تهیه و محدودیت‌های کاربرد آن را مشخص نماید.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C _{۳۱}	دستورالعمل برای ساختن و عمل‌آوری نمونه‌های آزمایشی بتن در محل
C _{۴۲}	روش آزمایش برای بدست آوردن و آزمایش مغزه‌های حفاری شده و تیرهای اره شده
C _{۱۹۲}	دستورالعمل ساختن و عمل‌آوری نمونه‌های آزمایشی در آزمایشگاه
C _{۶۱۷}	دستورالعمل اندود کردن نمونه‌های استوانه‌ای بتن
C _{۶۷۰}	دستورالعمل تهیه دقت و انحراف برای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی
C _{۸۷۳}	روش آزمایش برای مقاومت فشاری استوانه‌های بتنی ساخته شده در محل در قالبهای استوانه‌ای
C _{۱۰۷۷}	دستورالعمل آزمایشگاهی، آزمایشهای بتن و سنگدانه‌های بتن برای استفاده در ساختمان و معیارهایی برای ارزیابی آزمایشگاه

E_۲ دستورالعمل‌هایی برای بررسی نیروی دستگاههای آزمایش

E_{۷۴} دستورالعمل کالیبراسیون وسایل اندازه‌گیری نیرو برای بررسی بار نشان‌دهنده دستگاههای آزمایش

۲-۲- مراجع دیگر:

مرجع آزمایش بتن و سنگدانه

انستیتو بتن آمریکا ۱۶ - CP تکنیک آزمایش آزمایشگاهی بتن، درجه I

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- این روش آزمایش اعمال بار محوری فشاری به نمونه‌های استوانه‌ای یا مغزه‌ها را با سرعتی مشخص در حدود سرعت از پیش توصیف شده، تا گسیخته شدن نمونه اتفاق افتد را شامل می‌شود. مقاومت فشاری نمونه از تقسیم حداکثر بار اعمال شده در ضمن آزمایش بر سطح مقطع نمونه بدست می‌آید.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- توجه خاصی باید به اهمیت تعیین مقاومت فشاری به این روش آزمایش مبذول داشت زیرا مقاومت برای بتن ساخته شده با مصالح مشخص یک خاصیت ذاتی و اساسی نمی‌باشد. مقادیر بدست آمده برای مقاومت به شکل نمونه، ابعاد آن، روش مخلوط کردن، نحوه عمل آوردن، روش نمونه‌گیری، قالب‌گیری، نحوه ساخت، سن نمونه، دما و شرایط رطوبت ضمن عمل آوری بستگی دارد.

۴-۲- این روش ممکن است برای تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای که مطابق با روشهای C_{31} ، C_{42} ، C_{192} ، دستورالعمل C_{617} و روش آزمایش C_{873} آماده و عمل آورده شده‌اند، به کار برده شود.

۴-۳- نتایج این روش آزمایش ممکن است به عنوان مبنایی برای کنترل کیفیت بتن، نسبتهای اختلاط آن روش مخلوط کردن، ریختن بتن، تعیین مطابقت آن با مشخصات، ارزیابی اثرات مواد افزودنی و موارد مشابه دیگر روی بتن به کار برده شود.

۴-۴- شخصی که استوانه‌های بتنی را برای قبول، آزمایش می‌کند باید دانش و توانایی اجرای روش آزمایش معادل با حداقل راهنمایی‌ها برای تکنیکهای آزمایشگاهی بتن را در سطح I مطابق با CP - 16 دارا باشد.

توجه ۱- آزمایشگاه مجری این روش آزمایش باید مطابق با دستورالعمل C_{1077} ارزیابی شود.

۵- وسایل آزمایش

۵-۱- ماشین آزمایش - ماشین آزمایش باید دارای ظرفیت کافی بوده و قادر به سرعتهای بارگذاری مطرح شده در بند ۷-۵ باشد.

۵-۱-۱- کالیبره کردن ماشین آزمایش باید مطابق دستورالعمل E_4 و در شرایط زیر انجام شود:

۵-۱-۱-۱- ۱۸ ماه پس از هر دوره کالیبراسیون، اما ترجیحاً بعد از هر ۱۲ ماه انجام شود.

۵-۱-۱-۲- در موقع نصب اولیه دستگاه یا جابجا کردن آن.

۵-۱-۱-۳- بلافاصله بعد از هر بار تعمیر یا تنظیم‌هایی که بر روی عملکرد سیستم اعمال نیروی ماشین یا مقادیر نشان‌دهنده که روی صفحه اثر دارد، مگر برای تنظیم صفر که وزن دستگاه یا نمونه یا هر دو را خنثی می‌کند، لازم نیست که دستگاه کالیبره شود.

۵-۱-۱-۴- هر وقت تردیدی در مورد دقت نتایج وجود دارد، بدون توجه به زمان آخرین

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کالیبراسیون، باید کالیبراسیون انجام شود.

۵-۱-۲- طرح - طرح ماشین باید شامل خصوصیات زیر باشد:

۵-۱-۲-۱- ماشین باید قادر باشد بار را به صورت پیوسته و بدون تغییرات ناگهانی اعمال نماید، اگر فقط یک سرعت بارگذاری دارد (شرایط بند ۷-۵ را دارا باشد)، باید با یک وسیله بارگذاری اضافی در سرعت مناسب برای بازرسی باشد. این وسیله اضافی بارگذاری ممکن است با دست یا برق کار کند.

توجه ۲- استوانه‌های بتنی مقاومت بالا شدیدتر از استوانه‌های با مقاومت معمولی گسیختگی می‌شوند. به عنوان احتیاط ایمنی، پیشنهاد می‌شود که ماشین آزمایش مجهز به قطعات محافظ باشد.

۵-۱-۲-۲- فاصله‌ای که برای قرار دادن نمونه در نظر گرفته شده است باید به اندازه کافی بزرگ باشد به طوری که دستگاه کالیبراسیون ارتجاعی در این موقعیت قابل خواندن باشد. دستگاه کالیبراسیون باید دارای ظرفیت کافی بوده تا تمامی دامنه بارگذاری ماشین آزمایش را پوشاند و شرایط دستورالعمل E_{74} را دارا باشد. توجه ۳- انواع وسایل کالیبراسیون ارتجاعی در دسترس است و معمولترین که برای این منظور استفاده می‌شود حلقه بارگذاری دایره‌ای یا محفظه بار می‌باشد.

۵-۱-۳- دقت - دقت ماشین آزمایش باید مطابق با شرایط زیر باشد:

۵-۱-۳-۱- درصد خطای تعیین بار در محدوده پیش‌بینی شده برای کاربرد ماشین نباید از ± 1 درصد بار نشان داده شده تجاوز کند.

۵-۱-۳-۲- دقت ماشین آزمایش باید بوسیله پنج بار آزمایش در چهار مرحله افزایش بار تقریباً مساوی مورد بررسی قرار گیرد. تفاوت بین دو بار آزمایش متوالی نباید بیش از یک سوم تفاوت بین حداکثر و حداقل بار آزمایش باشد.

۵-۱-۳-۳- بار آزمایش مشخص شده بوسیله ماشین آزمایش و باری که از قرائت دستگاه کالیبراسیون بدست می‌آید باید در هر نقطه آزمایش ثبت گردد. با استفاده از اطلاعات حاصله مقدار خطا و درصد آن به صورت زیر تعیین می‌گردد.

$$E = A - B$$

$$E_p = 100 (A - B) / B$$

که در آن:

A = بار مشخص شده بوسیله ماشین برحسب پوند (یا نیوتن)، و

B = بار اعمال شده که توسط وسیله کالیبراسیون تعیین می‌شود برحسب پوند (یا نیوتن).

۵-۱-۳-۴- گزارش ماشین آزمایش باید در محدوده بارگذاری باشد که با شرایط مشخصه تطبیق نماید به

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

جای اینکه گزارش رد یا در حد غیرقابل قبولی پذیرفته شود. در هیچ حالتی محدوده بارگذاری نباید شامل بارهایی زیر متداری که ۱۰۰ برابر کوچکترین تغییر باری که می تواند روی مکانیزم نشان دهنده بار ماشین آزمایش یا بارهایی در حدود آنهایی که بخشی از محدوده زیر ۱۰ درصد حداکثر محدوده ظرفیت باشد، قرار گیرد.

۵-۱-۳-۵- در هیچ حالتی محدوده بارگذاری به عنوان بارهای خارج از حدود بارهای اعمالی در ضمن آزمایش نمونه نباید بیان شود.

۵-۱-۳-۶- بار نشان داده شده ماشین آزمایش نباید توسط کالیبراسیون یا با استفاده از برنامه کالیبراسیون جهت بدست آوردن مقادیر در حدود تغییرات مجاز لازم اصلاح شود.

۵-۲- ماشین آزمایش باید به دو بلوک فولادی تکیه گاهی با سطح سخت (توجه ۴) مجهز باشد. فک فوقانی باید دارای یک قسمت کروی به عنوان نشیمن بوده و فک دیگر که نمونه روی آن قرار می گیرد باید یک بلوک توپر باشد. سطوح تکیه گاهی بلوک باید ابعادی حداقل ۳ درصد بزرگتر از قطر نمونه مورد آزمایش داشته باشد. به جز برای دوایر متحدالمرکز توصیف شده در زیر، سطوح تکیه گاهی از صفحه ای بودن نباید بیش از ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلی متر) در بلوک ۶ اینچ (۱۵۲ میلی متر) یا قطر ۶ اینچ یا بزرگتر انحراف داشته باشد و بلوکهای جدید با نصف این رواداری ساخته می شوند. وقتی که قطر سطح تکیه گاهی دایره ای که روی بلوک می نشیند از قطر نمونه بیش از ۰/۵ اینچ (۱۳ میلی متر) بزرگتر باشد، دوایر متحدالمرکز با عمق کمتر از $\frac{1}{33}$ اینچ (۰/۸ میلی متر) و عرض کمتر از $\frac{3}{64}$ اینچ (۱/۲ میلی متر) باید نشانده شود تا هم مرکز شدن صحیح را آسان نماید

توجه ۴- سطوح تکیه گاهی بلوکها برای آزمایش فشاری بتن با سختی را کول بیش از HRC ۵۵ مناسب می باشند.

۵-۲-۱- بلوک تکیه گاهی زیرین باید شرایط زیر را دارا باشد:

۵-۲-۱-۱- بلوک تکیه گاهی برای ایجاد یک سطح ماشین کاری شده صاف و تأمین شرایط مشخص شده برای سطح تماس دستگاه فشار و نمونه به کار برده می شود. (توجه ۵) سطوح بالایی و پایینی باید موازی هم باشند. بلوک تکیه گاهی می تواند به فک دستگاه آزمایش بسته شود. ابعاد افقی صفحه حداقل باید ۳ درصد بزرگتر از قطر نمونه مورد آزمایش باشد. دوایر متحدالمرکز توصیف شده در بند ۵-۲ روی بلوک پایینی اختیاری هستند.

۵-۲-۱-۲- مرکزی بودن بلوک تکیه گاهی باید با توجه به بلوک فوقانی کروی انجام شود. وقتی که بلوک تکیه گاهی تحتانی در هم مرکز نمودن نمونه استفاده می شود، مرکز حلقه های متحدالمرکز، وقتی ایجاد می شود که مرکز بلوک خودش مستقیماً زیر مرکز سرکروی باشد. شرایطی باید روی فک ماشین جهت اطمینان از این موقعیت ساخته شود.

۵-۲-۱-۳- بلوک تکیه گاهی تحتانی در صورتی که نواست باید حداقل به ضخامت ۱ اینچ (۲۵ میلی متر)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

و پس از مدتی استفاده، سطح صحنه سنگ زده شده حداقل ۰/۹ اینچ (۲۲/۵ میلیمتر) باشد.
توجه ۵- اگر سطح فک ماشین آزمایش صاف باشد و شرایط مناسب برای سطح تماس را حائز باشد، نیاز به استفاده از بلوک تکیه گاهی نیست.

۵-۲-۲- بلوک تکیه گاهی که نشیمن کروی دارد باید شرایط زیر را دارا باشد:

۵-۲-۲-۱- حداکثر قطر سطح تکیه گاه بلوک نشیمن کروی معلق نباید از مقادیر زیر تجاوز کند:

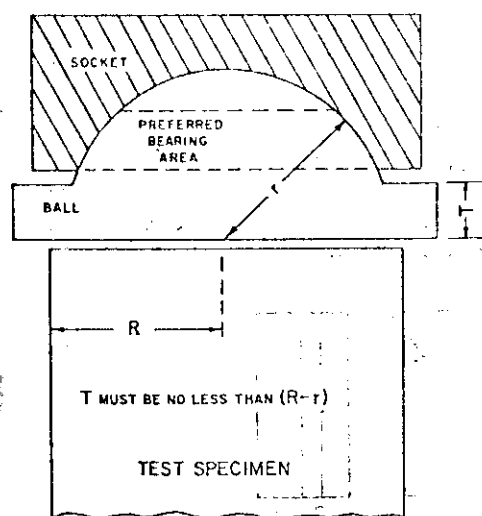
قطر نمونه آزمایش (اینچ (میلیمتر))	حداکثر قطر سطح تکیه گاه (اینچ (میلیمتر))
۲ (۵۱)	۴ (۱۰۲)
۳ (۷۶)	۵ (۱۲۷)
۴ (۱۰۲)	۶/۵ (۱۶۵)
۶ (۱۵۲)	۱۰ (۲۵۴)
۸ (۲۰۳)	۱۱ (۲۷۹)

توجه ۶- سطوح تکیه گاهی مربعی مجاز است در صورتی که قطری بزرگتر از قطر دایره نشانده شده ایجاد ننماید.

۵-۲-۲- مرکز کره باید در داخل سطح تکیه گاهی در محدوده ± 5 درصد شعاع کره قرار بگیرد. قطر کره باید حداقل ۷۵ درصد قطر نمونه مورد آزمایش باشد.

۵-۲-۳- کره و نشیمن کاسه ای آن باید طوری ساخته شده باشند که فولاد در تماس سطوح با هم تحت بارهای تا ۱۲۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۸۲/۷ مگاپاسکال) و استفاده مکرر تغییر شکل دائمی ندهد.

توجه ۷- سطح تماس ترجیحی به شکل یک حلقه مطابق با شکل ۱ می باشد (به عنوان سطح تکیه گاهی برتر توصیف شده است).



توجه - باید اطمینان از نگهداشتن کره در نشیمن کاسه‌ای و نگهداری واحد کامل در دستگاه آزمایش حاصل شود.

شکل ۱ نمونه‌ای از بلوک تکیه گاهی کروی

۵-۲-۲-۴- سطوح منحنی نشیمن کاسه‌ای و قسمت کروی باید تمیز نگه داشته شوند و با روغنهای نفتی مانند روغن موتور معمولی روغنکاری گردند و از گریس که از نوع روغنهای فشاری است نباید استفاده شود. بعد از تماس نمونه و اعمال بار اولیه کوچک، یک برکردن بلوک نشیمنگاه کروی قابل قبول نیست.

۵-۲-۲-۵- اگر شعاع کره کوچکتر از شعاع بزرگترین نمونه مورد آزمایش باشد، نباید ضخامت قسمتی از سطح تکیه‌گاه که صاف و غیرکروی است کوچکتر از تفاوت بین شعاع کره و شعاع نمونه باشد. حداقل اندازه سطح تکیه‌گاه باید حداقل به اندازه قطر کره باشد. (شکل ۱ را ملاحظه نمایید).

۵-۲-۲-۶- قسمت متحرک بلوک تکیه‌گاهی باید در نزدیکی نشیمن کروی قرار بگیرد، اما سطح تکیه‌گاهی باید طوری طرح شده باشد که بتواند آزادانه دوران کرده و حداقل در هر جهت ۴ درجه کج شود.

۵-۳- تعیین بار:

۵-۳-۱- اگر بار ماشین فشار که برای آزمایش بتن به کار برده می‌شود روی یک صفحه مدرج گرد نشان داده شود، این صفحه باید با دقت ۰/۱ درصد کل باری که صفحه برای آن مدرج شده قابل قرائت باشد. (توجه ۸) که صفحه مدرج باید در هر دامنه بارگذاری با دقت ۱ درصد باری که دستگاه نشان می‌دهد، قابل قرائت باشد. در هیچ حالتی نباید محدوده بارگذاری صفحه مدرج شامل بارهایی زیر مقدار ۱۰۰ برابر کوچکترین تغییر باری که می‌تواند روی خط کش قرائت شود، باشد. خط کش می‌تواند با خط مدرجی برابر با صفر و چنین شماره گذاریهایی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

باشد. طول عقربه دستگاه باید کافی باشد به طوری که به علائم درجات روی دستگاه برسد. عرض عقربه نباید از فاصله خالی بین کوچکترین تقسیمات تجاوز کند. صفحه مدرج باید مجهز به یک پیچ مخصوص تنظیم صفر باشد که از خارج صفحه قابل دسترسی باشد، همچنین باید به یک وسیله مناسب که تا استفاده مجدد از دستگاه حداکثر بار اعمال شده در بارگذاری گذشته را با دقت ۱ درصد ضبط نماید، مجهز باشد.

توجه ۸- تا حد قابل قبولی قرائت $\frac{1}{50}$ اینچ (۰/۵ میلیمتر) توسط عقربه در امتداد کمان توصیف شده در نظر گرفته می شود. همچنین نصف فاصله تقسیمات تا حدود قابل قبولی وقتی که فاصله مکانیزم نشانگر بار بین $\frac{1}{25}$ اینچ (۱ میلیمتر) و $\frac{1}{16}$ اینچ (۱/۶ میلیمتر) می باشد می تواند قرائت شود، با دلایل خاص $\frac{1}{3}$ فاصله تقسیمات می تواند قرائت شود.

۵-۳-۲- اگر ماشین آزمایش بارگذاری از نوع دیجیتالی است، باید صفحه نمایش اعداد به اندازه کافی بزرگ باشد تا بسادگی بتوان قرائت نمود. افزایش اعداد باید کمتر یا مساوی ۱/۰ درصد کل باری که دستگاه در هر دامنه بارگذاری نشان می دهد، باشد. در هیچ حالتی محدوده بارگذاری نباید شامل بارهایی کمتر از حداقل افزایش اعداد ضربدر ۱۰۰ باشد. دقت بار مشخص شده باید در هر دامنه بارگذاری حداقل ۱ درصد عددی که دستگاه نشان می دهد، باشد. پیش بینی مناسبی برای تنظیم صفر در بار صفر باید انجام شده باشد. دستگاه باید طوری ساخته شده باشد که بتواند حداکثر بار اعمال شده به نمونه را تا استفاده مجدد از آن با دقت ۱ درصد حداکثر بار اعمال شده ضبط نماید.

۶- نمونه ها

۶-۱- اگر قطر نمونه ها در یک قسمت بیش از ۲ درصد با قطر آن در هر قسمت دیگر تفاوت داشته باشد نباید آنها را مورد آزمایش قرار داد.

توجه ۹- این مسئله زمانی رخ می دهد که یک قالب فرسوده یا تغییر شکل یافته در ضمن حمل استفاده می کنند، وقتی که یک قالب انعطاف پذیر استفاده شود که در ضمن قالب گیری تغییر شکل بدهد یا وقتی که یک مغزه حفاری شده در ضمن حفاری تغییر مکان دهد یا کج شود.

۶-۲- ته نمونه های آزمایش فشاری نباید از امتداد عمود بر محور آن بیش از ۰/۵ درجه انحراف داشته باشد. (تقریباً معادل با $\frac{1}{8}$ اینچ در ۱۲ اینچ (۳ میلیمتر در ۳۰۰ میلیمتر)). در صورتی که دو انتهای نمونه های آزمایش فشاری بیش از ۰/۰۲ اینچ (۰/۵۰ میلیمتر) ناصاف باشد، باید مطابق با دستورالعمل ۶۱۷ C اندود شود با سطوح آن سمباده زده شود تا رواداری مجاز را شامل گردد. قطر نمونه که برای محاسبه سطح مقطع آن بکار برده می شود باید با دقت ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیمتر) تعیین گردد. قطر نمونه را از میانگین گیری مقادیر اندازه گیری شده در وسط ارتفاع نمونه و در دو امتداد عمود بر هم تعیین می کنند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶-۳- تعداد نمونه‌های استوانه‌ای که قطر متوسط آنها اندازه‌گیری می‌شود را می‌توان به یک نمونه در هر ده نمونه یا سه نمونه در روز کاهش داد. حتی اگر همه نمونه‌ها با یک قالب یا تعدادی قالب که مورد استفاده مجدد قرار می‌گیرند به طور پیوسته ساخته می‌شوند و خطای میانگین قطرها در حدود ۰/۰۲٪ اینچ (۰/۵۱ میلی‌متر) می‌باشد، می‌توان تعداد نمونه‌هایی که قطر آنها اندازه‌گیری می‌شود را بسیار کاهش داد. در صورتی که قطر میانگین در محدوده ۰/۰۲٪ اینچ قرار نمی‌گیرد یا وقتی که نمونه‌ها با قالبهای مختلف ساخته می‌شود باید قطر همه نمونه‌های مورد آزمایش تک تک اندازه‌گیری شده و مقادیر مربوط به هر یک در محاسبه مقاومت فشاری استفاده شود. در صورتی که قطرهای کمتری اندازه‌گیری شود، سطح مقطع عرضی نمونه‌های آزمایش شده در آن روز باید از میانگین قطر، حداقل سه نمونه یا بیشتر که از نمونه‌هایی که به عنوان نماینده یک گروه نمونه در یک روز اندازه‌گیری شده، محاسبه گردد.

۶-۴- وقتی که نسبت طول به قطر نمونه کمتر از ۱/۸ یا بیش از ۲/۲ باشد یا وقتی حجم استوانه از اندازه‌گیری ابعاد آن تعیین می‌گردد، باید طول آن با دقت ۰/۰۵٪ قطر اندازه‌گیری شود.

۷- روش آزمایش

۷-۱- آزمایشهای فشاری نمونه‌هایی که تحت رطوبت عمل آورده شده‌اند باید هرچه زودتر بعد از بیرون آوردن از اتاق رطوبت انجام شود.

۷-۲- نمونه‌های آزمایش باید در فاصله‌ای که از اتاق رطوبت خارج می‌شوند تا انجام آزمایش به یک روش ساده مرطوب نگه داشته شوند. نمونه‌ها باید در شرایط مرطوب مورد آزمایش قرار گیرند.

۷-۳- دامنه مجاز تغییرات زمان شکستن نمونه‌هایی که باید در سن مشخصی شکسته شوند به شرح زیر است:

دامنه تغییرات مجاز	سن آزمایش
۰/۵ ± ساعت یا ۲/۱ درصد	۲۴ ساعت
۲ ساعت یا ۲/۸ درصد	۳ روز
۶ ساعت یا ۳/۶ درصد	۷ روز
۲۰ ساعت یا ۳ درصد	۲۸ روز
۲ روز یا ۲/۲ درصد	۹۰ روز

۷-۴- قرار دادن نمونه - بلوک تکیه‌گاهی پایینی از طرف روی سخت شده آن به طرف بالا در جای خود قرار دهید. سطوح تکیه‌گاهی بالایی و بلوکهای تکیه‌گاهی پایین و نمونه را تمیز نموده و نمونه آزمایش را روی بلوک تکیه‌گاهی پایینی قرار دهید. با دقت محور نمونه و مرکز بلوک تکیه‌گاهی را که نشیمن کروی دارد هم امتداد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نمایند. همانطوری که بلوک تکیه گاهی کروی روی نمونه پایین آورده می شود، قسمت متحرک را با دست بچرخانید بطوری که جای گیری بکنواختی حاصل شود.

۷-۵- سرعت بارگذاری - بار را بدون تغییرات ناگهانی و بصورت پیوسته اعمال کنید.

۷-۵-۱- فک متحرک ماشینهای آزمایشی که از نوع پیچی هستند باید وقتی که ماشین هنوز با نمونه تماس پیدا نکرده اند تقریباً با سرعت ۰/۰۵ اینچ در دقیقه (۱/۳ میلیمتر در دقیقه) حرکت کند. سرعت بارگذاری ماشینهایی که از نوع هیدرولیکی هستند سرعت حرکت (حرکت صفحه پهن به سوی میل اندازه گیری) باید متناظر با سرعت بارگذاری روی نمونه ها در حدود ۲۰ تا ۵۰ پوند بر اینچ مربع بر ثانیه (۰/۱۲ تا ۰/۳۴ مگاپاسکال در ثانیه) باشد. سرعت بارگذاری مشخص شده باید حداقل در محدوده نصف بار پیش بینی شده نگهداشته شود.

۷-۵-۲- در ضمن اعمال اولین نیمه بارگذاری پیش بینی شده، سرعت بارگذاری بزرگتری مجاز شمرده می شود.

۷-۵-۳- وقتی که نمونه به سرعت بلافاصله قبل از گسیختگی به حد تسلیم رسیده است نباید هیچ تغییری در سرعت بارگذاری داده شود.

۷-۶- بارگذاری را تا زمانی که نمونه شکست بخورد ادامه دهید و حداکثر باری را که نمونه تحمل می کند، ثبت کنید. به نوع شکست ظاهری بتن نیز توجه نمایید.

۸- محاسبات

۸-۱- مقاومت فشاری نمونه از تقسیم حداکثر بار اعمال شده بر نمونه به سطح مقطع عرضی میانگین تعیین می گردد. همانطور که در بخش ۶ گفته شد نتیجه باید با دقت ۱۰ پوند بر اینچ مربع (۶۹ کیلو پاسکال) بیان گردد.

۸-۲- اگر نسبت طول به قطر نمونه کمتر از ۱/۸ است، نتیجه بدست آمده در بند ۸-۱ را با اعمال ضرایب تصحیح مناسب که در جدول زیر نشان داده شده است اصلاح کنید:

$$\frac{L}{D} : \quad 1/75 \quad 1/5 \quad 1/25 \quad 1/100$$

ضریب: ۰/۹۸ ۰/۹۶ ۰/۹۳ ۰/۸۷ (توجه ۱۰)

توجه ۱۰- این ضرائب تصحیح را می توان برای بتن سبک با وزنی بین ۱۰۰ و ۱۲۰ پوند بر فوت مکعب (۱۶۰۰ و ۱۹۲۰ کیلوگرم بر متر مکعب) و بتن با وزن معمولی به کار برد. این ضرائب برای بتن خشک یا خیس شده در زمان بارگذاری قابل استفاده می باشد. مقادیری که در جدول نمی باشد باید از درون یابی تعیین شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ضرایب تصحیح برای بتن‌های با مقاومت اسمی از ۲۰۰۰ تا ۶۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۱۳/۸ تا ۴۱/۴ مگاپاسکال) قابل استفاده است.

۹- گزارش

۹-۱-۱- اطلاعات زیر را گزارش نمایید:

۹-۱-۱- شماره نمونه،

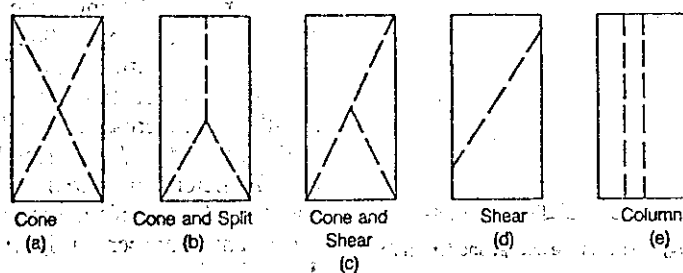
۹-۱-۲- قطر (و طول در صورتی که خارج از دامنه $D/8$ تا $D/2$ باشد) برحسب اینچ یا میلی‌متر،

۹-۱-۳- سطح مقطع عرضی نمونه برحسب اینچ مربع یا سانتیمتر مربع،

۹-۱-۴- حداکثر بار اعمال شده به نمونه برحسب پوند نیرو یا نیوتن،

۹-۱-۵- مقاومت فشاری محاسبه شده با دقت ۱۰ پوند بر اینچ مربع یا ۶۹ کیلو پاسکال،

۹-۱-۶- نوع شکست در صورتی که از نوع مخروطی نباشد (شکل ۲ را ببینید)



شکل ۲- انواع حالت‌های شکست

۹-۱-۷- عیوب نمونه یا اندودها، و

۹-۱-۸- سن نمونه،

۱۰- دقت و انحراف

۱۰-۱- دقت - دقت آزمایش‌کننده تکی نمونه‌های ۶ در ۱۲ اینچ (۱۵۰ در ۳۰۰ میلی‌متر) که از نمونه بتن

خوب مخلوط شده که در محیط آزمایشگاه و تحت شرایط صحرائی طبیعی ساخته شده داده شده است (بند

۱۰-۱-۱ را ببینید).

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تغییرات قابل قبول (A)		ضریب پراکنندگی	
۳ سری نتایج	۲ سری نتایج		
۷/۸ درصد	۶/۶ درصد	۲/۳۷ درصد	آزمایش کننده تکی
۹/۵ درصد	۸/۰ درصد	۲/۸۷ درصد	شرایط آزمایشگاهی
			شرایط صحرائی

(A) اعداد نشان داده شده بترتیب محدودهای (1 S) و (d₂S) می باشد که در دستورالعمل C ۶۷۰ توصیف شده است.

۱۰-۱-۱ - مقادیر داده شده برای نمونه های ۶ در ۱۲ اینچ (۱۵۰ در ۳۰۰ میلیمتر) با مقاومت فشاری بین ۲۰۰۰ و ۸۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۱۲ تا ۵۵ مگاپاسکال) قابل استفاده است. این مقادیر از اطلاعات نمونه مرجع بتن CCRL برای شرایط آزمایشگاهی و پرونده گزارشات آزمایش ۱۲۶۵ از آزمایشهای آزمایشگاهی تجارتنی در سال ۱۹۷۸ بدست آمده است.

توجه ۱۱ - کمیته فرعی C ۰۹ / ۰۳ / ۰۱ اخیراً اطلاعات برنامه نمونه مرجع بتن CCRL آزمون مجدد خواهد نمود و اطلاعات آزمایش صحرائی برای مشخص نمودن اینکه این مقادیر نماینده دستورالعمل جاری هستند و اگر می توانند تعمیم داده شوند تا محدوده وسیعتری از مقاومتها و اندازه های نمونه را شامل شود.

۱۰-۲ - انحراف - از آنجائی که مصالح مرجع مورد قبولی وجود ندارد، هیچ بیانی روی انحراف این روش آزمایش داده نشده است.

« روش استاندارد اخذ نمونه‌های مغزه و تیرهای منشوری و آزمایش آنها »

ASTM – C۴۲ - ۰۴

۱- هدف

۱-۱- این استاندارد روشهای اخذ، آماده سازی و آزمایش مغزه‌های بتن بمنظور تعیین طول، تعیین مقاومت فشاری و مقاومت کششی غیر مستقیم و همچنین تهیه تیرهای منشوری با روش آره بتن برای تعیین مقاومت خمشی را بیان می‌کند.

۱-۲- مقادیر بیان شده بر حسب هر یک از واحدهای اینچ - پوند و SI بایستی بطور جداگانه به عنوان مقادیر استاندارد در نظر گرفته شوند. واحدهای SI در داخل کروشه آورده شده‌اند. مقادیر بیان شده در هر یک از واحدها ممکن است دقیقاً برابر نباشند. بنابراین هر کدام از سیستمها بایستی بطور جداگانه مورد استفاده قرار گیرند. ترکیب مقادیر دو سیستم مختلف با یکدیگر می‌تواند مقادیر متفاوت با مقادیر ذکر شده در این استاندارد را ارائه دهد.

۱-۳- در متن این استاندارد به اسناد و پاورقی‌هایی اشاره شده است که توضیحاتی درخصوص مواد و مصالح در آنها آمده است. این اسناد و پاورقی‌ها (به جز آنهایی که در جداول و شکل‌ها ذکر شده‌اند) بایستی جزو الزامات این استاندارد محسوب شوند.

۱-۴- در این استاندارد به همه موارد ایمنی که هنگام استفاده از این استاندارد بایستی مد نظر قرار گیرد اشاره نشده است. استفاده کننده از این استاندارد باید دستورالعمل‌های ایمنی و حفاظتی را تهیه و محدودیتهای کاربردی آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- منابع مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C۳۹ روش آزمایش تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن

C۷۸ روش آزمایش تعیین مقاومت خمشی بتن (به روش تیر ساده و بارگذاری سه نقطه‌ای)

C۱۷۴ روش اندازه‌گیری طول نمونه‌های مغزه بتن

C۴۹۶ روش آزمایش تعیین مقاومت کششی غیر مستقیم نمونه‌های استوانه‌ای بتن

C۶۱۷ دستورالعمل کلاهدک گذاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن

C۶۴۲ روش تعیین دانسیته، جذب آب و فضای خالی بتن سخت شده

C۶۷۰ دستورالعمل برآورد وضعیت دقت و خطا برای روشهای آزمایشات مصالح ساختمانی

C۸۲۳ دستورالعمل بررسی و نمونه برداری از بتن سخت شده در ساختمانها

C۱۲۳۱ دستورالعمل استفاده از اندوذهای غیر چسبنده بمنظور کلاهدک گذاری نمونه های استوانه ای بتن سخت شده هنگام تعیین مقاومت فشاری آنها

۲-۲- استاندارد ACI:

۳۱۸ آیین نامه ساختمانی الزامات بتن های سازه ای

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- در این استاندارد روشهای استاندارد اخذ نمونه از بتن سخت شده در محل بمنظور انجام آزمایشهای تعیین مقاومت فشاری، تعیین مقاومت کششی غیر مستقیم (آزمایش دو نیم شدن) و تعیین مقاومت خمشی آورده شده است.

۳-۲- عموماً نمونه های مغزه هنگامی اخذ می شوند که به کیفیت بتن بدلیل پایین بودن مقاومت فشاری بتن اجرا شده و یا بدلیل مشاهده علائم خطر ساز در سازه تردید وجود داشته باشد. یکی دیگر از موارد کاربرد این روش، ارزیابی مقاومت ساختمانهای قدیمی می باشد.

۳-۳- مقاومت بتن در سازه تحت تاثیر محل قرارگیری آن در اعضای سازه ای است بطوریکه بتن موجود در قسمت پایین عضو مربوطه در مقایسه با بتن موجود در قسمت بالای آن مقاومت بیشتری نشان می دهد. همچنین مقاومت نمونه های مغزه تحت تاثیر جهت مغزه گیری باتوجه به نحوه قرارگیری عضو در پلان افقی سازه قرار دارد. بطوریکه نمونه های مغزه ای که در جهت موازی با پلان افقی اخذ شده اند، مقاومت کمتری نشان می دهند. این عوامل بایستی هنگام تصمیم گیری جهت انتخاب محل های نمونه گیری و همچنین هنگام قضاوت در خصوص نتایج مقاومت های بدست آمده مد نظر قرار گیرند.

۳-۴- همچنین مقاومتی که از آزمایش مغزه ها و تیرهای منشوری بدست می آید تحت تاثیر مقدار و نحوه توزیع رطوبت در نمونه به هنگام آزمایش، قرار دارد. هیچ دستورالعمل استانداردی وجود ندارد که حالت نمونه را طوری وضع کند که اطمینان یابیم رطوبت نمونه در هنگام آزمایش همانند رطوبت بتن موجود در سازه باشد. هدف از روشهایی که برای تنظیم رطوبت نمونه که در این استاندارد ذکر شده اند این است که با بازسازی رطوبت نمونه، هرگونه اختلاف آزمایش های انجام شده در یک آزمایشگاه و چند آزمایشگاه که ناشی از تاثیر رطوبت اعمال شده به نمونه در طی مراحل آماده سازی آن می باشد، به حداقل برسد.

۳-۵- هیچ رابطه کلی بین مقاومت فشاری نمونه‌های مغزه و مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای که در شرایط استاندارد عمل‌آوری شده‌اند، وجود ندارد. رابطه بین مقاومت فشاری نمونه‌های مغزه و نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد تحت تاثیر رده مقاومتی بتن، شرایط دما و رطوبت محیط و خصوصیات کسب مقاومت بتن قرار دارد. به تجربه می‌توان گفت که مقاومت نمونه‌های مغزه عموماً ۸۵ درصد مقاومت نمونه‌های استوانه‌ای عمل‌آوری شده در شرایط استاندارد می‌باشد. ولی این امر برای هر شرایطی صادق نیست. معیارهای پذیرش مقاومت نمونه‌های مغزه، توسط متقاضی آزمایش معین خواهد شد. معیار پذیرش مقاومت نمونه‌های مغزه برای ساختمانهای جدید در آیین نامه ACI-۳۱۸ آورده شده است.

۴- لوازم

۴-۱- **متنه مغزه‌گیری** - از سرمتنه الماسه متصل به یک لوله مغزه‌گیر تشکیل شده است و برای اخذ نمونه‌های مغزه استوانه‌ای بکار می‌رود.

۴-۲- **اره** - برای بریدن نمونه‌های تیری با اندازه مناسب جهت آزمایش‌های مقاومت خمشی، بریدن و صاف کردن انتهای نمونه‌های مغزه بکار می‌رود. لبه‌های برنده اره باید از جنس الماسه یا کاربید سیلیکون بوده که قابلیت بریدن نمونه‌ها با ابعاد مورد نظر را داشته بطوریکه مانع گرم شدن بیش از حد نمونه و یا وارد آمدن شوک به نمونه شود.

۵- نمونه‌برداری

۵-۱- شرایط عمومی

۵-۱-۱- بتن سخت شده که برای آزمایش تعیین مقاومت مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی به مقاومت کافی رسیده باشند بطوریکه بتوان نمونه‌ها را بدون دست خوردگی و از بین رفتن اتصال بین مصالح سنگی درشت دانه و ملات، از محل خارج ساخت (یادآوری ۱ و ۲ را ببینید). نمونه‌هایی که در حین خارج ساختن آسیب می‌بینند نباید مورد استفاده قرار گیرند. مگر در صورتیکه پس از جدا کردن قسمت‌های آسیب دیده، طول نمونه به اندازه مناسب باشد (بند ۷-۲ را ببینید). نمونه‌های معیوب یا آسیب دیده‌ای که انجام آزمایش برای آنها مقدور نبوده است را همراه با دلیل عدم استفاده نمونه گزارش نمایید.

یادآوری ۱- در دستورالعمل C۸۲۳ راهنمایی در خصوص نحوه نمونه‌برداری از بتن ساختمانها ارائه شده است.

یادآوری ۲- بدلیل اینکه مقاومت در هر سنی به شرایط عمل‌آوری و ورده مقاومتی بتن بستگی دارد لذا مشخص نمودن حداقل سنی که بتن مقاومت کافی داشته باشد بطوریکه در طی خارج ساختن نمونه از آن آسیب نبیند امکان پذیر نیست. با این وجود در صورتیکه زمان اجازه می‌دهد نباید قبل از اینکه بتن به سن ۱۴ روزه برسد از آن نمونه‌برداری شود. اگر این امر عملی نباشد در صورتی می‌توان نسبت به اخذ نمونه از بتن سخت شده اقدام کرد که در سطوح بریده شده، فرسایش و ریزش

ملات و نمایان شدن مصالح سنگی درشت دانه به چشم نخورد و مصالح درشت دانه بطور محکم توسط ملات در بر گرفته شده باشند. قبل از اقدام به مغزه گیری می توان از آزمایشهای درجا جهت برآورد میزان مقاومت بتن استفاده کرد.

۵-۱-۲- از نمونه‌هایی که دارای آرماتور هستند نباید در تعیین مقاومت فشاری، مقاومت کششی غیر مستقیم و مقاومت خمشی استفاده کرد.

۵-۲- مغزه گیری - مغزه بایستی عمود بر سطح و به دور از درزه‌ها و لبه‌ها اخذ شود. زاویه تقریبی بین محور طولی مغزه و صفحه افقی بتن را یادداشت و گزارش نمایید. نمونه‌هایی که عمود بر سطوح عمودی اخذ می‌شوند، در صورت امکان بایستی از وسط محل مورد نظر اخذ شوند.

۵-۳- جدا کردن قطعات بتنی - یک قطعه بتنی را به اندازه مناسب جدا کنید بطوریکه نمونه‌هایی بدون ترک و خرد شدن در اثر بریدن و یا سایر آسیب‌ها برای آزمایش از آن بدست آید.

نمونه‌های مغزه گیری شده

۶- اندازه گیری طول نمونه‌های مغزه گیری شده

۶-۱- مغزه‌هایی که از آنها جهت تعیین ضخامت روسازی و کف سازی، ضخامت دال و یا سایر اعضای سازه‌ای استفاده می‌شود (در صورتی که قرار باشد طول آنها براساس استاندارد C174 اندازه گیری شود) باید دارای قطری حداقل برابر با $3/75 \text{ in}$ [95 mm] باشند.

۶-۲- برای مغزه‌هایی که قرار نیست از طریق آنها ابعاد اعضای سازه‌ای تعیین شود، بلندترین و کوتاهترین طول مغزه را به موازات محور طولی آن اندازه گرفته و میانگین این دو مقدار را با دقت $1/4 \text{ in}$ [5 mm] ثبت کنید.

۷- مغزه‌های مورد استفاده برای آزمایش تعیین مقاومت فشاری

۷-۱- قطر - قطر نمونه‌های مغزه‌ای که از آنها برای تعیین مقاومت فشاری اعضای سازه‌ای برابر استفاده می‌شود باید حداقل $3/70 \text{ in}$ [94 mm] باشد. برای اعضای سازه‌ای غیر برابر و یا هنگامی که اخذ نمونه‌های مغزه با نسبت طول به قطر $(\frac{L}{D})$ بزرگتر یا مساوی یک امکان پذیر نباشد قطر نمونه مغزه کمتر از $3/70 \text{ in}$ [94 mm] ممنوع نشده است (یادآوری ۳ را ببینید). برای بتن‌هایی که حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های آن بزرگتر یا مساوی $1/4 \text{ in}$ [37/5 mm] باشد قطر نمونه‌های مغزه باید مطابق نظر متقاضی باشد (یادآوری ۴ را ببینید).

یادآوری ۳- مقاومت فشاری مغزه‌هایی با قطر ۲ in [۵۰ mm] تا حدی کمتر و دارای پراکندگی بیشتری نسبت به مغزه‌های با قطر ۴ in [۱۰۰ mm] می‌باشد. به علاوه مغزه‌های با قطر کمتر در مقابل تاثیر نسبت طول به قطر حساس‌تر هستند.

یادآوری ۴- بهتر است حداقل قطر نمونه‌های مغزه سه برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت باشد. ولی در هر صورت قطر نمونه‌های مغزه نباید از دو برابر حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌های درشت موجود کمتر باشد.

۲-۷- طول - نسبت طول به قطر نمونه‌های مغزه ($\frac{L}{D}$) بعد از کپینگ (کلاهدک گذاری) ترجیحاً باید بین ۱/۹ الی ۲/۱ باشد. اگر نسبت طول به قطر مغزه‌ها از ۲/۱ تجاوز کند، طول نمونه را طوری کاهش دهید که این نسبت در محدوده ۱/۹ الی ۲/۱ قرار گیرد. اگر نسبت طول به قطر مغزه‌ها از ۱/۷۵ کمتر باشد مقاومت فشاری بدست آمده بایستی تصحیح شود. (بند ۷-۹-۱ را ببینید) برای نمونه‌هایی که نسبت طول به قطرشان بزرگتر از ۱/۷۵ باشد تصحیح مقاومت لازم نیست. مغزه‌ای که بزرگترین طول آن از ۹۵ درصد قطرش قبل از کپینگ و یا طول آن کمتر از قطرش بعد از کپینگ باشد نباید آزمایش شود.

۳-۷- وضعیت رطوبتی نمونه‌ها - پس از آنکه نمونه‌ها را از نظر شرایط رطوبتی مطابق روش ذکر شده در این استاندارد یا طبق نظر متقاضی آماده نمودید، آنها را مورد آزمایش قرار دهید. هدف از تنظیم رطوبت نمونه‌ها در این استاندارد، حفظ رطوبت نمونه مغزه و یا بازسازی دوباره آن به گونه‌ای که تاثیر ناشی از تغییر رطوبت نمونه در اثر تماس با آب در حین مغزه‌گیری یا آماده سازی به حداقل برسد.

۳-۷-۱- پس از مغزه‌گیری آب موجود در سطح نمونه را خشک کنید و اجازه دهید باقیمانده آب موجود در سطح نمونه تبخیر شود. وقتی که سطح نمونه در فاصله کمتر از یک ساعت پس از مغزه‌گیری خشک شد، نمونه‌ها را در کیسه‌های پلاستیکی جداگانه و یا ظروف غیر قابل نفوذ قرار داده و آنها را آب‌بندی کنید تا رطوبت آنها از دست نرود. مغزه‌ها را در دمای محیط نگهداری و از تابش مستقیم نور آفتاب دور نگه دارید. تا آنجا که ممکن است نمونه‌ها را سریعاً به آزمایشگاه منتقل کنید. نمونه‌ها را در تمام مدت در کیسه‌های پلاستیکی آب‌بندی شده یا ظروف غیر قابل نفوذ نگهداری کنید. فقط هنگام آماده سازی سر و ته نمونه و کپینگ آن و حداکثر به مدت ۲ ساعت می‌توان نمونه را خارج از ظرف و یا کیسه پلاستیکی قرار داد.

۳-۷-۲- اگر هنگام بریدن یا صاف کردن انتهای نمونه از آب استفاده می‌شود این کارها را در اسرع وقت پس از نمونه‌گیری و در فاصله‌ای کمتر از دو روز انجام دهید. مگر اینکه توسط متقاضی آزمایشات طور دیگری قید شده باشد. پس از آماده سازی سر و ته نمونه، رطوبت سطحی نمونه را پاک کرده و اجازه دهید

سطح آن خشک شود سپس نمونه‌های مغزه را در کیسه‌های پلاستیکی آب‌بندی شده یا ظروف غیر قابل نفوذ قرار دهید. مدت تماس نمونه با آب در هنگام آماده سازی سر و ته آن را به حداقل برسانید.

۷-۳-۳- اجازه دهید نمونه‌های مغزه قبل از آزمایش و پس از آخرین باری که در تماس با رطوبت بوده‌اند به مدت حداقل ۵ روز در داخل کیسه‌های پلاستیکی آب‌بندی شده یا ظروف غیر قابل نفوذ باقی بمانند مگر اینکه توسط متقاضی روش دیگری پیشنهاد شده باشد.

یادآوری ۵- دوره انتظار حداقل ۵ روز به خاطر کاهش گرادیان رطوبتی وارد شده به نمونه در حین مغزه‌گیری یا ابره کردن و یا ساییدن نمونه می‌باشد.

۷-۳-۴- در صورتیکه از دستورالعمل دیگری به غیر از موارد ذکر شده در بندهای ۷-۳-۱، ۷-۳-۲ و ۷-۳-۳ برای تنظیم رطوبت نمونه‌های مغزه استفاده می‌شود، این روش جایگزین را گزارش نمایید.

۷-۴-۴- بریدن سر و ته نمونه‌های مغزه - مطابق استاندارد C۳۹ دو انتهای مغزه‌ای که قرار است آزمایش مقاومت فشاری بر روی آن انجام گیرد بایستی صاف و عمود بر محور طولی نمونه باشد. در صورت نیاز، دو سر نمونه را قبل از کپینگ طوری ببرید که شرایط ذیل را برآورده سازد:

۷-۴-۱- در صورت وجود ناهمواری در سطوح انتهایی نمونه، این ناهمواریها نباید بیش از $0.2 \text{ in } [5 \text{ mm}]$ باشند.

۷-۴-۲- سطوح انتهایی نمونه نباید بیش از $1:8d$ یا $1:10 \text{ } [3d]$ نسبت به محور طولی از حالت عمود بودن انحراف داشته باشند. d قطر میانگین مغزه به اینچ [میلیمتر] می‌باشد.

۷-۵- دانسیته - در صورت درخواست متقاضی، دانسیته نمونه مغزه را با وزن کردن آن قبل از کپینگ و تقسیم آن به حجمی که از قطر و طول میانگین نمونه بدست می‌آید، تعیین کنید. یا به عنوان یک روش دیگر، با استفاده از جرم نمونه در هوا و در آب، دانسیته آنرا بدست آورید (روش ذکر شده در استاندارد C۶۴۲). پس از تعیین وزن نمونه در آب، مطابق بند ۷-۳-۲، نمونه‌ها را خشک کرده و آنها را قبل از آزمایش در کیسه‌های پلاستیکی آب‌بندی شده یا ظروف غیر قابل نفوذ به مدت حداقل ۵ روز نگهداری کنید.

۷-۶- کپینگ - اگر دو سر نمونه‌های مغزه با الزامات عمودی بودن سطح نسبت به محور طولی و مسطح بودن که در استاندارد C۳۹ ذکر شده است مطابقت نداشته باشند، دو سر نمونه بایستی بریده شده یا صاف

شوند و یا مطابق استاندارد C۶۱۷ کپینگ شوند تا با مشخصات ذکر شده مطابقت پیدا کنند. اگر نمونه‌های مغزه مطابق استاندارد C۶۱۷ کپینگ می‌شوند، دستگاه کپینگ بایستی با قطر مغزه متناسب بوده و بتواند کپینگی را که هم محور با دو سر نمونه باشد ایجاد کند. طول نمونه‌های مغزه را قبل از کپینگ با دقت ۰/۱ in [۲ mm] اندازه‌گیری کنید. اندود غیر چسبنده مطابق روش C۱۲۳۱ برای مغزه‌ها مجاز نمی‌باشد.

۷-۷- اندازه‌گیری - قبل از آزمایش، طول نمونه‌های کپینگ شده یا صاف شده را با دقت ۰/۱ in [۲ mm] اندازه‌گیری کرده و از این طول در محاسبه نسبت طول به قطر ($\frac{L}{D}$) استفاده کنید. قطر نمونه را از میانگین دوبار اندازه‌گیری در دو جهت متعامد در وسط طول نمونه بدست آورید. قطر مغزه‌ها را با دقت ۰/۰۱ in [۰/۲ mm] تعیین کنید. اگر اختلاف قطرهای نمونه با یکدیگر بیش از ۲ درصد میانگینشان نباشد در این صورت قطر را با دقت ۰/۱ in [۲ mm] اندازه بگیرید. از مغزه‌هایی که اختلاف بزرگترین و کوچکترین قطرش بیش از ۵ درصد میانگینشان باشد برای آزمایش استفاده نکنید.

۸-۷- آزمایش - آزمایش نمونه‌ها را مطابق استاندارد C۳۹ انجام دهید. نمونه‌ها را حداکثر ۷ روز پس از مغزه‌گیری مورد آزمایش قرار دهید مگر اینکه طور دیگری مشخص شده باشد.

۹-۷- محاسبات - مقاومت فشاری هر نمونه را بر مبنای سطح مقطع عرضی محاسبه شده از میانگین قطر نمونه محاسبه کنید.

۹-۷-۱ - اگر نسبت طول به قطر نمونه ($\frac{L}{D}$) کوچکتر یا مساوی ۱/۷۵ باشد، نتیجه بدست آمده از بند ۷-۹ را با ضرب آن به ضریب تصحیح مناسبی از جدول زیر، تصحیح کنید (یادآوری ۶ را ببینید).

نسبت طول به قطر ($\frac{L}{D}$)	ضریب تصحیح مقاومت
۱/۷۵	۰/۹۸
۱/۵۰	۰/۹۶
۱/۲۵	۰/۹۳
۱/۰۰	۰/۸۷

بمنظور تعیین ضریب تصحیح برای نسبت‌هایی از $\frac{L}{D}$ که در این جدول آورده نشده‌اند، از درون یابی استفاده کنید.

یادآوری ۶- ضرایب تصحیح به عوامل مختلفی از قبیل وضعیت رطوبت نمونه، رده مقاومت و مدول الاستیسیته بستگی دارد. در جدول فوق مقدار میانگینی برای ضریب تصحیح مقاومت به ازاء نسبت‌های مختلف طول به قطر داده شده است. این ضرایب تصحیح برای بتن‌هایی با دانسیته پایین که دانسیته آنها در محدوده $100-120 \text{ lb/ft}^3$ یا $1600-1920 \text{ kg/m}^3$ و بتن‌هایی با دانسیته معمولی اعمال می‌شوند. این ضرایب برای بتن‌های مرطوب و خشک با مقاومت فشاری $2000-6000 \text{ psi}$ [۱۴-۴۲ MPa] قابل اعمال است. نتایج آزمایشات بر روی مغزه‌ها نشان می‌دهد که برای مقاومت‌های بالای 10000 psi [۷۰ MPa] ضرایب تصحیح می‌تواند بزرگتر از مقادیر ذکر شده در جدول بالا باشد.

۱۰-۷- گزارش - نتایج را مطابق مواردی که در استاندارد C۳۹ ذکر شده است به اضافه موارد ذیل گزارش نمایید:

۱-۱۰-۷- ۱- طول نمونه (مغزه) پس از مغزه گیری با دقت $\frac{1}{4}$ in [۵ mm]

۲-۱۰-۷- ۲- طول نمونه قبل و بعد از کپینگ یا صاف کردن دو سر نمونه با دقت 0.1 in [۲ mm] و قطر میانگین مغزه با دقت 0.1 in یا 0.2 mm [۲ mm]

۳-۱۰-۷- ۳- در صورتی که قطر با دقت 0.1 in [۰.۲ mm] اندازه‌گیری شده است، مقاومت فشاری را پس از تصحیح برای نسبت طول به قطر با دقت 10 psi [۰.۱ MPa] و در صورتی که قطر با دقت 0.1 in [۲ mm] اندازه‌گیری شده باشد، مقاومت فشاری را پس از تصحیح با دقت 50 psi [۰.۵ MPa] گزارش نمایید.

۴-۱۰-۷- ۴- جهت اعمال بار با توجه به پلان افقی و نحوه قرارگیری بتن در محل

۵-۱۰-۷- ۵- سابقه شرایط رطوبتی نمونه

۱-۵-۱۰-۷- ۱- تاریخ و زمانی که نمونه مغزه اخذ شده و در داخل کیسه پلاستیکی یا ظرف غیر قابل نفوذ قرار داده شده است.

۲-۵-۱۰-۷- ۲- اگر هنگام آماده کردن سر و ته نمونه از آب استفاده شده است، تاریخ و زمانی که آماده سازی دو سر نمونه تمام شده و نمونه در داخل کیسه پلاستیکی یا ظرف غیر قابل نفوذ قرار داده شده است.

۶-۱۰-۷- ۶- تاریخ و زمان آزمایش

۷-۱۰-۷- ۷- حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی بتن

۸-۱۰-۷- ۸- دانسیته نمونه (در صورتی که تعیین شده است)

۹-۱۰-۷- ۹- در صورت امکان، توضیحاتی در خصوص نواقص موجود در مغزه‌هایی که امکان انجام آزمایش بر روی آنها مقدور نبوده است، داده شود.

۱۰-۱۰-۱۰- اگر هنگام انجام آزمایش لازم بود تغییراتی در روش آزمایش صورت گیرد این تغییرات را با ذکر علت قید کنید.

۱۱-۷- دقت

۱-۱۱-۷- اینگونه برآورد شده است که ضریب تغییرات برای یک آزمایش کننده در مورد مغزه‌هایی که مقاومت فشاری آنها در محدوده $4500-7000 \text{ psi}$ [$32-48/3 \text{ MPa}$] می‌باشد، $3/2$ درصد باشد. بنابراین نتیجه دو آزمایش که توسط یک اپراتور بصورت صحیح انجام گرفته باشند نباید بیش از ۹ درصد میانگینشان با هم اختلاف داشته باشند.

۲-۱۱-۷- ضریب تغییرات برای چند آزمایشگاه برای مغزه‌هایی که مقاومت فشاری آنها در محدوده $4500-7000 \text{ psi}$ [$32-48/3 \text{ MPa}$] می‌باشد برابر $4/7$ درصد است. بنابراین نتایج دو آزمایش صحیح بر روی نمونه‌های مغزه‌ای که از یک بتن سخت شده اخذ شده‌اند (بدین صورت که نتیجه هر آزمایش از میانگین نتایج دو نمونه مغزه بدست آمده باشد) در دو آزمایشگاه مختلف نباید بیش از ۱۳ درصد میانگینشان با یکدیگر تفاوت داشته باشند.

۱۲-۷- خطا - از آنجا که هیچگونه ماده مرجع مورد قبولی برای تعیین خطای این روش آزمایش وجود ندارد، در خصوص خطا مطلبی ذکر نگردیده است.

۸- نمونه‌های مغزه برای آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم (آزمایش دو نیم شدن)

۱-۸- نمونه‌های آزمایش - نمونه‌های آزمایش باید با الزاماتی که برای ابعاد نمونه در بندهای ۱-۷ ، ۲-۷ ، ۱-۴-۷ و ۲-۴-۷ ذکر شده‌اند مطابقت داشته باشند. دو انتهای نمونه نباید کپینگ شده باشند.

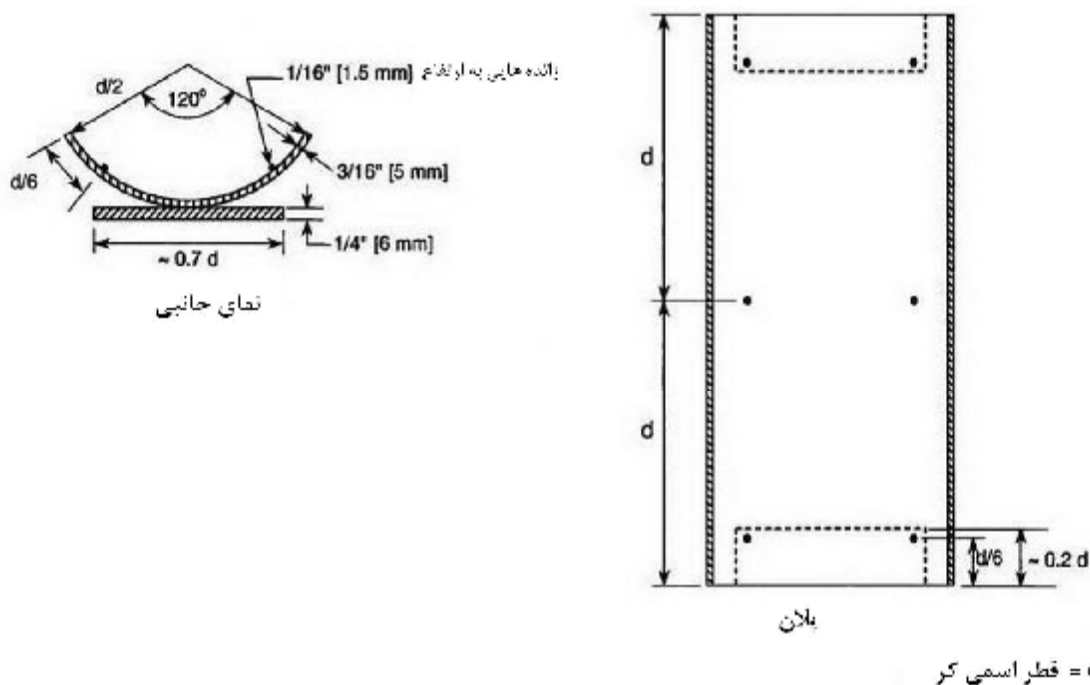
۲-۸- وضعیت رطوبت نمونه - وضعیت رطوبت نمونه باید مطابق بند ۳-۷ یا براساس نظر متقاضی آزمایش باشد.

۳-۸- سطوح بارگذاری - محل تماس بین نمونه و نوارهای بارگذاری بایستی صاف و عاری از هرگونه برآمدگی یا فرورفتگی بیش از $0/01 \text{ in}$ [$0/2 \text{ mm}$] باشد. اگر محل تماس صاف نبوده یا دارای برآمدگی یا فرورفتگی بیش از $0/01 \text{ in}$ [$0/2 \text{ mm}$] باشد نمونه را به گونه‌ای صاف یا کپینگ کنید تا سطوح تماس با الزامات خواسته شده مطابقت پیدا کند. نمونه‌هایی را که برآمدگی یا فرورفتگی آنها بیش از $0/01 \text{ in}$ [$0/2 \text{ mm}$] باشد مورد آزمایش قرار ندهید. در صورتیکه نمونه‌ها کپینگ می‌شوند، ضخامت کپینگ باید تا آنجا که امکان دارد کم باشد. کپینگ با استفاده از اندود گچ با مقاومت بالا انجام شود.

یادآوری ۷- در شکل ۱ وسیله‌ای مناسب برای کپینگ سطوح بارگذاری مغزه‌ها نشان داده شده است.

۴-۸- آزمایش - آزمایش نمونه‌ها براساس استاندارد C۴۹۶ انجام شود.

۵-۸- محاسبات و گزارش - مقاومت کششی غیر مستقیم را مطابق استاندارد C۴۹۶ محاسبه و گزارش نمایید. در صورتیکه ساییدن و یا کپینگ سطوح بارگذاری مورد نیاز باشد قطر نمونه را از سطوح تمام شده، اندازه بگیرید. در گزارش قید کنید که نمونه آزمایش شده بصورت مغزه بوده و سابقه شرایط رطوبتی نمونه را مطابق بند ۷-۱۰-۵ قید نمایید.



شکل ۱ دستگاه کپینگ مناسب برای آزمایش مقاومت کششی غیر مستقیم

۶-۸- دقت

۱-۶-۸- ضریب تغییرات در یک آزمایشگاه برای یک اپراتور در مورد مغزه‌هایی که مقاومت کششی غیر مستقیم آنها در محدوده ۵۲۰-۵۹۰ psi [۳/۶-۴/۱ MPa] می‌باشد، برابر ۵/۳ درصد است. بنابراین نتایج دو آزمایش که بطور صحیح توسط یک نفر در یک آزمایشگاه بر روی نمونه‌های یکسان انجام گرفته باشند، نباید بیش از ۱۴/۹ درصد میانگینشان با هم اختلاف داشته باشند.

۸-۶-۲- ضریب تغییرات برای چند آزمایشگاه برای نمونه‌هایی که مقاومت کششی غیر مستقیم آنها در محدوده ۵۲۰-۵۹۰ psi [۳/۶-۴/۱ MPa] می‌باشد، برابر ۱۵ درصد است. بنابراین نتایج دو آزمایش که بطور صحیح بر روی نمونه‌های یکسان و در دو آزمایشگاه مختلف انجام شده باشند، نباید بیش از ۴۲/۳ درصد میانگینشان با هم اختلاف داشته باشند.

۸-۷- **خطا** - دلیل اینکه ماده مرجع قابل قبولی برای تعیین خطای این آزمایش وجود ندارد، در خصوص خطای این آزمایش موردی ذکر نشده است.

نمونه‌های تیری برای آزمایش تعیین مقاومت خمشی

۹- مقاومت خمشی

۹-۱- **نمونه‌های آزمایش** - در صورتیکه برای ابعاد تیر مقداری ذکر نشده باشد، مقطع عرضی اسمی نمونه‌های تیر برای آزمایش مقاومت خمشی باید ۶×۶ in [۱۵۰×۱۵۰ mm] باشد (یادآوری ۸). طول نمونه‌ها باید حداقل ۲۱ in [۵۳۰ mm] باشد. ولی در صورتیکه قرار باشد دو آزمایش تعیین مقاومت خمشی بر روی یک تیر انجام شود طول نمونه باید حداقل ۳۳ in [۸۴۰ mm] باشد. نمونه‌ها را طوری اهر کنید که بتن بر اثر ضربه و شوک یا گرم شدن، ضعیف نشود. سطوح اهر شده باید صاف، مسطح، موازی با هم و عاری از برآمدگی و شیار باشد. هنگام جابجایی نمونه‌ها مواظب باشید که نمونه‌ها ترک نخورده و یا سنگدانه‌های آن جدا نشوند.

۸- **یادآوری** - خیلی مواقع به خصوص هنگام بریدن نمونه‌های منشوری از دالهای روسازی، عرض نمونه‌ها تابع اندازه سنگدانه‌های درشت و ارتفاع نمونه‌ها تابع ضخامت دال می‌باشد.

۹-۲- **شرایط رطوبتی** - در طول جابجایی و نگهداری نمونه‌ها، با پوشاندن سطح آنها با یک پارچه کتان مرطوب یا ورقه پلاستیکی از تبخیر آب سطوح اهر شده آنها جلوگیری کنید. حداکثر تا ۷ روز پس از اهر کردن نمونه‌ها را مورد آزمایش قرار دهید. نمونه‌ها را به مدت حداقل ۴۰ ساعت قبل از انجام آزمایش مقاومت خمشی، در آب اشباع شده با آهک که دمای آن $73/5 \pm 3/5^{\circ}F$ [$23 \pm 2^{\circ}C$] باشد غوطه‌ور کنید. نمونه‌ها را درست قبل از انجام آزمایش از آب خارج کنید. در فاصله زمانی خارج ساختن نمونه‌ها از آب و انجام آزمایش، با کشیدن یک پارچه خیس بر روی نمونه‌ها، آنها را مرطوب نگه دارید.

۹-۲-۱- در صورتی که متقاضی درخواست نماید که شرایط رطوبتی نمونه‌ها در هنگام آزمایش به غیر از موارد ذکر شده در بند ۹-۲ این استاندارد باشد، در این صورت بایستی مطابق نظر متقاضی عمل شود.

یادآوری ۹- حتی اندکی خشک شدن سطح نمونه های خمشی، سبب ایجاد تنش های کششی در تارهای انتهایی مقطع می شود که به طور قابل ملاحظه ای مقاومت خمشی را کاهش می دهد.

۹-۳- آزمایش - آزمایش نمونه ها را براساس استاندارد C۷۸ انجام دهید.

یادآوری ۱۰- بریدن نمونه ها با اره می تواند مقاومت خمشی را به مقدار زیادی کاهش دهد بنابراین بایستی هنگام آزمایش، در صورت امکان بخش قالب بندی شده تیر (بخشی که اره نشده است) در طرف کششی قرار گیرد. موقعیت قرارگیری سطح کششی نسبت به وضعیت قرارگیری بتن در دستگاه و موقعیت قرارگیری سطوح بریده شده باید گزارش شوند.

۹-۴- گزارش - نتایج را بر طبق استاندارد C۷۸ و همچنین الزامات ذکر شده در این استاندارد شامل شرایط رطوبتی نمونه در هنگام آزمایش گزارش نمایید. سطوح پرداخت شده، اره شده و کششی نمونه را در رابطه با موقعیت آنها در دستگاه آزمایش مشخص نمایید.

۱۰-دقت و خطا

۱۰-۱- دقت - برای بیان وضعیت دقت در مورد مقاومت خمشی اندازه گیری شده با استفاده از آزمایش تیرهای اره شده اطلاعاتی در دسترس نمی باشد.

یادآوری ۱۱- از استفاده کنندگان از این روش دعوت می شود در صورتیکه نتایج آزمایش مشابهی در اختیار دارند که برای بیان تکرار پذیری این روش مناسب باشد با رئیس کمیته فرعی تدوین کننده این استاندارد تماس بگیرند.

۱۰-۲- خطا - از آنجایی که ماده مرجع قابل قبولی برای تعیین خطای این آزمایش وجود ندارد، در خصوص خطای این آزمایش موردی ذکر نشده است.

۱۱- لغات کلیدی

مقاومت فشاری، مغزه گیری از بتن، اره کردن بتن، مقاومت بتن، مقاومت خمشی، مقاومت کششی غیر مستقیم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM: C 109

روش آزمایش استاندارد برای مقاومت فشاری ملاط سیمان هیدرولیک
(با استفاده از نمونه‌های مکعبی ۲ اینچی)

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش برای تعیین مقاومت فشاری ملاط سیمان هیدرولیک در نظر گرفته شده است. نمونه‌ها ۲ اینچ یا ۵۰ میلی‌متر می‌باشند. یادآوری ۱- روش آزمایش C ۳۴۹ روش دیگری برای این تعیین است ولی نمی‌تواند سیمان را قبول یا مردود نماید.

۱-۲- این استاندارد مستلزم مواد، عملیات و وسائل مخاطره‌آمیز است، این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی‌نماید. آزمایش‌کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام موارد ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲- مدارک موجود

۱-۲ استانداردهای ASTM:

C ۲۳۰ مشخصات لازم برای صفحه فلو که در آزمایشات سیمان هیدرولیک بکار می‌رود.

C ۳۰۵ دستورالعمل برای مخلوط کردن مکانیکی خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری.

C ۳۴۹ روش آزمایش برای مقاومت فشاری ملاط سیمان هیدرولیک با استفاده از قطعات شکسته شده مقاومت خمشی.

C ۶۷۰ دستورالعمل برای تهیه گزارشات دقیق آزمایشات مصالح ساختمانی.

C ۷۷۸ مشخصات لازم برای شن استاندارد.

C ۱۰۰۵ مشخصات لازم برای وزنه‌ها و وسائل سنجش وزن که در آزمایشات فیزیکی سیمان هیدرولیک بکار می‌رود.

۳- خلاصه روش آزمایش

۱-۳- ملاط مورد استفاده شامل ۱ قسمت سیمان و ۲/۷۵ قسمت شن استاندارد است (نسبت وزنی می‌باشد). سیمان پرتلند و پرتلند هوازا با نسبت آب به سیمان تعیین شده، مطابق فوق مخلوط می‌گردند. مقدار آب برای انواع دیگر سیمان مقداری است که بتواند فلوی 5 ± 110 میلی‌متر در ۲۵ ضربه صفحه فلو ایجاد نماید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نمونه‌های مکعبی ۲ اینچی یا ۵۰ میلی متری در دو لایه ضربه می‌خورند. مکعب‌ها یک روز در قالب و بعد از زمان آزمایش، در آب آهک عمل می‌آیند.

۴ - اهمیت و کاربرد

۱ - ۴ - این روش آزمایش وسیله‌ای برای تعیین مقاومت فشاری ملاط سیمان هیدرولیک و انواع دیگر ملات می‌باشد و نتایج بدست آمده می‌تواند برای رد یا قبول سیمان با مشخصات استاندارد مقایسه شود. بعلاوه، توسط آزمایشات و مشخصات متعدد دیگری به این روش رجوع داده می‌شود. برای اظهار نظر در مورد مقاومت بتن، با استفاده از این روش، احتیاط نمائید.

۵ - دستگاه

۱ - ۵ - وزنه‌ها و وسایل اندازه‌گیری وزن بر طبق مشخصات C ۱۰۰۵ می‌باشد. وسایل اندازه‌گیری وزن باید تا ۲۰۰۰ گرم صحت داشته باشند.

۲ - ۵ - ظروف مدرج - این ظروف با گنجایش مناسب می‌باشند بطوریکه بتوان حجم مورد نظر آب را در یک نوبت توسط آنها برداشت. حجم آنها، که روی ظرف نوشته شده است در 20°C می‌باشد. انحراف مجاز این ظروف ± 2 میلی لیتر می‌باشد. درجه بندی آنها باید حداقل تا ۵ میلی لیتر تقسیم شده باشد، به استثناء ۱۰ میلی لیتر اول (از پائین) برای ظروف ۲۵۰ میلی لیتری و ۲۵ میلی لیتر اول (از پائین) برای ظروف ۵۰۰ میلی لیتری که حذف می‌شوند. خطوط اصلی درجه بندی‌ها باید بصورت دایره کامل و شماره گذاری شده باشند. درجه بندی‌های کوچک باید $\frac{1}{5}$ و در مورد متوسط $\frac{1}{5}$ دور ظرف امتداد داشته باشد.

۳ - ۵ - قالب‌های نمونه گیری - این قالب‌ها باید دقیقاً مناسب نمونه‌های ۲ اینچی یا ۵۰ میلی متری باشند. قالب‌ها نباید بیش از ۳ خانه داشته باشند و هر قالب باید فقط از دو قطعه تشکیل شده باشد. این دو قطعه وقتی سوار می‌شوند باید یکدیگر را بصورت ثابت و محکم نگهدارند. قالب‌ها از جنس فلز سخت ساخته شده‌اند و نباید توسط ملاط، خورده شوند. جدار آنها باید به اندازه‌ای ضخیم باشد که پیچ و تاب برندارد. سطوح داخلی قالب‌ها باید مسطح باشند که انحراف مجاز آن برای قالب‌های جدید $0.25/0$ میلی متر و برای قالب‌های مورد استفاده $0.5/0$ میلی متر است. فاصله سطوح مقابل در قالب‌های جدید $0.13/0 \pm 50$ میلی متر و در قالب‌های مورد استفاده $0.5/0 \pm 50$ میلی متر است. ارتفاع آنها، که در هر خانه، جداگانه باید اندازه‌گیری شود، برای قالب‌های مورد استفاده $50 \pm \frac{0.25}{38}$ میلی متر می‌باشد. زاویه بین سطوح مجاور داخلی و بین سطوح مجاور داخلی و بالا و پائین باید $90 \pm 0.5^{\circ}$ باشد که این زاویه در یک فاصله مختصر از محل تقاطع سطوح داخلی، اندازه‌گیری می‌شود.

۴ - ۵ - مخلوط کن، جام و پره بر طبق مشخصات C ۳۰۵ است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۵ - صفحه فلو و قالب آن بر طبق مشخصات ۲۳۰ C است.

۵-۶ - چکش مخصوص، برای ضربه زدن بر روی ملاط بکار می رود و از ماده غیر جاذب، غیر شکننده، و مقاوم در مقابل سائیدگی مانند یک ترکیب لاستیکی ساخته شده است و یا از چوب درخت بلوط، که اعمال مخصوص برای غیر جاذب کردن روی آن انجام شده است، ساخته شده است.

۵-۷ - ماله، دارای تیغه استیل به طول ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر و لبه صاف است.

۵-۸ - ماشین آزمایش، می تواند از نوع هیدرولیکی یا پیچی باشد. فاصله بین دو سطحی که نمونه را دربر می گیرد باید به مقدار کافی باز (کم و زیاد) شود. باری که برای هر نمونه بکار می رود باید با دقت ± 1 درصد مشخص شود.

۶- مصالح

۶-۱ - شن استاندارد درجه بندی شده:

۶-۱-۱ - شنی که برای ساختن نمونه های آزمایش مصرف می شود، سیلیس طبیعی می باشد و بر طبق

مشخصات لازم برای شن درجه بندی شده در ۷۷۸ C می باشد. (یادآوری ۲)

یادآوری ۲ - تفکیک شن درجه بندی شده - شن مذکور باید بطریقی حمل شود که از تفکیک و بهم خوردن آن جلوگیری شود زیرا دگرگونی در درجه بندی شن باعث اختلافات در غلظت ملاط می شود. هنگام خالی کردن ظرف یا کیسه شن باید دقت کرد تا دانه های درشت تحت نیروی ثقل از دانه های ریز جدا نشوند گنجایش ظروف حمل شن باید به اندازه ای باشد که امکان احتیاط های لازم را بدهد. شن را نباید تحت نیروی ثقل خالی کرد.

۷- درجه حرارت و رطوبت

۷-۱ - درجه حرارت هوا در مجاورت مصالح، قالب ها و پایه آنها و جام باید $27/5^{\circ}C$ - ۲۰ باشد و در مورد آب مخلوط، محفظه با اطاق رطوبت، و تانک آب نگهداری نمونه ها باید $1/7^{\circ}C \pm 23$ باشد.

۷-۲ - رطوبت - رطوبت نسبی آزمایشگاه حداقل ۵۰٪ می باشد. محفظه یا اطاق رطوبت باید جایی مناسب برای قراردادن نمونه ها داشته باشد و رطوبت نسبی آنها حداقل ۹۵٪ باشد.

۸- نمونه های آزمایش

۸-۱ - حداقل سه نمونه برای هر دوره (۲۸، ۷، ۳ روزه) بسازید.

۹- آماده نمودن قالب های نمونه

۹-۱ - سطوح داخلی قالب ها را با لایه نازکی از یک روغن معدنی سبک و سطوح در تماس دو نیمه قالب را با لایه نازکی از یک روغن معدنی سنگین بپوشانید. بعد از سوار کردن دو نیمه قالب، اضافه روغن را از سطوح داخلی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

و کف قالب بردارید. قالب ها را روی صفحات پایه قرار دهید. این صفحات باید مسطح و غیرجاذب و پوشیده با لایه نازکی از یک روغن معدنی باشند. مخلوطی از ۳ قسمت پارافین و ۵ قسمت روزین (نسبت وزنی) یا موم میکروکریستالین را $120^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ حرارت دهید بعد آنرا در خطوط خارجی محل تماس قالب و پایه بریزید تا آب بندی شود.

یادآوری ۳ - پاک کردن قالب از مخلوط پارافین و روزین مشکل می باشد. می توانید بجای آن از پارافین تنها استفاده نمائید. برای این کار، ابتداء قالب و پایه را کمی گرم کنید سپس آنها را توسط پارافین، آب بندی نمائید و هنگام استفاده مجدداً قالب و پایه را به حرارت تعیین شده برای آزمایش برسانید.

۱۰ - روش آزمایش

۱-۱-۱۰ - نسبت مواد در ملاط استاندارد، عبارتست از نسبت وزنی یک قسمت سیمان به ۲/۷۵ قسمت شن استاندارد درجه بندی شده. نسبت آب به سیمان برای تمام انواع سیمان پرتلند ۰/۴۸۵ و برای تمام انواع سیمان پرتلند هوازا ۰/۴۶۰ می باشد. آب لازم برای انواع دیگر سیمان مقداری است که بتواند فلوی 110 ± 5 طبق ردیف ۳ - ۱۰ ایجاد نماید.

۱-۱-۱۰ - نسبت مواد لازم برای تهیه یک پیمانۀ ملاط که شش یا نه نمونه بتوانیم از آن تهیه نمائیم به قرار زیر است:

	۶	۹	
تعداد نمونه ها			
وزن سیمان، گرم	۵۰۰	۷۴۰	
وزن شن، گرم	۱۳۷۵	۲۰۳۵	
حجم آب، میلی لیتر:			
برای سیمان پرتلند (۰/۴۸۵)	۲۴۲	۳۵۹	
برای سیمان پرتلند هوازا (۰/۴۶۰)	۲۳۰	۳۴۰	
برای انواع دیگر سیمان (110 ± 5)	.....	.....

۱۰ - ۲ - تهیه ملاط :

۱-۲-۱۰ - طبق دستورالعمل C ۳۰۵، مواد را با هم مخلوط کنید.

۱۰ - ۳ - تعیین فلو :

۱-۳-۱۰ - با دقت صفحه فلور تمیز و خشک نمائید و قالب آنرا در مرکز صفحه قرار دهید یک لایه ملاط را به ضخامت حدود ۲/۵ سانتیمتر در قالب بریزید و با چکش مخصوص، ۲۰ ضربه به سطح آن بزنید. ضربه ها را به نحوی وارد نمائید تا مطمئن شوید که ملاط بطور یکنواخت پر کرده است. سپس بقیه فضای خالی قالب را از

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ملاط پر سازید و مانند بار اول به سطح آن ضربه بزنید. اضافه ملاط را ببرد تا سطح آن صاف شود. با یک ماله دارای لبه راست، با حرکت اره مانند و تقریباً عمود بر سطح قالب، ملاط با با بالای قالب تراز نمائید. صفحه فلوسنج را مجدداً تمیز و خشک نمائید. بخصوص آبی را که از اطراف قالب خارج شده است، خشک نمائید. اعمال مربوط به قالب‌گیری را ظرف ۱ دقیقه انجام دهید (۱ دقیقه از هنگام تکمیل مخلوط در جام حساب میشود). سپس قالب را از دور ملاط بردارید و فوراً فلوسنج را روشن نمائید تا طی ۱۵ ثانیه، از یک ارتفاع ۱۲/۷ میلی متر، ۲۵ ضربه بزند. فلو، نتیجه افزایش قطر پایه توده ملاط است که این قطر عبارتست از معدل حداقل ۴ قطر که به فواصل تقریباً مساوی، اندازه‌گیری شده‌اند. ملاط‌های آزمایشی با درصدهای مختلف آب بسازید تا به فلو 5 ± 110 میلیمتر برسید. هر آزمایش را با ملاط تازه انجام دهید.

۴-۱۰- قالب‌گیری نمونه‌های آزمایش :

۱-۴-۱۰- در مورد سیمانهای پرتلند و پرتلند هوازا ملاط، بدون درپوش، ۹۰ ثانیه داخل جام بماند که در ۱۵ ثانیه آخر آن، ملاطی را که به دور جام چسبیده است به سرعت بطرف پائین بتراشید. سپس مخلوط کن را به مدت ۱۵ ثانیه روی دور متوسط روشن نمائید. در این موقع، مخلوط کردن کامل است پره را در آورید و به داخل جام تکان دهید تا ملاط چسبیده به آن جدا شود.

۲-۴-۱۰- در مورد سیمانهای غیر پرتلند و غیر پرتلند هوازا، و یا سیمانهای پرتلند و پرتلند هوازا که برای آنها فلو خواسته شده است، بلافاصله پس از تعیین فلو ملاط را به جام برگردانید و ملاط چسبیده به دیوار آنرا سریعاً بطرف پائین بتراشید. سپس مخلوط کن را به مدت ۱۵ ثانیه روی دور متوسط روشن نمائید بعد پره را در آورید و داخل جام تکان دهید.

۳-۴-۱۰- هنگامیکه بعد از تهیه یک پیمان ملاط، پیمان دیگری نیز از همان ملاط مورد نیاز است، آزمایش فلو را می‌توانید برای دومی حذف نمائید و به مدت ۹۰ ثانیه ملاط را بدون سرپوش در جام بگذارید بماند. در ۱۵ ثانیه آخر از آن، ملاط چسبیده به دیوار جام را بطرف پائین بتراشید و بعد مخلوط کن را به مدت ۱۵ ثانیه روی دور متوسط روشن نمائید.

۴-۴-۱۰- بعد از حداکثر $2\frac{1}{4}$ دقیقه از زمان مخلوط کن اولیه، قالب‌های نمونه را تا حدود نصف ارتفاع آن از ملاط پر نمائید و به هر خانه توسط چکش مخصوص، ۳۲ ضربه در مدت ۱۰ ثانیه بزنید. این ضربه‌ها را در ۴ دور وارد نمائید بطوریکه هر دور شامل ۸ ضربه مجاور هم بر روی سطح ملاط و بر طبق شکل ۱ باشد. پس از آنکه به تمام خانه‌های یک قالب ضربه زدید، آنها را با بقیه ملاط پر نمائید و مانند لایه اول به آنها ضربه بزنید پس از هر دور، اضافه ملاط را که از بالای قالب سر رفته است با دست و چکش مخصوص به جای خود برگردانید. (قبل از برگردن و ضربه زدن به تمام خانه‌های یک قالب، لایه دوم را شروع نکنید). در پایان کار لایه دوم، سطح آن باید

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

کمی سرپر باشد. اضافه ملاط را که سر رفته است توسط ماله به وسط قالب بیاورید و بوسیله کف ماله در حالیکه یک زاویه جزئی با سطح ملاط دارد، روی آن بکشید تا سطح ملاط صاف شود. این عمل را یکبار در عرض هر مکعب و بار دیگر در طول قالب انجام دهید. توسط لبه ماله با حرکت اره مانند و تقریباً عمود بر سطح قالب بر روی آن بکشید تا ملاط با بالای قالب هم سطح شود.

۵- ۱۰ - نگهداری نمونه‌های آزمایش - بلافاصله پس از قالب‌گیری، قالب محتوی نمونه و صفحه زیر آنرا در محفظه رطوبت قرار دهید بطوریکه سطح بالای نمونه در معرض هوای محفظه قرار دارد و از چکیدن آب بر روی آن نیز جلوگیری می‌شود. نمونه‌ها باید ۲۴ ساعت در محفظه رطوبت بمانند. پس از این مدت، غیر از آنهایی که ۲۴ ساعته آزمایش می‌شوند بقیه را در تانک آب قرار دهید و آب را در صورت لزوم، با تعویض آن، تمیز نگهدارید.

۶- ۱۰ - تعیین مقاومت فشاری:

۱- ۶- ۱۰ - نمونه‌ها را بلافاصله پس از خروج از محفظه رطوبت (در مورد نمونه‌های ۲۴ ساعته) و از تانک آب (در مورد سایر نمونه‌ها)، آزمایش نمائید. نمونه‌ها باید پس از مدت زمان معین با در نظر گرفتن تاخیر مجاز طبق جدول زیر، آزمایش شوند:

زمان آزمایش	تاخیر مجاز
۲۴ ساعته	$\pm \frac{1}{4}$ ساعت
۳ روزه	± 1 ساعت
۷ روزه	± 3 ساعت
۲۸ روزه	± 12 ساعت

اگر بیش از یک نمونه ۲۴ ساعته از محفظه خارج می‌نمائید، آنها را در یک پارچه مرطوب نگهدارید تا نوبت آزمایش هر یک فرا رسد و اگر بیش از یک نمونه از تانک آب بیرون می‌آورید، آنها را در یک ظرف آب $1/7 \pm 23^\circ C$ با عمق کافی قرار دهید تا آزمایش شوند.

۲- ۶- ۱۰ - هر نمونه را خشک نمائید و دانه‌های شن یا پوسته‌هایی را که از سطوح آن خارج شده‌اند جدا نمائید. جدا کردن دانه شن یا پوسته فقط در مورد دو سطحی که در تماس با دستگاه قرار می‌گیرد، کافی است. صاف بودن " دو سطح " مذکور را بوسیله یک جسم کاملاً صاف، بررسی نمائید (یادآوری ۴). اگر انحنای محسوس در سطح نمونه بود، آنرا تا رسیدن به یک سطح صاف، بسائید و اگر مقدور نبود، کنار بگذارید.

یادآوری ۴ - سطوح نمونه - اگر سطوح نمونه بدرستی مسطح نباشد، اعدادی که بدست می‌آورد کمتر از مقدار واقعی خواهد بود. بنابراین قالب‌ها باید با دقت زیاد، تمیز و نگهداری شوند که در غیر اینصورت در سطوح

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نمونه بی نظمی رخ خواهد داد. وسائلی که برای تمیز کردن قالب بکار می‌برید باید نرمتر از فلز قالب باشد تا از فرسایش آن جلوگیری نماید. اگر لازم است نمونه را بسائید، می‌توانید آنرا روی یک ورقه سنباده نرم یا یک پارچه چسبیده به سطح صاف، بمالید. برای مالیدن نمونه، یک نیروی ملایم اعمال نمائید. آنچه در مورد سائیدن نمونه به منظور مسطح کردن آن ذکر گردید برای ناصافی کمتر از چند صدم میلی متر است. برای ناصافی بیش از حد ذکر شده بهتر است نمونه را کنار بگذارید.

۳-۶-۱۰ - بار باید به صفحات جانبی نمونه (صفحاتی که در قالب محصور بوده‌اند) اعمال شود در نتیجه، سطح بالایی آن که در معرض هوا قرار داشته است در مقابل آزمایش کننده قرار می‌گیرد. نمونه را با دقت در زیر مرکز سطح بالایی دستگاه (که نیرو اعمال می‌کند) فرار دهید. پیش از آزمایش هر نمونه، باید جسم واردکننده بار مورد رسیدگی قرار گیرد تا معلوم شود که آزاد است. بین نمونه و دو سطحی که آنرا در بر می‌گیرد، جسمی قرار ندهید. بار ابتدایی که اعمال می‌کنید، به مقدار نصف حداکثر باری باشد که فکر می‌کنید برای شکستن نمونه لازم است، البته حداکثر بار را بیش از ۳۰۰۰ پوند (۱۳/۳ کیلو نیوتن) در نظر بگیرید و با یک سرعت مناسب وارد نمائید. بهر صورت بار اولیه که برای شکستن نمونه بکار می‌برید، کمتر از نصف ۳۰۰۰ پوند (۱۵۰۰ پوند) نباشد. سرعت بار دادن را طوری تنظیم نمائید که باقیمانده باری (یا تمام بار در صورتیکه فکر می‌کنید تمام بار کمتر از ۳۰۰۰ پوند باشد) که بکار می‌برید بدون انقطاع در زمان حداقل ۲۰ ثانیه و حداکثر ۸۰ ثانیه از زمان شروع بار دادن، نمونه شکسته شود. در طول زمان بار دادن، هیچگونه تنظیم روی کنترل‌های دستگاه ننمائید.

یادآوری ۵ - بهتر است یک لایه نازک از یک روغن معدنی سبک با کیفیت خوب به محل اتصال سطح بالایی دربرگیرنده نمونه بزنید.

۱۱ - محاسبه

۱ - ۱۱ - حداکثر باری را که دستگاه نشان داد، ثبت نمائید و مقدار آنرا بر حسب پوند بر اینچ مربع یا پاسکال محاسبه نمائید. اگر سطح مقطع نمونه بیش از ۱/۵٪ از مقدار اسمی آن تفاوت دارد، مقدار واقعی آنرا در محاسبه بکار ببرید. مقاومت فشاری تمام نمونه‌های قابل قبول (بخش ۱۲ را ملاحظه نمائید) که از یک نمونه سیمان ساخته شده و با هم آزمایش شده است را معدل‌گیری و تا عدد ۱۰ گرد نمائید.

۱۲ - نمونه‌های معیوب و تکرار آزمایشات

۱ - ۱۲ - نمونه‌هایی را که آشکارا معیوب هستند یا مقاومت آنها بیش از ۱۰٪ از معدل همان دوره، تفاوت دارد، کنار بگذارید (یادآوری ۶). اگر پس از رد کردن بعضی نمونه‌ها کمتر از دو نمونه باقی ماند، آزمایش را تکرار نمائید.

یادآوری ۶ - مقاومت واقعی بستگی به رعایت تمام دستورالعمل‌ها و مشخصات خواسته شده دارد. نتایج

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نامنظم در اعداد، دلیل بر آنست که بعضی از موارد مذکور بدقت رعایت نشده است، بعنوان مثال آنچه در بخش های ۲ - ۶ - ۱۰ و ۳ - ۶ - ۱۰ ذکر گردید. قرار دادن نمونه در زیر دستگاه بطور نادرست، نتایج کمتر از مقدار واقعی نشان خواهد داد.

۱۳ - دقت

۱ - ۱۳ - گزارشات دقیق برای این روش آزمایش در جدول زیر فهرست شده است، آنها براساس نتایجی است که بر روی یک نمونه مرجع و هم چنین در یک آزمایشگاه مرجع انجام شده است. تفاوت مهم از نظر دقت، بین معدل دو مکعب و سه مکعب مشاهده نشده است.

۲ - ۱۳ - این گزارشات دقیق در مورد ملاط سیمان‌هایی است که در زمان‌های معین طبق جدول آزمایش شده‌اند: حدود مناسب (طبق ۱۵۰ C) گاهی اوقات برای آزمایشاتی که زود انجام می‌شوند (مثل ۱ و ۳ روزه) کمی بیشتر نشان می‌دهند و برای آزمایشاتی که دیرتر انجام می‌شوند (مثل ۲۸ روزه) کمی کمتر نشان می‌دهند. به عبارت دیگر گاهی اوقات مقاومت نمونه‌های کم عمر قدری بیشتر از مقدار نشان می‌دهد و در مورد نمونه‌های با عمر بیشتر (مثل ۲۸ روزه) قدری کمتر از مقدار واقعی نشان می‌دهد.

جدول دقت

تغییرات نتایج قابل قبول D ₂ S % *	ضریب اختلاف IS % *	زمان آزمایش بر حسب روز	
			سیمانهای پرتلند نسبت آب به سیمان ثابت
۱۱/۳	۴/۰	۳	نتایج یک آزمایشگاه
۱۰/۲	۳/۶	۷	
—	—	—	
۱۰/۷	۳/۸	معدل	
۱۹/۲	۶/۸	۳	نتایج دو آزمایشگاه
۱۸/۱	۶/۴	۷	

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

—	—	—	سیمانهای مخلوط با فلوی ثابت نتایج یک آزمایشگاه
۱۸/۷	۶/۶	معدل	
۱۱/۳	۴/۰	۳	
۱۰/۷	۳/۸	۷	
۹/۶	۳/۴	۲۸	نتایج دو آزمایشگاه
—	—	—	
۱۰/۷	۳/۸	معدل	
۲۲/۱	۷/۸	۳	
۲۱/۵	۷/۶	۷	سیمانهای بنایی فلوی ثابت نتایج یک آزمایشگاه
۲۰/۹	۷/۴	۲۸	
—	—	—	
۲۱/۵	۷/۶	معدل	
۲۲/۳	۷/۹	۷	نتایج دو آزمایشگاه
۲۱/۲	۷/۵	۲۸	
—	—	—	
۲۱/۸	۷/۷	معدل	
۳۳/۴	۱۱/۸	۷	
۳۳/۹	۱۲/۰	۲۸	
—	—	—	
۳۳/۷	۱۱/۹	معدل	

* این اعداد به ترتیب، حدود 1S % و D₂S % را طبق C ۶۷۰ نشان می دهند ولی بطور خلاصه و بعنوان مثال برای سیمان پرتلند می توان گفت: نتایج دو آزمایش بر روی یک نمونه نبایستی بیش از ۱۰/۷ درصد از معدلشان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تفاوت نشان دهد. و نتایج دو آزمایشگاه مختلف بر روی یک نمونه نبایستی بیش از ۱۸/۷ درصد از معدلشان تفاوت نشان دهد.

یادآوری - مراحل مخلوط کردن ملاط از ابتدا تا قالب‌گیری به ترتیب زیر است:

۱- جام و پره را که قبلاً تمیز و خشک نموده‌اید در جای خود در مخلوط‌کن قرار دهید.

۲- آب لازم را داخل جام بریزید و سیمان را یک دفعه به آن اضافه نمایید.

۳- بلافاصله دستگاه را روی دور ۱ (5 ± 140 دور در دقیقه) به مدت ۳۰ ثانیه روشن نمایید.

۴- در پایان مدت فوق، در حالیکه دستگاه روی دور ۱ روشن است، شن استاندارد وزن‌شده را با سرعت یکنواخت طی مدت ۳۰ ثانیه به مخلوط اضافه نمایید.

۵- پس از مدت فوق، دستگاه را به مدت ۳۰ ثانیه روی دور ۲ (10 ± 285 دور در دقیقه) بگذارید.

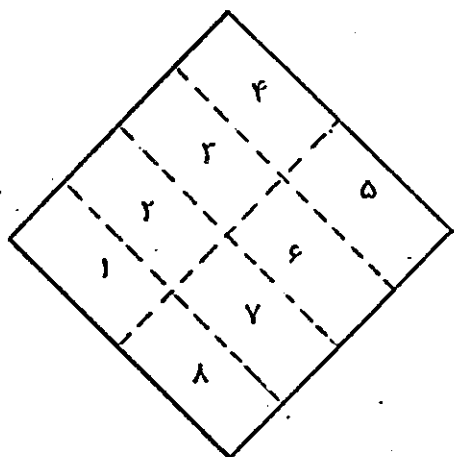
۶- بعد از مدت فوق، دستگاه را ۹۰ ثانیه خاموش نمایید. در ۱۵ ثانیه اول مدت ذکر شده، آنچه از ملاط را که به دیوار جام چسبیده است بطرف پائین بتراشید و بقیه مدت روی آن سرپوش بگذارید.

۷- پس از مدت فوق، دستگاه را ۶۰ ثانیه روی دور ۲ روشن نمایید. پس از پایان کار مانند زیر عمل نمایید:

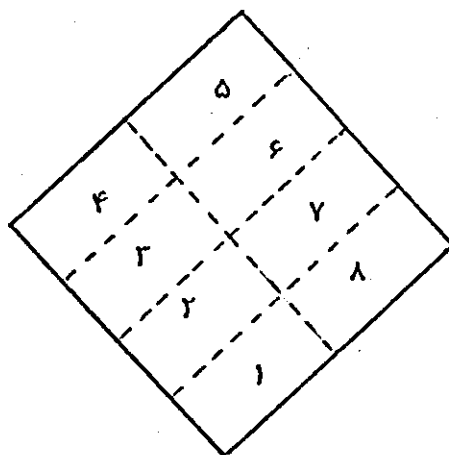
۱- در مورد سیمانهای پرتلند و هوازا، ملاط را ۹۰ ثانیه بدون درپوش، ساکن بگذارید ولی در ۱۵ ثانیه آخر از مدت ذکر شده، ملاط چسبیده به دیوار جام را به سرعت بطرف پائین بتراشید و بعد به مدت ۱۵ ثانیه دستگاه را روی دور ۲ روشن نمایید. در این موقع ملاط آماده قالب‌گیری است.

۲- در مورد سیمانهای غیر پرتلند و غیر پرتلند هوازا و یا سیمانهای پرتلند و پرتلند هوازا که برای آنها تعیین فلو لازم شده است، بلافاصله پس از تعیین فلو، ملاط را از صفحه فلو به جام مخلوط‌کن برگردانید و ملاط چسبیده به آنرا به سرعت بطرف پائین بتراشید و بعد به مدت ۱۵ ثانیه دستگاه را روی دور ۲ روشن نمایید. در پایان این مدت پره را در داخل جام تکان دهید. در این هنگام ملاط آماده قالب‌گیری است.

۳- اگر بلافاصله پس از تهیه یک پیمانۀ ملاط، پیمانۀ دیگری نیز لازم شد می‌توانید آزمایش فلو را حذف نمایید. و پس از پایان مخلوط کردن (ردیف ۷ یادآوری) ملاط را ۹۰ ثانیه در جام و بدون سرپوش، ساکن بگذارید فقط در ۱۵ ثانیه آخر ملاط چسبیده به جام را به سرعت بطرف پائین بتراشید و بعد دستگاه را ۱۵ ثانیه روی دور ۲ روشن نمایید. پره را درآورید و داخل جام تکان دهید. ملاط در این هنگام آماده قالب‌گیری است.



دوره‌های ۱ و ۳



دوره‌های ۲ و ۴

شکل ۱ - ترتیب ضربه زدن به قالب‌های نمونه

همانگونه که ملاحظه می‌شود دوره‌های ۱ با ۳ و دوره‌های ۲ با ۴ مجاور یکدیگرند. و همچنین دوره‌های ۲ و ۴ عمود بر دوره‌های ۱ و ۳ هستند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : C ۱۱۴

روش‌های آزمایش برای تجزیه شیمیائی سیمان هیدرولیک

۱- هدف

۱-۱- این روشها برای تجزیه شیمیائی سیمان هیدرولیک در نظر گرفته شده است. می‌توان از هر روش دیگری استفاده نمود مشروط بر اینکه دارای دقت کافی به اندازه روش‌های این فصل (C ۱۱۴) باشد و بتواند درباره سیمان مورد آزمایش اظهار نظر نماید یعنی آنرا قبول نماید یا مردود سازد.

۲- فهرست مطالب

موضوع	صفحه	بخش
مدارک موجود	۱	۳
توضیحات و دستورات کلی	۲	۴
مواد نامحلول	۶	۵
سیلیس	۸	۶
مجموع آهن و آلومینیم	۱۲	۷
آهن	۱۴	۸
آلومینیم	۱۶	۹
کلسیم	۱۷	۱۰
منیزیم	۱۸	۱۱
سولفات	۱۹	۱۲
افت	۲۰	۱۳
سدیم و پتاسیم	۲۱	۱۴
آهک آزاد	۲۴	۱۵
محاسبات و جدول مشخصات استاندارد	۲۷	۱۶

۳- مدارک موجود

C ۱۵۰ مشخصات سیمان پرتلند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۸۳ C دستورالعمل برای نمونه گیری سیمان هیدرولیک

۵۹۵ C مشخصات سیمانهای هیدرولیک مخلوط

۱۱۹۳ C مشخصات لازم برای آب مصرفی در آزمایشات

۶۱۷ E مشخصات لازم برای وزنه های آزمایشگاهی

۸۳۲ E مشخصات لازم برای کاغذهای صافی

۴ - توضیحات و دستورات کلی

۴-۱ - مقادیری که برحسب واحدهای SI بیان می شوند به عنوان استاندارد تلقی می گردند.

۴-۲ - این استاندارد متضمن مواد، عملیات، و وسائل مخاطره آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی نماید. آزمایش کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۴-۳ - تعداد آزمایشات و اختلاف مجاز

زمانیکه سیمانی مورد سؤال قرار گرفته است که قابل قبول می باشد یا خیر باید آزمایشات بصورت دوتایی و در دو روز مختلف انجام شود و نتایج حاصله طبق جدول زیر با یکدیگر تطبیق نمایند. در غیر اینصورت تکرار گردند.

حداکثر اختلاف مجاز در نتایج آزمایشات

ترکیبات	حداکثر اختلاف مجاز بین دوتایی ها (دو بله ها)
SiO ₂ (Silicon dioxide)	۰/۱۶
Al ₂ O ₃ (aluminum Oxide)	۰/۲۰
Fe ₂ O ₃ (ferric Oxide)	۰/۱۰
CaO (calcium Oxide) *	۰/۲۰
MgO (magnesium Oxide)	۰/۱۶
SO ₃ (Sulffur trioxide)	۰/۱۰
LOI (Loss on ignition)	۰/۱۰
Na ₂ O (sodium oxide)	۰/۰۳
K ₂ O (potassium oxide)	۰/۰۳

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

در صورتیکه نتایج طبق جدول فوق با یکدیگر تطبیق نمودند باید معدل دو نتیجه را با دو رقم اعشار محاسبه نمود.

۴-۴ - دستگاه و داروهای لازم:

ترازو - ترازو باید از نوع آنالیتیک (مخصوص تجزیه) که برای آزمایشات شیمیایی بکار می‌رود باشد و ظرفیت اندازه‌گیری آن بیش از ۲۰۰ گرم نباشد.

۴-۵ - ظروف شیشه‌ای و ظروف آزمایشگاهی - ظروف اندازه‌گیری حجم، بورت‌ها و پیپت‌ها باید از نوع دقیق باشند. ظروف در سنباده‌ای، ظروف قابل تعویض و اتصالات سنباده‌ای برای تمام ظروف شیشه‌ای اندازه‌گیری حجم و وسائل تقطیر توصیه می‌گردد. در موارد لازم شیشه‌های رنگی برای محافظت از نور، شیشه‌های مقاوم در مقابل قلیایی‌ها، شیشه‌های مقاوم در مقابل تغییرات شدید حرارت توصیه می‌گردد.

۴-۶ - دسیکاتورها - دسیکاتورها باید دارای یک ماده جاذب رطوبت با قدرت جذب کافی باشند مانند پرکلرات منیزیم و اکسید آلومینیم فعال. سولفات کلسیم انیدر (بدون آب) نیز ممکن است مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر اینکه به آن یک معرف رنگی اضافه نمائید بطوریکه وقتی سولفات کلسیم اثر خود را از دست داد تغییر رنگ معرف حالت مذکور را نشان دهد. کلرور کلسیم برای اینگونه تجزیه‌ها (که در بخش ۱۱۴ C شرح داده می‌شود) ماده خشک‌کننده مناسبی به حساب نمی‌آید.

۴-۷ - کاغذ صافی - کاغذ صافی بر طبق مشخصات نوع کمی، نوع E 832, II می‌باشد وقتی کاغذ صافی با بافت درشت منظور است از کاغذ درجه E، بافت متوسط از درجه F و بالاخره وقتی کاغذ صافی بافت ریز منظور است از درجه G بکار می‌بریم.

۴-۸ - کروزه‌ها - برای آزمایشات عادی شیمیایی باید از کروزه پلاتینی خالص (غیر مرکب) استفاده نمود که دارای گنجایش ۱۵ تا ۳۰ میلی‌لیتر باشد. اگر بخواهید از کروزه پلاتینی بصورت آلیاژ استفاده نمائید تا از چسبیدن آن به "در" جلوگیری نمائید و هم‌چنین کروزه از استحکام بیشتری برخوردار باشد کروزه مذکور نباید بیش از ۲/۰ میلی‌گرم طی مدت یک ساعت در حرارت 120°C ، کاهش وزن داشته باشد.

۴-۹ - کوره - کوره‌های آزمایشگاه در دار هستند تا بتوانند حرارت را در خود حفظ کنند این کوره‌ها باید درجات حرارت مورد نیاز برای آزمایشات را تامین نمایند و میزان صحت آنها $\pm 25^{\circ}\text{C}$ باشد. در ضمن قابل کالیبره کردن باشند. می‌توان از چند گروه استفاده کرد مشروط بر اینکه از محدوده صحیح درجه حرارت آنها استفاده شود.

۴-۱۰ - درجه خلوص داروهای شیمیایی - این مواد باید دارای درجه خلوص بالا بر طبق استاندارد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

باشند. چنانچه مواد دیگری بخواهند مورد استفاده قرار گیرند باید تعیین شود که درجه خلوص آنها به اندازه‌ای است که از صحت آزمایش کاسته نشود.

۱۱ - ۴ - داروهای شیمیایی آماده - مواد شیمیایی بصورت محلولهای رقیق شده آماده که توسط کارخانجات ساخته می‌شوند در صورت لزوم می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند مشروط بر اینکه قبل از مصرف توسط آزمایشات لازم تأیید شوند.

۱۲ - ۴ - اسیدهای غلیظ و آمونیاک - این مواد معمولاً با نام یا فرمول مشخص می‌شوند و مشخصات داروبر روی ظرف نوشته می‌شود بعنوان مثال :

اسید استیک	($\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$)	٪ ۹۹/۵
اسید کلریدریک	(HCl)	SP gr ۱/۱۹
اسید فلوئوریدریک	(HF)	٪ ۴۸
اسید نیتریک	(HNO_3)	SP gr ۱/۴۲
اسید فسفریک	(H_3PO_4)	٪ ۸۵
اسید سولفوریک	(H_2SO_4)	SP gr ۱/۸۴
هیدروکسید آمونیم	(NH_4OH)	SP gr ۰/۹

۱۳ - ۴ - اسیدها و آمونیاک رقیق شده در آزمایشگاه - مثال : وقتی می‌گوئیم اسید کلریدریک (۱ + ۹۹) یعنی یک حجم اسید کلریدریک (sp gr ۱/۹۹) باید به ۹۹ حجم آب اضافه شود و آمونیاک (۱ + ۱) یعنی یک حجم آمونیاک به یک حجم آب اضافه شود.

۱۴ - ۴ - محلولهای استاندارد تهیه شده در آزمایشگاه - غلظت محلولهای استاندارد با عنوان نرمالینه و یا معادل گرم برای یک میلی‌لیتر مشخص می‌شوند که باید بر روی ظرف آنها نوشته شود به عنوان مثال محلول $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($1 \text{ ml} = 0.004 \text{ gr Fe}_2\text{O}_3$) یعنی یک میلی‌لیتر آن معادل ۰/۰۰۴ گرم Fe_2O_3 است.

۱۵ - ۴ - محلولهای غیراستاندارد - این محلولها با حل کردن مقدار معینی از دارو در یک لیتر جلال تهیه می‌شوند.
به عنوان مثال : محلول سود 10 g/L یعنی ۱۰ گرم سود در آب حل شده و به حجم یک لیتر رسیده است.
معمولاً وقتی جلال آب باشد ذکر نمی‌شود.
تذکر : حل کردن سود در آب رازیر هود انجام دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۶- ۴- میتل رد - غلظت آن ۲ گرم در یک لیتر الکل اتیلیک ۹۵٪ است. البته حجم ساخته شده باید با توجه به نیاز آزمایشگاه باشد. معمولاً باید ۵۰ یا ۱۰۰ میلی لیتر از آن ساخت و در بطری قطره چکان رنگی نگهداری کرد.

۱۷- ۴- تهیه نمونه - قبل از آزمایش مقداری از نمونه را که نماینده کلی باشد از الک نمرة ۲۰ (۸۵۰ میکرومتر) عبور دهید. و کلوخه‌ها را خرد کنید و مواد خارجی را بردارید. کلوخه‌هایی که سخت هستند و مواد خارجی را دور بریزید. بوسیله "کوارتر کردن" وزن نمونه نماینده را به ۵۰ گرم تقلیل دهید تا یک نمونه آزمایشگاهی بدست آورید. نمونه آزمایشگاهی را از الک نمرة ۱۰۰ (۱۵۰ میکرومتر) عبور دهید. باقیمانده روی الک نمرة ۱۰۰ را نرم کنید تا آن هم از الک مذکور رد شود. مجدداً نمونه را از همان الک عبور دهید تا یک نمونه یکنواخت (هموژن) بدست آورید.

تذکر: الک‌ها بر طبق مشخصات ASTM E ۱۱ می باشد. نمونه را در یک ظرف شیشه‌ای تمیز و خشک و دارای "در محفوظ از هوا" قرار دهید. سعی کنید آنچه در مورد نمونه‌گیری در بالا شرح داده شد در حداقل زمان انجام دهید.

۱۸- ۴- توزین - وزن نمونه‌ها و باقیمانده‌ها (رسوب‌ها) را با تقریب (۰/۰۰۰) گرم یادداشت کنید.

۱۹- ۴- وزن کروزه خالی - کروزه نو باید ابتدا در درجه حرارتی که قرار است رسوب در کوره ببیند قرار گیرد تا به وزن ثابت برسد سپس وزن شود. شرایط "کروزه خالی" در موقع وزن کردن از نظر درجه حرارت و سایر شرایط باید مانند "کروزه با رسوب" باشد.

۲۰- ۴- ثبات وزن باقیمانده حرارت دیده (ثبات وزن رسوب کوره دیده) - رسوب را بر طبق درجه حرارت و زمان تعیین شده در روش کار، گرما دهید و پس از خنک کردن در دسیکاتور وزن نمائید. سپس مجدداً آن را حداقل نیم ساعت دیگر در کوره قرار دهید. و وزن مجدد نمائید. اگر دو وزن کمتر از ۲ میلی گرم اختلاف داشتند رسوب به وزن ثابت رسیده است در غیر اینصورت عمل را ادامه دهید تا به وزن ثابت برسید. در مورد آزمایش افت سیمان پس از اولین وزن هر ۵ دقیقه یکبار آنرا از کوره خارج و وزن نمائید.

۲۱- ۴- فراریت پلاتین - امکان فراریت پلاتین یا اجزاء همراه با آن را باید در نظر گرفت. اگر کروزه با رسوب و بدون رسوب بعد از حرارت مجدد در کوره بیش از ۰/۲ میلی گرم کاهش وزن نداشت می‌توانید وزن کروزه را ثابت فرض کنید. برای شاهد و نمونه دو کروزه بکار ببزید که دارای ترکیب و اندازه و میزان استهلاک یکسان باشند.

۲۲- ۴- گرد (روند) کردن - وقتی می‌خواهید چند حاصل ضرب یا تقسیم را با هم جمع یا از هم کم نمائید حاصل‌ها را بدون گرد کردن جمع یا تفریق نمائید و عمل گرد نمودن را روی نتیجه آخر انجام دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲۳ - ۴ - توصیه برای ترتیب گزارش نتایج - ترتیب زیر برای گزارش سیمان پرتلند توصیه می گردد :

SiO₂
Al₂O₃
Fe₂O₃
CaO
MgO
SO₃
Loss on ignition
Na₂O
K₂O
Insoluble residue
Free Calcium Oxide

۵ - آزمایش تعیین مقدار باقیمانده نامحلول (Insoluble Residue)

۱ - ۵ - خلاصه روش - در این روش باقیمانده نامحلول یک سیمان توسط هضم کردن آن در اسید کلریدریک و صاف نمودن و مجدداً هضم نمودن رسوب در سود و صاف کردن آن به دست می آید. رسوب پس از قرار گرفتن در کوره با درجه حرارت معین وزن می شود.

تذکره ۱ - این روش یا هر روش دیگر تخمین یک ماده غیر قابل حل در اسید برای تمام انواع سیمان تجربی می باشد. زیرا مقدار بدست آمده بستگی به مقدار مواد بکار رفته، زمان و درجه حرارت دارد. اگر مقدار باقیمانده نامحلول زیاد باشد بین یک آزمایش دوتایی (دوبلکیت) کمی اختلاف ایجاد می شود بنابراین، روش عمل برای یک آزمایش دوتایی باید تا حد امکان نزدیک به هم باشد تا اختلاف ذکر شده به حداقل برسد.

۲ - ۵ - در شستوی نهایی رسوب، محلول نیترات آمونیم بکار می رود تا از رد شدن مواد نامحلول خیلی ریز جلوگیری نماید.

۳ - ۵ - محلولهای لازم برای آزمایش :

۱ - محلول نیترات آمونیم (NH₄NO₃) به غلظت ۲۰ گرم در لیتر

۲ - محلول هیدرواکسید سدیم (سود سوزآور NaOH) ۱۰ گرم در لیتر

۴ - ۵ - روش آزمایش - به یک گرم نمونه در بشر ۲۵، ۲۵۰ میلی لیتر آب سرد اضافه و ضمن

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

هم‌زدن فوراً ۵ میلی لیتر HCl نیز اضافه نمائید. در صورت لزوم محلول را به آرامی گرم کنید و توسط همزن شیشه‌ای ته صاف سیمان را خرد و ذرات چسبیده بهم را جدا سازید تا تجزیه سیمان را کاملاً مشاهده نمائید. محلول را تا ۵۰ میلی لیتر توسط "آب داغ نزدیک جوش" رقیق نمائید و در حالیکه روی آنرا با شیشه ساعت پوشانده‌اید ۱۵ دقیقه درست زیر نقطه جوش نگهدارید. محلول را توسط کاغذ صافی بافت متوسط داخل یک بشر ۴۰۰ میلی لیتر صاف کنید. بشر و صافی را سراسر با آب داغ به مقدار کافی شستشو دهید. محلول زیر صافی را در صورت تمایل می‌توانید برای آزمایش سولفورتری اکسید کنار بگذارید. کاغذ صافی و محتویات آن را به بشر اولیه انتقال دهید و ۱۰۰ میلی لیتر محلول NaOH ده گرم در لیتر نزدیک جوش به آن اضافه کنید و برای مدت ۱۵ دقیقه درست در زیر نقطه جوش نگهدارید. تا تجزیه آن به حد مطلوب برسد. در طول مدت ذکر شده گاهیگاهی محلول را بهم بزیند و کاغذ صافی را در محلول بخیسانید. بعد از این مدت محلول را با HCl با بکار بردن میتل رداسیدی نمائید و ۴ الی ۵ قطره HCl نیز اضافه بزیند و توسط کاغذ صافی بافت متوسط صاف نمائید و حداقل ۱۴ بار با محلول نیترات آمونیم داغ ۲۰ گرم در لیتر شستشو دهید بطوریکه مطمئن باشید در هر بار شستشو کاغذ صافی و محتویات آن را بطور کامل می‌شوئید. رسوب را در یک کروزه پلاتینی وزن شده بسوزانید و به مدت لازم در کوره ۹۰۰ الی ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد قرار دهید تا به وزن ثابت برسد سپس خنک کرده وزن نمائید.

تذکر ۲ - اگر سیمانی دارای مقدار قابل ملاحظه اکسید منگنز باشد به محلول یک رنگ قهوه‌ای می‌دهد که اشکالی ندارد.

تذکر ۳ - در مواردی که می‌خواهید محلولی را زیر نقطه جوش نگهدارید هات پلیت بر حمام آب گرم رجحان دارد.

آزمایش شاهد - یک شاهد نیز برای آزمایش بگذارید و نتیجه بدست آمده را توسط شاهد تصحیح نمائید.

۵-۵ - محاسبه: وزن نامحلول را در عدد ۱۰۰ ضرب کرده و با تقریب ۰/۰۱ گزارش نمائید.

تذکر: در مورد قرار دادن هر نوع رسوب در کوره روشن - هرگاه کروزه دارای رسوب به دلیلی سرد شده است و می‌خواهید در کوره داغ قرار دهید ابتدا آن را به تدریج گرم کنید بعد در کوره قرار دهید.

۶ - سیلیس (SiO₂)

۱-۶ - انتخاب روش - ابتدا باقیمانده نامحلول نمونه را طبق بخش ۵ تعیین نمائید سپس با استفاده از یکی از دو روش زیر مقدار سیلیس را معین نمائید.

۱ - روش آزمایش برای سیمانهای پرتلند و سیمانهای دارای مقدار مواد نامحلول کمتر از ۱٪ (مواد نامحلول

پائین)

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲ - روش آزمایش برای سیمانهای دارای مواد نامحلول بیش از ۱٪ (مواد نامحلول بالا)

۲-۶ - سیلیس (SiO_2) در سیمانهای با مواد نامحلول پائین - ۵/۵ گرم سیمان را با حدود ۵/۵ گرم کلروآمونیم (NH_4Cl) در یک بشر ۵۰ mL توسط همزن شیشه‌ای مخلوط کنید. در حالیکه بشر را با شیشه ساعت پوشانده‌اید با احتیاط از لبه آن ۵ میلی لیتر HCl اضافه نمائید. وقتی از جوش افتاد ۲ - ۱ قطره اسید نیتریک هم اضافه نمائید و بهم بزنید و مجدداً روی آن را بپوشانید و به مدت ۳۰ دقیقه روی حمام بخار قرار دهید. در این فاصله گاهی آن را بهم بزنید و توسط همزن، کلوخه‌های سیمان را خرد نمائید تا سریعتر تجزیه شود. توده ژله‌ای مانند داخل بشر را که اسید سیلیسیک است تا حد امکان بدون کمک آب و توسط همزن به کاغذ صافی باند سفید منتقل نمائید وقتی صاف شد بشر و همزن را با اسید کلریدریک (۹۹ + ۱) داغ بشوئید و به کاغذ صافی اضافه نمائید و خود کاغذ را هم ۳ - ۲ بار با همان اسید بشوئید. پس از شستن با اسید، قیف و بشر را ۱۲ - ۱۰ بار با آب داغ شستشو دهید. محلول زیر صافی را برای تعیین مقدار R_2O_3 ($Fe_2O_3 + Al_2O_3$) نگهدارید و کاغذ صافی محتوی رسوب را در یک کروزه پلاتینی تمیز و وزن شده قرار دهید و به آرامی حرارت دهید تا اینکه کاغذ بدون مشتعل شدن سیاه شود. حرارت را بتدریج زیاد کنید تا سیاهی کاغذ نیز بسوزد بعد به مدت یکساعت در کوره $1200^{\circ}C - 1100^{\circ}C$ قرار دهید و بعد از خنک کردن در دسیکاتور وزن نمائید. این عمل را تکرار نمائید تا به وزن ثابت برسد.

تذکره - رسوب سیلیس را با مقادیر کم اسید و آب بشوئید زیرا شستن با حجم زیاد باعث حل و رد شدن سیلیس از صافی می‌شود. هم‌چنین در هر مرحله از شستشو صبر کنید کاغذ صافی از محلول خالی شود، سپس بشوئید. شیشه ساعت را پس از صاف شدن " توده ژله‌ای مانند " بشوئید و بشر را نیز در پایان کار دوبار با تکه‌ای کوچک از کاغذ صافی پاک کنید و به کاغذ درون قیف اضافه کنید و پس از هر بار پاک کردن بشر را با آب داغ بشوئید و به قیف اضافه نمائید. سیلیسی که به این ترتیب به دست آمده است دارای مقدار مختصری ناخالصی است. در همان کروزه ۱ یا ۲ میلی لیتر به آن آب و ۲ قطره اسید سولفوریک (۱ + ۱) و حدود ۱۰ میلی لیتر HF اضافه کنید. (با مزور پلاستیکی اضافه شود) و آن را با احتیاط تا خشک شدن حرارت دهید و بالاخره به مدت ۵ دقیقه در کوره $1100^{\circ}C - 1050^{\circ}C$ قرار دهید و پس از خنک کردن در یک دسیکاتور، وزن نمائید. تفاوت وزن فعلی و قبلی مقدار SiO_2 می‌باشد. آنچه بعد از تبخیر SiO_2 در کروزه باقی می‌ماند اکسیدهای فریک و آلومینیم بحالت ترکیب در نظر بگیرید و به محلول زیر سیلیس اضافه نمائید یا اینکه رسوب هیدرواکسیدهای آهن و آلومینیم را در این کروزه بسوزانید.

۳ - ۶ - اگر باقیمانده HF بیش از ۰/۰۰۲۰ گرم شد آزمایش باید تکرار گردد و اقدامات لازم به عمل آید تا مطمئن باشید که قبل از صاف کردن سیلیس، تجزیه سیمان بطور کامل انجام شده است. تعیین اکسیدهای آلومینیم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

و آهن و MgO, CaO باید بر روی نمونه جدید انجام گیرد مشروط بر اینکه باقیمانده HF کمتر از 0.020 گرم باشد.

۴-۶- اگر دو یا سه تجزیه سیمان دارای باقیمانده HF بیش از 0.020 گرم باشد دلیل بر آنست که یا در موقع نمونه گیری آلودگی پیش آمده است یا سیمان در طول عمل پخت در کارخانه بطور صحیح پخته نشده است در این صورت نباید باقیمانده HF را ذوب نمائید بلکه باید مقدار آن را گزارش نمائید.

۵-۶- محاسبه - درصد سیلیس را یا ضرب کردن وزن آن بر حسب گرم در عدد 200 بدست آورید و با تقریب $1/0$ گزارش نمائید.

۶-۶- سیلیس سیمانهای با مواد نامحلول بیش از 1% :

خلاصه روش آزمایش - این روش براساس ذوب نمونه به کمک کربنات سدیم می باشد که بعد، محلول اسیدی آن را دوبار خشک نمائید و هربار سیلیس را از آن جدا نمائید و پس از سوزاندن، آن را توسط اسید فلوئوریدریک بصورت دود خارج نمائید. کاهش وزن بعنوان SiO_2 خالص گزارش می شود.

۷-۶- روش عمل:

مقداری از نمونه افت کرده را که معادل 0.5 گرم نمونه اولیه (دریافت شده از متقاضی) باشد وزن کنید. محاسبه آن به طریق زیر است:

$$W = [0.5 (100.00 - I)] / 100$$

W = وزن نمونه افت کرده، گرم

I = افت در اثر حرارت، %

می توانیم از نمونه افت کرده که از آزمایش افت حرارتی بدست آورده ایم در اینجا استفاده کنیم (آزمایش افت حرارتی در بخش های بعد شرح داده می شود). نمونه وزن شده را با $4-6$ گرم کربنات سدیم در یک هاون چینی بسائید. یک لایه نازک از کربنات سدیم در ته یک کروزه پلاتینی به گنجایش $20-30$ میلی لیتر بریزید بعد مخلوط سیمان با کربنات سدیم را روی آن بریزید و مجدد آروی مخلوط را هم با یک لایه نازک کربنات سدیم بپوشانید و روی کروزه، در پلاتینی قرار دهید و آن را روی یک شعله با حرارت متوسط بگذارید و به تدریج حرارت را تا حدود $1100^{\circ}C$ بالا ببرید و در این درجه حرارت نگهدارید تا تجزیه کامل شود (حدود 45 دقیقه). کروزه را از کوره بیرون بیاورید و در آن را بردارید و در حالیکه آن را با پنس گرفته اید به آرامی بچرخانید تا ماده ذوب شده بصورت یک لایه نازک روی جدار داخلی کروزه منجمد شود و بعد بگذارید تا خنک شود. بیرون کروزه را با آب بشوئید و آن را به پهلو در داخل یک کپسول 300 میلی لیتر که حدود $1/3$ آن از آب پر است فرار دهید. کپسول را حرارت دهید تا جسم پخته شده در کروزه خرد و به راحتی توسط همزن از کروزه جدا شود. کروزه و در آن را داخل کپسول ابتدا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

با آب و بعد با HCl (۳ + ۱) کاملاً بشوئید و کنار بگذارید. خیلی آهسته و با احتیاط ۲۰ میلی لیتر HCl (با وزن مخصوص ۱/۱۹) به کپسول اضافه کنید و این در حالی است که روی آن با شیشه ساعت پوشیده است و اسید را از لبه آن به داخل بریزید. شیشه ساعت را بردارید و آن را داخل کپسول بشوئید. اگر ذرات سنگ ریزه داخل محلول مشاهده گردید نشانه آن است که عمل ذوب بطور کامل انجام نشده است و آزمایش باید تکرار گردد.

۸ - ۶ - محلول را روی یک حمام بخار تا خشک شدن حرارت دهید بطوریکه ظاهر ژله ای خود را از دست بدهد بعد از آن بدون آنکه حرارت اضافه ای بدهید ۱۰ - ۵ میلی لیتر HCl اضافه نمائید و حداقل ۲ دقیقه صبر کنید بعد به اندازه حجم اسید، آب اضافه کنید. اسید و آب را دورادور کپسول اضافه نمائید تا تمام توده خشک شده را در بر بگیرد. ظرف را به مدت ۱۰ دقیقه روی یک حمام بخار یا هات پلیت با همان درجه حرارت قرار دهید پس از آن به محلول برابر حجمش آب داغ اضافه نمائید و فوراً توسط کاغذ صافی بافت متوسط (باند سفید) در داخل یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری صاف نمائید. رسوب را کاملاً توسط HCl داغ (۹۹ + ۱) و سپس با آب شستشو دهید و رسوب را نگهدارید.

۹ - ۶ - محلول زیر صافی را مجدداً تا خشک شدن حرارت دهید و به مدت ۱ ساعت در 110°C - 105°C قرار دهید این عمل از رد شدن سیلیس به هنگام صاف کردن جلوگیری می نماید پس از اون به آن ۱۵ - ۱۰ میلی لیتر HCl (۱ + ۱) اضافه کنید و روی حمام بخار یا هات پلیت به مدت ۱۰ دقیقه قرار دهید تا هضم شود بعد به اندازه حجم آن آب داغ اضافه نمائید و بلافاصله روی یک کاغذ صافی بافت متوسط (باند سفید) صاف نمائید و رسوب را مانند ردیف ۸ - ۶ بشوئید. در این مرحله مقدار جزئی SiO_2 که ممکن است در مرحله اول رسوب گیری از صافی رد شده باشد گرفته می شود. این رسوب را با رسوب قبلی که طبق ردیف ۸ - ۶ گرفته بودید در یک کروزه پلاتینی تمیز و وزن شده بسوزانید و مانند ردیف ۲ - ۶ باقیمانده HF آن را تعیین و به همان ترتیب ادامه دهید تا درصد آن را معین نمائید.

۱۰ - ۶ - آزمایش شاهد:

هم زمان با شروع آزمایش یک شاهد نیز می گذاریم. شاهد عبارتست از کلیه محلول ها و معرف ها که برای نمونه بکار می بریم غیر از خود نمونه. در نتیجه چنانکه مقداری ناخالصی در محلول ها و معرف ها وجود داشته باشد که روی آزمایش اثر بگذارد وزن آن در شاهد معین می شود و در پایان مقدار شاهد را از وزن های بدست آمده کم می کنیم. آزمایش شاهد همراه با سایر آزمایشات سیمان یعنی تعیین مقدار R_2O_3 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$) MgO , CaO پیش می رود.

تذکر: می توان بجای حمام بخار از هات پلیت استفاده کرد مشروط به آنکه حرارت آن قابل تنظیم باشد که

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بتواند درجه حرارت حدود حمام بخار ایجاد نماید.

تذکر: در مناطقی مانند ارتفاعات که نقطه جوش آب پائینتر از سطح دریا است ۳۰ دقیقه برای جدا کردن سیلیس کافی نمی باشد و لازم است زمان مذکور افزایش یابد ولی بهر صورت در هیچ حالتی نباید این زمان از ۶۰ دقیقه تجاوز نماید.

۷- اکسیدهای آلومینیم و آهن

۷-۱- به محلول صاف شده از زیر سیلیس که باید حجمی حدود ۲۰۰ میلی لیتر داشته باشد مقداری HCl اضافه کنید تا مطمئن شوید دارای ۱۵ - ۱۰ میلی لیتر اسید می باشد. چند قطره معرف میتل رد اضافه کنید و تا جوش حرارت دهید آنگاه توسط آمونیاک (۱ + ۱) به آرامی آمونیاکی نمائید تا رنگ محلول کاملاً زرد گردد بعد یک قطره هم آمونیاک اضافه بزنید و آن را به مدت ۶۰ - ۵۰ ثانیه بجوشانید. در صورتیکه به تجربه دیده آید که در فاصله زمانی جوشیدن محلول به بیرون پرتاب می شود می توانید بجای ۶۰ - ۵۰ ثانیه جوشاندن محلول را به مدت ۱۰ دقیقه روی حمام بخار یا هات پلیت با همان حرارت قرار دهید تا هضم شود. بعد آن را برداشته و به رسوب حداکثر ۵ دقیقه فرصت دهید تا ته نشین شود و توسط کاغذ صافی باند سفید به قطر ۱۱ سانتیمتر داخل یک بشر ۶۰۰ میلی لیتری صاف نمائید. رسوب را با محلول نیترات آمونیم ۲۰ گرم در لیتر داغ شستشو دهید. برای رسوب های کم ۲ بار و رسوب های زیاد ۴ بار شستشو کافی است.

تذکر ۱- اگر برای خشک کردن سیلیس از ظرف پلاتینی استفاده کرده آید، امکان احیاء آهن وجود دارد. در این موقع ۳ میلی لیتر محلول برم اشباع در آب به آن اضافه کنید و بجوشانید تا آهن اکسید شود. و در اثر جوشیدن اضافی برم نیز خارج شود. اضافه کردن برم و جوشاندن باید قبل از اضافه کردن معرف میتل رد انجام شود زیرا برم، میتل رد را تجزیه می نماید اگر موقع جوشاندن، محلول به خارج پرتاب می شود می توانید یکی از دو عمل زیر را انجام دهید:

۱- یک تکه کاغذ صافی به مساحت تقریبی ۱ سانتی متر مربع در ته بشر در قسمت کنار آن قرار دهید و همزن شیشه ای را روی آن بگذارید تا حرکت نکند.

۲- بکاربردن یک بشر آلومینیمی که بشر محتوی محلول در داخل آن قرار گیرد نیز موثر است.

تذکر ۲- آمونیاک (NH₄OH) مصرفی باید عاری از CO₂ باشد.

تذکر ۳- معمولاً با افزایش یک قطره آمونیاک (۱ + ۱) رنگ محلول از قرمز به نارنجی و با افزایش قطره دیگر به زرد تبدیل می گردد. اگر بخواهید تغییرات رنگ را بطور واضح مشاهده کنید، می توانید افزایش معرف را به تعویق بیندازید به این ترتیب که ابتدا بدون معرف، محلول را آمونیاکی کنید تا Fe(OH)₃ رسوب کند بدون اینکه Al(OH)₃ بطور کامل راسب شود. سپس میتل رد اضافه کرده و آمونیاکی نمائید. در اینصورت تغییر رنگ معرف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

را بهتر مشاهده می‌نمائید. اگر مقدار $Fe(OH)_3$ زیاد باشد می‌توانید صبر کنید رسوب کمی ته‌نشین شود تا محلول بالای آن را بهتر مشاهده نمائید. اگر در طول رسوب‌گیری رنگ معرف به تدریج کم‌شد، مقداری معرف به محلول اضافه کنید تا بهتر بتوانید اسیدیته آن را کنترل نمائید. مدت زمان جوشاندن محلول نباید طولانی شود زیرا اولاً ممکن است رنگ محلول تغییر یابد ثانیاً رسوب از کاغذ صافی رد شود. رنگ محلول موقع صاف‌کردن باید بطور واضح زرد باشد در غیر اینصورت به آن آمونیاک (۱ + ۱) اضافه نمائید یا رسوب‌گیری را تکرار نمائید.

تذکره ۴ - چنانچه در شستشوی رسوب وقفه ایجاد شود رسوب خشک می‌شود و یا تستن مجدد ذرات آن از هم باز نمی‌شود بلکه محلول شوینده از میان رسوب یک مجرا باز می‌کند و بدون آنکه تمام آن را بشوید خارج می‌شود. بنابراین پس از هر بار شستن به محض آنکه رسوب از محلول شوینده خالی شد بلافاصله آن را بشوئید و کاغذ صافی را تا جائیکه تمام رسوب را دربرگیرد از محلول شستشو دهنده پر نمائید.

تذکره ۵ - دو قطره معرف میتل‌رد به پیست نترات آمونیم اضافه کنید بعد آن را توسط آمونیاک (۱ + ۱) آمونیاکی نمائید. در طول کار با پیست NH_4NO_3 هرگاه رنگ زرد معرف از بین رفت مجدداً آن را آمونیاکی نمائید.

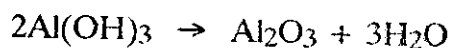
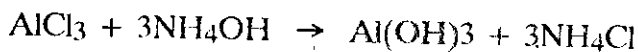
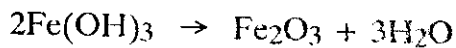
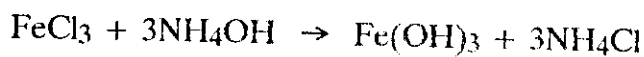
۲-۷ - کاغذ صافی محتوی رسوب را به داخل بشری که در آن رسوب‌گیری کرده بودید منتقل و در HCl داغ (۱ + ۲) حل نمائید و توسط همزن کاملاً بهم بزنید تا کاملاً خیس بخورد سپس حجم محلول را به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسانید و مانند مرحله اول رسوب‌گیری نمائید اگر هنگام گرفتن رسوب با مشکل مواجه می‌شوید یعنی آن به خارج پرت می‌شود بجای جوشاندن آن، از ابتدا آنرا با آب جوش به ۱۰۰ میلی‌لیتر برسانید و عمل جوشاندن را حذف و رسوب‌گیری نمائید. رسوب را توسط کاغذ صافی بافت متوسط (باند سفید) به قطر $12/5$ سانتیمتر در همان بشر که رسوب بار اول را صاف کرده بودید صاف نمائید (محلولهای صاف شده در دو مرحله به یکدیگر اضافه می‌شوند) رسوب را چهار بار، هر بار با حدود ده میلی‌لیتر محلول نترات آمونیم داغ بشوئید و بشر را هم با کاغذ صافی تمیز کرده، به رسوب اضافه نمائید. محلول زیر صافی را برای تعیین مقدار CaO نگهداری نمائید. رسوب را در یک کروزه پلاتینی تمیز و وزن‌شده قرار داده و به آرامی حرارت دهید تا کاغذ آن بدون آنکه مشتعل شود سیاه شود بعد حرارت را بالا برده تا سیاهی نیز از بین برود و بالاخره در کوره $1100 - 1050$ سانتی‌گراد به وزن ثابت برسانید. باید احتیاط کنید حرارت کوره از میزان ذکر شده بالاتر نرود. در غیر اینصورت Fe_2O_3 تبدیل به Fe_3O_4 می‌شود.

۳-۷ - محاسبه - وزن رسوب را که بر حسب گرم می‌باشد در عدد ۲۰۰ ضرب نمائید تا درصد آنرا بدست آورید.

۴-۷ - فرمول فعل و انفعالات - آهن و آلومینیم سیمان در اثر HCl به شکل $FeCl_3$ و $AlCl_3$ در می‌آیند که در موقع رسوب‌گیری توسط آمونیاک به هیدرواکسید تبدیل و در کوره بشکل اکسید در می‌آیند:

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



۸- اکسید فریک

۸-۱ - خلاصه روش آزمایش - در این روش Fe_2O_3 موجود در سیمان روی نمونه جداگانه‌ای تعیین می‌شود. ابتدا آهن توسط کلرور استانو (SnCl_2) احیا و بعد با دی‌کرمات پتاسیم ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) تیتر می‌شود. این آزمایش تحت تاثیر تیتان یا وانادیم موجود در سیمان قرار نمی‌گیرد.

۸-۲ - داروهای لازم:

۸-۲-۱ - محلول معرف اسید دی‌فینیل آمین سولفونیک - ۴ نمک باریم (باریم دی‌فینیل آمین سولفونات)، ۳ گرم از آنرا در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل نمائید. توضیح اینکه باید زیاد بهم بزیند تا کاملاً حل شود.

۸-۲-۲ - محلول دی‌کرمات پتاسیم استاندارد ($1\text{ML} = 0.004\text{ gr Fe}_2\text{O}_3$) - مقدار لازم از نوع بسیار خالص آن را نرم نمائید و در اون $180 - 200^\circ\text{C}$ تا وزن ثابت خشک نمائید و پس از خنک کردن در دسیکاتور برای تهیه هر لیتر، $2/45700$ گرم از آن را وزن نمائید و پس از حل کردن در آب در یک بالن ژوژه با اندازه مناسب به حجم برسانید. این محلول استاندارد اصلی است و باید با دقت زیاد تهیه شود و بعد در ظرف تیره دور از نور و حرارت شدید نگهداری شود.

۸-۲-۳ - محلول کلرور استانو - ۵ گرم از آن را که دارای فرمول $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ است در ۱۰ میلی لیتر HCl کاملاً حل و بعد تا ۱۰۰ میلی لیتر رقیق نمائید. به محلول تهیه شده چند دانه قلع اضافه کرده و بجوشانید تا کاملاً زلال شود. محلول تهیه شده را همراه با دانه‌های قلع پس از خنک کردن، در یک بطری قطره چکان تیره در محلی خنک نگهداری نمائید.

تذکر: قلع مصرفی باید غاری از آهن باشد.

۸-۳ - روش عمل برای سیمانهای پرتلند و سیمانهای دارای باقیمانده نامحلول کمتر از ۱ درصد: ۱ گرم نمونه را در یک بشر فیلیپس ۵۰۰ میلی لیتری یا هر ظرف مناسب دیگر ریخته به آن ۴۰ میلی لیتر آب سرد اضافه نمائید. ضمن بهم زدن محتویات ۱۰ میلی لیتر HCl نیز اضافه نمائید. دانه‌های سیمان را توسط همزن شیشه‌ای خرد نمائید تا مشاهده کنید که سیمان کاملاً تجزیه شده است. در صورت لزوم برای این امر می‌توانید محلول را حرارت دهید. محلول را تا جوش حرارت دهید. بعد در حالیکه آن را بهم می‌زنید به آرامی قطره قطره از

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

محلول کلرور استانو اضافه نمائید تا بیرنگ شود. یک قطره اضافه نیز بزنید آنگاه بشر را در یک سینی آب، خنک نمائید تا به درجه حرارت محیط برسد. بدون تاخیر به آن ۱۰ میلی لیتر کلرور مرکوریک اشباع ($HgCl_2$) خنک اضافه نمائید و ۱ دقیقه آن را شدیداً بهم بزنید بعد ۱۰ میلی لیتر H_3PO_4 (۱ + ۱) و ۲ قطره معرف باریم دی فینل آمین سولفونات اضافه نمائید حجم محلول را با آب سرد تا حدود ۸۰ میلی لیتر رقیق نمائید و توسط محلول استاندارد بیکرمات پتاسیم تیترو نمائید. نقطه انتهای جایی است که محلول با یک قطره بیکرمات رنگ ارغوانی شدید پیدا می کند و با افزایش محلول استاندارد این رنگ تغییری نمی نماید.

۴ - ۸ - شاهد - همراه نمونه یک شاهد نیز بگذارید که شامل کلیه مواد و مراحل آزمایش است ولی بدون نمونه. نظر به اینکه مقداری آهن باید موجود باشد تا رنگ ارغوانی ایجاد شود بنابراین اگر پس از افزایش ۴ قطره بیکرمات رنگ ارغوانی مشخص مشاهده نشد، شاهد را صفر در نظر بگیرید.

۵ - ۸ - محاسبه - درصد Fe_2O_3 را با تقریب ۰/۰۱٪ محاسبه و با تقریب ۰/۱٪ گزارش نمائید:
بطوریکه:

$$Fe_2O_3 \% = E (V - B) \times 100/W$$

$Fe_2O_3 \% = E$ معادل محلول بیکرمات پتاسیم، گرم بر میلی لیتر ($1mL = 0.004gr Fe_2O_3$).

V = حجم بیکرمات مصرف شده توسط نمونه، میلی لیتر.

B = حجم بیکرمات مصرف شده توسط شاهد، میلی لیتر.

W = وزن نمونه سیمان که با دقت ۰/۱ میلی گرم وزن شده است.

۶ - ۸ - در مورد سیمانهای دارای باقیمانده نامحلول بیشتر از ۱٪، مقدار ۰/۵۰۰ گرم از آن را وزن نمائید و با یک گرم برات لیتیم ($LiBO_2$) در یک هاون چینی نرم نمائید. ذر ته یک کروزه مخصوص که به وزن ثابت رسیده است ۰/۱ گرم برات پخش نمائید بعد مخلوط نرم شده را نیز روی برات پخش کنید. حال با ۰/۱ گرم دیگر برات هاون و دسته آن را به طریق شیمیایی بشوئید (تذکر) * و حاصل را روی مخلوط در کروزه پخش نمائید. کروزه را بدون در داخل کوره $1100^\circ C$ به مدت ۱۵ دقیقه قرار دهید. اگر پس از خارج کردن آن مشاهده گردید که کاملاً ذوب نشده است به مدت ۳۰ دقیقه دیگر در کوره قرار دهید. اگر این بار نیز کاملاً ذوب نشده بود آزمایش را با مقدار ۰/۲۵۰ گرم از نمونه یا کمتر تکرار نمائید ولی مقادیر برات لیتیم مثل گذشته باشد پس از ذوب کامل، جسم ذوب شده را به آرامی بچرخانید و به داخل یک بشر ۱۵۰ میلی لیتری که محتوی ۱۰ میلی لیتر اسید کلرهدریک غلیظ و ۵۰ میلی لیتر آب است بریزید. مخلوط را بطور پیوسته بهم بزنید تا حل شود. معمولاً ۱۰ دقیقه یا کمتر برای آن لازم است. محلولی را که به این ترتیب بدست آوردید طبق ردیف ۳ - ۸ آزمایش نمائید.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

* تذکر - شستن شیمیایی یعنی پاک کردن یک وسیله آزمایش (هاون) بوسیله ماده خشک (برات لیتیم) به نحویکه ماده خشک ذرات چسبیده به هاون را جدا می نماید و می توان آن را از هاون به کروزه منتقل کرد.

۹- اکسید آلومینیم

پس از آنکه درصد Fe_2O_3 را طبق ردیف ۵ - ۸ محاسبه نمودید آن را از مجموع اکسیدهای آلومینیم و آهن که طبق ردیف ۳ - ۷ معین نمودید کسر نمائید حاصل را که با دقت 0.01% محاسبه شده است با تقریب $1/0.01\%$ به عنوان Al_2O_3 گزارش نمائید.

۱۰- اکسید کلسیم

۱- ۱۰- روش عمل - محلول بدست آمده از زیر R_2O_3 (مجموع اکسیدهای آلومینیم و آهن) را اسیدی و در صورت لزوم تا حجم ۲۰۰ میلی لیتر تبخیر نمائید. به آن ۵ میلی لیتر HCl چند قطره میتل رد و ۳۰ میلی لیتر محلول اگزالات آمونیم ۵۰ گرم اضافه و تا ۷۰ الی ۸۰ درجه سانتیگراد گرم نمائید حال به آرامی به آن قطره قطره آمونیاک (۱ + ۱) اضافه و بهم بزیند تا رنگ محلول از قرمز به زرد تبدیل شود. بدون آنکه حرارت را ادامه دهید نیم ساعت آن را گاهگاهی بهم بزیند و نیم ساعت دیگر ساکن بگذارید. بعد از زمان های ذکر شده یعنی ۱ ساعت آن را توسط کاغذ صافی بافت ریز (باند آبی) صاف نمائید و رسوب را با محلول اگزالات آمونیم سرد ۱ گرم در لیتر به آرامی بشوئید و محلول شستشو را نگهدارید. کاغذ صافی محتوی رسوب را به بشری که رسوبگیری کرده اید برگردانید و در ۵۰ میلی لیتر اسید کلریدریک داغ (۱ + ۴) حل و بگذارید خیس بخورد بعد از آنکه کاغذ متلاشی شد آن را تا ۲۰۰ میلی لیتر رقیق نمائید و به آن ۲۰ میلی لیتر محلول اگزالات آمونیم و چند قطره معرف میتل رد اضافه و تا نزدیک جوش حرارت دهید. در این موقع آن را توسط آمونیاک (۱ + ۱) به آرامی آمونیاکی نمائید تا رسوب تشکیل شود. مدت یک الی دو ساعت رسوب را ساکن بگذارید تا نه نشین شود سپس آن را مانند مرحله اول صاف و محلول آن را به محلول قبلی اضافه نمائید و آن را جهت تعیین MgO نگهداری نمائید. رسوب کلسیم را با احتیاط های لازم که در مورد سایر رسوب ها بکار بردید، بسوزانید با این تفاوت که روی کروزه پلاتینی را با در پوشانید. این در باید در تمام مراحل سوزاندن و داخل کوره روی کروزه باشد و حرارت لازم $1200^{\circ}C$ - ۱۱۰۰ می باشد.

۲- ۱۰- محاسبه - درصد CaO را با ضرب کردن وزن آن به گرم در عدد ۲۰۰ با تقریب $1/0$ گزارش نمائید.

تذکر - آمونیاکی کردن محلول باید به آرامی انجام شود در غیر این صورت رسوب تمایل به رد شدن از کاغذ صافی دارد. وقتی محلول چند بشر همزمان آزمایش می شود جهت آمونیاکی کردن صحیح آنها می توانید از تکنیک زیر استفاده نمائید: به اولین بشر ۲ یا ۳ قطره آمونیاک اضافه نمائید و آنرا بهم بزیند و به ترتیب با بشرهای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دیگر همین عمل را انجام دهید تا به بشر آخر برسید. مجدداً این عمل را تکرار نمائید تا رنگ معرف در تمام بشرها تغییر یابد. پس از آن چند قطره آمونیاک اضافه بزنید تا محلول کاملاً آمونیاکی بماند.

MgO - ۱۱

۱ - ۱۱ - در این روش منیزیم به شکل فسفات آمونیم منیزیم رسوبگیری می شود و پس از سوختن و قرارگرفتن در کوره بصورت $Mg_2P_2O_7$ (پیروفسفات منیزیم) در می آید که معادل MgO آن محاسبه می گردد.

۲ - ۱۱ - محلول لازم - فسفات آمونیم دیبازیک $(NH_4)_2HPO_4$ ۱۰۰ گرم در لیتر

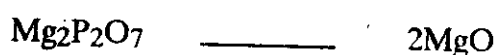
۳ - ۱۱ - روش عمل - محلول صاف شده از CaO را با HCl اسیدی و با جوشاندن، تا حدود ۲۵۰

میلی لیتر تبخیر نمائید. آن را در حرارت محیط خنک و ۱۰ میلی لیتر فسفات آمونیم ۱۰۰ گرم در لیتر و ۳۰ میلی لیتر NH_4OH اضافه نمائید. ضمن افزودن آمونیاک، محلول را به شدت بهم بزنید و بعد از آن هم ۱۰ الی ۱۵ دقیقه

دیگر همزدن را ادامه دهید. بشر را به مدت حداقل ۸ ساعت در یک محل خنک ساکن بگذارید بعد توسط کاغذ صافی باند آبی صاف نمائید. رسوب را ۵ الی ۶ بار با آمونیاک (۲۰ + ۱) خنک بشوئید و در یک کروزه چینی به

آرامی بسوزانید تا کاغذ بدون اشتعال سیاه شود و بعد کاملاً بسوزد و بالاخره آن را به مدت ۳۰ تا ۴۵ دقیقه در کوره $1100^{\circ}C$ قرار دهید (تذکر) و آن را به شکل پیروفسفات منیزیم وزن نمائید.

۴ - ۱۱ - محاسبه - درصد MgO را با تقریب ۱/۰ محاسبه نمائید:



۲۲۲/۵۶۷۴

۲×۴۰/۳۱۱۴

W (وزن رسوب)

$$X = \frac{W \times 2 \times 40 / 3114}{222 / 5674} = W \times 0 / 362$$

چون ۰/۵ گرم سیمان مورد آزمایش قرار گرفته است:

$$MgO \% = W \times 200 \times 0 / 362 = W \times 77 / 4$$

تذکر - دقت فوق العاده در سوزاندن رسوب منیزیم بکار برید زیرا در صورتیکه کربن بین فسفات باقی بماند، در حرارت بالا باعث احیاء آن می شود هم چنین اگر رسوب را یک دفعه در حرارت بالا قرار دهید کربن بین رسوب بسته می شود و به وزن آن اضافه می نماید. برای جلوگیری از مشکلات فوق تا حد امکان سیاهی رسوب را توسط چراغ گاز قوی (شعله تیزو آبی) از بین ببرید سپس در کوره ای حدود $500^{\circ}C$ قرار دهید و حرارت آن را به تدریج به $1100^{\circ}C$ برسانید.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

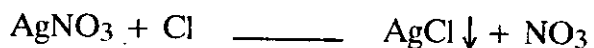
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۲ - انیدرید سولفوریک (سولفور تری اکساید) SO_3

۱ - ۱۲ - در این روش از یک محلول اسیدی سیمان، سولفات رسوبگیری می شود. این عمل توسط کلرورباریم انجام می شود و رسوب عبارتست از $BaSO_4$ که معادل SO_3 آن محاسبه می شود.

۲ - ۱۲ - روش عمل - به یک گرم نمونه سیمان در یک بشر ۲۵۰ میلی لیتری ۲۵ mL آب سرد اضافه و در حالیکه بهم می زنید ۵ میلی لیتر HCl اضافه نمائید. ذرات سیمان را توسط همزن شیشه ای خرد نمائید تا از هم جدا شوند. حجم را توسط آب به ۵۰ میلی لیتر برسانید و به مدت ۱۵ دقیقه در حرارت زیر جوش قرار دهید تا هضم شود. محلول را توسط کاغذ صافی بافت متوسط (باند سفید) در داخل یک بشر ۴۰۰ میلی لیتری صاف نمائید و با آب داغ بشوئید. پس از شستن، محلول زیر صافی را به حجم ۲۵۰ میلی لیتر برسانید و بجوشانید و در حال جوش ۱۰ mL کلرورباریم داغ (۱۰۰ گرم در لیتر) به آرامی به آن اضافه نمائید و حرارت را ادامه دهید تا رسوب بخوبی تشکیل شود. محلول محتوی رسوب را به مدت ۱۲ الی ۲۴ ساعت درست زیر نقطه جوش قرار دهید و دقت کنید که حجم محلول بین ۲۲۵ و ۲۶۰ میلی لیتر باقی بماند. برای این منظور هرگاه که حجم محلول کمتر از ۲۲۵ میلی لیتر شد آب داغ به آن اضافه نمائید. بعد از مدت زمان ذکر شده آن را توسط کاغذ صافی بافت ریز

(باند آبی) صاف نمائید و توسط آب داغ بشوئید تا عاری از یون کلر گردد. برای اطمینان از شستشوی کامل، آب آخرین شستن را داخل یک بشر که دارای مقداری محلول نترات نقره است بریزید اگر محلول کدر شد نشان می دهد که هنوز رسوب از اضافی کلرورباریم ($BaCl_2$) شسته نشده است:



و به شستشو ادامه دهید. رسوب و صافی را در یک کروزه پلاتینی بطریقی که قبلاً شرح داده شد بسوزانید و در حرارت $900 - 800^\circ C$ به وزن ثابت برسانید. برای آزمایش SO_3 ، شاهد نیز بکار بگیرید.

۳ - ۱۲ - محاسبه - درصد SO_3 را با تقریب ۰/۰۱ بطریق زیر محاسبه نمائید:

$BaSO_4$	_____	SO_3
۲۳۳/۴۰۱۶		۸۰/۰۶۲۲
W (وزن رسوب)		$X = \frac{W \times 80 / 0.622}{233 / 40.16} = 0.343$

یعنی نسبت مولکولی SO_3 به $BaSO_4$ ، ۰/۳۴۳ است و چون روی ۱ گرم سیمان آزمایش نمودیم بنابراین:

$$SO_3 \% = W \times 0.343 \times 100 = W \times 34.3$$

تذکره ۱ - بجای آزمایش فوق می توانید از محلول اسیدی آزمایش مواد نامحلول (بخش ۵) استفاده نموده و در نتیجه مراحل آزمایش سولفات را کاهش دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تذکر ۲ - هرگاه سیمان پرتلند دارای مقدار قابل ملاحظه اکسید منگنز باشد ممکن است به محلول سولفات رنگ قهوه‌ای بدهد که در HCl حل می‌شود و اشکالی ندارد.

تذکر ۳ - اگر بخواهیم در آزمایش سولفات، سریع به جواب برسیم می‌توانیم مدت زمان ۱۲ الی ۲۴ ساعت را به ۳ ساعت تقلیل دهیم. ولی یک سیمان در صورتی مردود شناخته می‌شود که درصد SO_3 آن با مدت زمان ۲۴ - ۱۲ ساعت با مقدار خواسته شده (طبق ۱۵۰ C) تطبیق نکند.

۱۳ - افت در اثر حرارت (LOSS On Ignition)

۱۳-۱ - سیمان پرتلند:

۱-۲-۱۳ - خلاصه روش - در این روش سیمان در کوره تحت حرارت قرار می‌گیرد. فرض می‌شود که

افت عبارتست از کل رطوبت و CO_2 موجود در سیمان. این آزمایش برای افت سیمان روباره مناسب نمی‌باشد.

۱-۳-۱۳ - روش عمل - یک گرم سیمان را در کروزه پلاتینی بریزید و روی آن را بپوشانید و در کوره

$95.0 \pm 5.0^\circ C$ به وزن ثابت برسانید. اولین توزین را بعد از ۱۵ دقیقه و توزین‌های بعدی را هر ۵ دقیقه یک بار

انجام دهید تا به وزن ثابت برسید.

۱-۴-۱۳ - محاسبه - درصد افت را با تقریب ۱/۰ محاسبه نمائید به این ترتیب که افت یک گرم را در

۱۰۰ ضرب نمائید.

۱۳-۲ - روش عمل برای سیمان روباره:

۱-۲-۱۳ - خلاصه روش - نظر به اینکه افت عبارتست از رطوبت و CO_2 لذا این آزمایش دارای یک

تصحیح مربوط به اکسیداسیون سولفورها می‌باشد. سولفورها معمولاً در سیمانهای روباره موجود می‌باشند.

و در اثر اکسید شدن آنها سولفات موجود در سیمان افزایش می‌یابد.

۱-۲-۲-۱۳ - روش عمل - یک گرم سیمان را در یک کروزه پلاتینی با در بوسیله کوره $95.0 \pm 5.0^\circ C$ به

مدت ۱۵ دقیقه حرارت دهید و پس از خنک کردن در دسیکاتور وزن نمائید. نیازی به رساندن به وزن ثابت

نمی‌باشد. با دقت نمونه حرارت دیده را به یک بشر ۴۰۰ میلی لیتری منتقل و توسط یک همزن شیشه‌ای خرد

نمائید. SO_3 موجود در نمونه حرارت دیده را مطابق با بخش ۱۲ تعیین نمائید. با روش اشاره شده SO_3 سیمان

افت نکرده را نیز تعیین نمائید.

تذکر - بعد از آنکه محتویات کروزه پلاتینی را به بشر ۴۰۰ میلی لیتری منتقل نمودید مقداری از اسیدی را

که می‌خواهید با آن آزمایش سولفات را انجام دهید داخل کروزه بریزید و کمی گرم کنید بعد محتویات را به بشر

اضافه نمائید تا چنانچه مقداری از سیمان به داخل کروزه چسبیده است جدا شود.

۱-۳-۲-۱۳ - محاسبه - درصد افت وزنی را محاسبه نمائید و آن را از ۸/۰ درصد تفاوت SO_3 سیمان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

حرارت دیده و ندیده کسر نمائید و نتیجه را بعنوان " افت در اثر حرارت " گزارش نمائید:
(SO₃ سیمان افت نکرده - SO₃ سیمان افت کرده) ۰/۸ - درصد افت طبق ردیف ۲ - ۲ - ۱۳ = درصد افت وزنی سیمان رویاره

۱۴ - تعیین درصد اکسید سدیم و پتاسیم

۱۴-۱ - در این روش مقدار اکسید سدیم و پتاسیم توسط فلیم فتومتر یا اتمیک ابزورپشن تعیین می شود. تذکر - این روش برای سیمانهای هیدرولیکی مناسب است که بطور کامل در اسید کلرهدریک تجزیه می شوند و نباید برای سیمانهایی که دارای مقدار زیاد مواد نامحلول در اسید هستند بکار رود. بعنوان مثال برای سیمانهای پوزولانی نباید بکار رود.

۱۴-۲ - دستگاه - هر نوع فلیم فتومتر که دارای دقت کافی باشد می تواند مورد استفاده قرار گیرد. دستگاه دارای حداقل یک اتمایزر (پخش کننده)، شعله، تنظیم کننده فشار، سوخت، گاز سوزاننده (هوا)، یک سیستم نوری شامل فیلترهایی که بتواند تمام امواج غیر از موج مورد اندازه گیری را جذب نماید. و بالاخره دارای یک فتوسل است.

۱۴-۳ - داروهای شیمیایی و ظروف شیشه ای باید از جنس سیلیکات برو ظروف پلاستیکی باید از پلی اتیلن با دانسیته بالا و ضخامت حداقل ۱ میلی متر ساخته شده باشد.

کربنات کلسیم: نباید بیش از ۰/۲۰ درصد قلیایی به شکل سولفات داشته باشد.

۱۴-۴ - تهیه محلولهای مورد نیاز - برای تهیه محلول استوک کلرور کلسیم مقدار ۱۱۲/۵ گرم کربنات کلسیم در یک بشر ۱۵۰۰ میلی لیتری بریزید و به آن ۳۰۰ میلی لیتر آب اضافه کنید و در حالیکه بهم می زنید به آرامی ۵۰۰ میلی لیتر HCl اضافه کنید و محلول حاصل را در درجه حرارت اطاق خنک نمائید و در داخل یک بالن ژوژه ۱ لیتری صاف نمائید و به حجم برسانید محلول حاصل معادل ۶۳۰۰۰ PPM (۶/۳۰ درصد) CaO می باشد.

۱۴-۵ - محلول استوک کلرور سدیم و پتاسیم - مقداری از این دو نمک را چندین ساعت در اون ۱۱۰°C - ۱۰۵ قرار دهید بعد خنک کنید (در دسیکاتور) و ۱/۸۸۵۸ گرم کلرور سدیم (NaCl) و ۱/۵۸۳ گرم کلرور پتاسیم (KCl) را وزن و در آب حل کنید و در یک بالن ژوژه یک لیتری با هم به حجم برسانید. این محلول معادل ۱۰۰۰ PPM (۰/۱۰ درصد) از هر یک از K₂O, Na₂O می باشد.

۱۴-۶ - تهیه محلولهای استاندارد - محلولهایی که در جدول زیر آمده است به این ترتیب تهیه می شود که حجم لازم از محلول استوک را که قبلاً تهیه کرده اید توسط بورت بردارید و به حجم نهایی که در جدول اشاره شده برسانید. در مورد کلرور کلسیم می توانید از مزور استفاده کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

شماره محلول استاندارد	غلظت قلیایی PPM (K ₂ O, Na ₂ O)	حجم محلول استوک کلرورکلسیم (ML)	حجم محلول استوک (ML) Kcl, Nacl	حجم نهایی محلول (ML)
۱	۱۰۰	۲۰۰	۲۰۰	۲۰۰۰
۲	۷۵	۱۰۰	۷۵	۱۰۰۰
۳	۵۰	۱۰۰	۵۰	۱۰۰۰
۴	۲۵	۱۰۰	۲۵	۱۰۰۰
۵	۱۰	۱۰۰	۱۰	۱۰۰۰
۶	۰	۱۰۰	۰	۱۰۰۰
۷	۱۰۰	۰*	۱۰۰	۱۰۰۰

* یک محلول استوک فاقد کلرورکلسیم نیز می‌سازیم تا بتوانیم موقعیت دقیق طول موج ماکزیمم را در آزمایش تعیین Na₂O, K₂O داشته باشیم.

۷-۱۴ - کالیبراسیون دستگاه - دستگاه را روشن نمائید و بر طبق دستور کار سازنده بگذارید گرم شود. (برای اکثر دستگاهها ۳۰ دقیقه لازم است تا گرم شود) سوخت و هوا را تنظیم کنید. شعله را روشن و تنظیم نمائید دستگاه را برای هر خواندن اول با آب و سپس با محلول مورد اندازه گیری شستشو دهید. دستگاه را برای خواندن Na₂O تنظیم و به طریق زیر عمل نمائید:

۱ - محلول شماره ۱ (۱۰۰ ppm) را به دستگاه بدهید و آن را روی ۱۰۰ تنظیم نمائید.

۲ - محلول شماره ۶ (0 ppm) را به دستگاه بدهید و آن را روی صفر تنظیم نمائید. عمل فوق (ردیف ۱ و ۲) را آن قدر تکرار نمائید تا تغییری در محل صفر و ۱۰۰ صورت نگیرد.

۳ - محلول شماره ۲ (۷۵ ppm) را به دستگاه بدهید و مقدار آن را بخوانید مجدداً محلول شماره ۱ و ۶ را به دستگاه بدهید اگر در محل قبلی خود واقع شدند مقدار خوانده شده برای محلول شماره ۲ (۷۵ ppm) صحیح است ولی اگر تغییر کردند کالیبراسیون دستگاه را تکرار نمائید بطوریکه قرائت صفر و ۱۰۰ قبل و بعد از قرائت یک محلول حد واسط، یکسان باشد.

۴ - مقادیر محلولهای ۵۰ و ۲۵ و ۱۰ را قرائت کنید. این مقادیر هم باید مانند محلول ۷۵ ppm قرائت شود یعنی صفر و ۱۰۰ قبل و بعد از قرائت آنها یکسان باشد.

۵ - کلیه اعمال بالا را برای پتاسیم تکرار نمائید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۱۴ - منحنی کالیبراسیون - منحنی کالیبراسیون را برای اکسید سدیم و پتاسیم بر روی کاغذ 203×267 میلی متر که دارای خطوط متقاطع باشد رسم کنید بطوریکه خواندن (Reading) بر روی محور Y ها و مقدار قلیایی (غلظت به ppm) بر روی محور X ها قرار گیرد. سپس یک خط راست از میان نقاط عبور دهید.

۹-۱۴ - روش عمل - به یک گرم سیمان در داخل یک بشر $150, 200$ میلی لیتر آب اضافه و در حالیکه بهم می زنید فوراً 5 mL اسید کلریدریک نیز اضافه نمائید و بلافاصله حجم آن را با آب به 50 mL برسانید. ذرات سیمان را توسط همزن خرد نمائید و بشر را به مدت 15 دقیقه روی حمام بخار یا هات پلیت قرار دهید تا سیمان هضم شود. بعد از مدت مذکور توسط کاغذ صافی بافت متوسط در داخل یک بالن ژوژه 100 ml صاف نمائید و بشر و کاغذ صافی را با آب داغ بشوئید و پس از خنک کردن بالن ژوژه در حرارت آزمایشگاه آن را به حجم برسانید.

۱-۹-۱۴ - روش عمل برای Na_2O - دستگاه را برای خواندن سدیم تنظیم نمائید و نمونه را به دستگاه بدهید و مقدار آن را قرائت نمائید. محلولهای استاندارد را نیز به دستگاه بدهید مقادیر آنها باید با منحنی کالیبراسیون تطبیق نماید. بعد بطور متناوب نمونه و محلولهای استاندارد را به دستگاه بدهید و مقدار آنها را قرائت نمائید و آنقدر این عمل را تکرار نمائید تا مقادیر قرائت شده برای نمونه با هم تطبیق نمایند. و از طرف دیگر مقادیر خوانده شده برای محلولهای استاندارد با نقاط کالیبراسیون مطابقت نماید. در آخر دو تا از آخرین قرائت های نمونه را یادداشت و معدل گیری نمائید.

۲-۹-۱۴ - روش عمل برای K_2O - مانند Na_2O است فقط فیلتر پتاسیم را در دستگاه قرار دهید.
۱۰-۱۴ - چنانچه مقدار Na_2O و K_2O در نمونه آنقدر زیاد بود که از 100 خارج شد، یا محلول را توسط پیپت رقیق نمائید یا اینکه آزمایش را تکرار و بجای 1 گرم نمونه 0.5 گرم بکار ببرید.

۱۱-۴ - محاسبه و گزارش - مقادیر درصد های Na_2O و K_2O را بوسیله منحنی های مربوط به هر کدام تعیین و مقادیر آنها را تا دو رقم اعشار گزارش نمائید.

۱۵ - اکسید کلسیم آزاد (Free Calcium Oxide)

۱-۱۵ - روش سریع برای تعیین اکسید کلسیم آزاد در سیمان وجود دارد. چنانچه کلینکر تازه باشد اکسید کلسیم آزاد تعیین می شود ولی در سیمان یا کلینکری که مدتی مانده است $Ca(OH)_2$ بوجود می آید که آن هم بصورت CaO جواب می دهد یعنی این روش فرقی بین CaO , $Ca(OH)_2$ نمی گذارد روش اول یا A روش فرانک است که CaO غیر ترکیب شده (آزاد) پس از حل شدن در حلال اتیل استواسنات - ایزوبوتیل الکل با محلول رقیق پرکلریک اسید تیترو می شود. و در روش CaO, B آزاد در محلول گلیسرین - الکل با استات آمونیم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تیترا می شود که از $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ نیز به عنوان کاتالیزور استفاده می شود.

۲-۱۵- روش B با محلول استات آمونیم - محلول استاندارد آمونیم که بکار می بریم ۱ mL آن معادل ۰/۰۰۵ گرم CaO است - ۱۶ گرم استات آمونیم خشک شده را در یک لیتر الکل در ظرفی که نمیز و خشک است حل کنید و در آن را محکم ببندید برای استاندارد کردن آن مانند نمونه عمل کنید. بجز اینکه اعمال زیر را انجام دهید: حدود ۱/۰ گرم کربنات کلسیم را در یک کروزه پلاتینی در حرارت ۹۰۰ الی ۱۰۰۰ درجه سانتیگراد به وزن ثابت برسانید و پس از خنک کردن در دسیکاتور با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن نمائید عمل توزین را سریع انجام دهید تا از جذب آب و CO_2 جلوگیری شود. بلافاصله آن را به یک بالن مخصوص جوشاندن منتقل کنید (در این بالن حلال گلسیرین - اتانول بعلاوه $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ کروزه خالی را مجدداً با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم وزن نمائید سپس مانند روشی که در زیر برای نمونه بکار برده عمل نمائید. CaO معادل استات آمونیم به این ترتیب محاسبه می شود که وزن CaO بکار رفته را بر حجم محلول مصرفی تقسیم نمائید نتیجه بر حسب گرم بر میلی لیتر است.

۳-۱۵- محلولهای لازم

معرف فنل فتالین که ۱/۰ گرم از آن را در ۱۰۰ میلی لیتر اتانول حل نمائید.

توضیح: الکل مصرفی عبارتست از الکل تقلیبی که دارای ۹۹/۵ درصد اتانول و ۰/۵ درصد بنزول است.
۴-۱۵- حلال گلسیرین - اتانول (۱+۲) - یک حجم گلسیرین را با دو حجم الکل که در بالا شرح داده شد مخلوط کنید به هر لیتر از محلول تهیه شده ۲ میلی لیتر فنل فتالین اضافه کنید.

۵-۱۵- روش عمل - ۶۰ میلی لیتر از حلال گلسیرین - اتانول را به یک بالن تقطیر ته صاف Standard - taper با حجم ۲۵۰ میلی لیتر که تمیز و خشک باشد اضافه کنید و دو گرم نترات استراتیم خشک نیز اضافه کنید. به این بالن با احتیاط یک قطره محلول سود اضافه تا رنگ صورتی کم رنگ تشکیل شود. توضیح اینکه برای حلال سود باید بجای آب از اتانول استفاده کنید. ۱ گرم از نمونه را که خیلی ریز آسیاب شده است (توضیح) داخل بالن تقطیر بریزید و مغناطیسی که به شکل کپسول می باشد را به داخل بالن بیندازید و بلافاصله مبردی با اندازه ۲۴/۴۰ را به آن وصل نمائید و به مدت ۲۰ دقیقه بر روی یک هات پلیت مغناطیسی در حالیکه محلول به آرامی بهم می خورد بالن را حرارت دهید تا محتویات آن بجوشد. پس از آن مبرد را بردارید و محتویات بالن را توسط قیف پلی اتیلنی بوختر که در زیر آن ارلن به حجم ۲۵۰ mL قرار دارد به کمک خلاء صاف نمائید و زیر صافی را جوش آورید و فوراً با محلول استاندارد استات آمونیم تیترا نمائید تا محلول بی رنگ شود.

۶-۱۵- محاسبه

$$EV \times 100 = \text{درصد آهک آزاد}$$

$$E = \text{عبارتست از CaO معادل استات آمونیم بر حسب g/mL}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

V = عبارتست از حجم استات آمونیم بر حسب mL

توضیح: در طول عمل آسیاب، نمونه باید حداقل زمان در مجاورت هوا قرار گیرد تا از عمل کربوناتاسیون جلوگیری شود. و نباید نمونه تحت تاثیر هوای بازدم آزمایش کننده قرار گیرد. نمونه باید به اندازه‌ای نرم شود که از الک نمره ۲۰۰ عبور نماید (البته عملاً چنین کاری را انجام ندهید). اگر نمونه پس از آسیاب بلافاصله آزمایش نمی‌شود آن را در ظرف محفوظ از هوا قرار دهید.

یادآوری:

Standard Taper - منظور از این اصطلاح که با علامت ∇ روی بعضی ظروف شیشه‌ای آزمایشگاه حک شده است این است که این ظروف بر طبق استاندارد NBS ساخته شده است و بطور خلاصه یعنی به شکلی ساخته شده است که:

- ۱- وصل کردن آنها به یکدیگر ساده است و نتیجتاً در زمان صرفه جویی می‌شود.
- ۲- امکان شکستن کل دستگاه از بین می‌رود و چنانچه یکی از قطعات شکست فقط احتیاج به تعویض آن قطعه می‌باشد.
- ۳- اندازه قطعات به میزانی است که به راحتی به هم وصل می‌شوند.
- ۴- چون نقطه اتصال قطعات سنباده‌ای است چکه نمی‌کند.

محاسبات مربوط به تعیین نوع سیمان

در استاندارد آمریکایی، سیمان را به هشت نوع تقسیم می کنند:

- نوع I : در مواردی مصرف می شود که خواص چهار نمونه دیگر سیمان، مورد نیاز نباشد.
نوع IA : مانند نوع I است با این تفاوت که هوزا نیز هست و در موارد لازم بکار می رود.
نوع II : برای مصارف عمومی بکار می رود، مخصوصاً در مواردیکه سیمان با خاصیت ضد سولفات متوسط و یا سیمان با حرارت هیدراتاسیون متوسط خواسته شود.
نوع IIA : مانند نوع II است و در مواردیکه خاصیت هوزا نیز لازم باشد بکار می رود.
نوع III : در مواردیکه مقاومت اولیه بالا مورد نظر باشد بکار می رود.
نوع IIIA : مانند نوع III است با این تفاوت که هوزا نیز هست.
نوع IV : برای مواردیکه حرارت هیدراتاسیون پائین لازم باشد بکار می رود.
نوع V : در مواردیکه مقاومت بالا در برابر حمله سولفات ها مورد نیاز است بکار می رود.
هشت نوع فوق به ترتیب عبارتند از: سیمان نوع یک، یک هوزا، دو، دو هوزا، سه، سه هوزا، چهار، و پنج.

سیمان پرتلند

یک نوع سیمان هیدرولیک است که از پودر کردن کلینکر سیلیکاتهای کلسیم بدست می آید که معمولاً هنگام پودر کردن، به آن یک یا چند نوع از سولفات کلسیم نیز افزوده می شود.

سیمان پرتلند هوزا

یک نوع سیمان هیدرولیک است که از پودر کردن کلینکر سیلیکاتهای کلسیم بدست می آید که هنگام پودر کردن، به آن یک یا چند نوع از سولفات کلسیم و یک ماده هوزا نیز اضافه می نمایند.
۱ - اگر نسبت $\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$ مساوی یا بزرگتر از ۰/۶۴ باشد درصد تری کلسیم سیلیکات، دی کلسیم سیلیکات، تری کلسیم آلومینات و تتراکلسیم آلومینو فریت بترتیب به طریق زیر محاسبه می شود:

$$C_3S = (4/071 \times \%CaO) - (7/600 \times \%SiO_2) - (6/718 \times \%Al_2O_3) - (1/430 \times \%Fe_2O_3) - (2/852 \times \%SO_3)$$

$$C_2S = (2/867 \times \%SiO_2) - (0/7544 \times \%C_3S)$$

$$C_3A = (2/650 \times \%Al_2O_3) - (1/692 \times \%Fe_2O_3)$$

$$C_4AF = 3/043 \times \%Fe_2O_3$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲- اگر نسبت $\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$ کوچکتر از ۰/۶۴ باشد کلسیم آلومینوفریت جامد در جامد ($C_4AF + C_2F$) SS تشکیل می شود و محاسبات بطریق زیر انجام می شود:

$$SS(C_4AF + C_2F) = (۲/۱۰۰ \times \% Al_2O_3) + (۱/۷۰۲ \times \% Fe_2O_3)$$

$$C_3S = (۴/۰۷۱ \times \% CaO) - (۷/۶۰۰ \times \% SiO_2) - (۴/۴۷۹ \times \% Al_2O_3) - (۲/۸۵۹ \times \% Fe_2O_3) - (۲/۸۵۲ \times \% SO_3)$$

در چنین سیمانی C_3A وجود ندارد و C_2S مانند شرط ۱ محاسبه می شود:

در محاسبه تمام اکسیدها، آنها را با تقریب ۰/۱٪ و در مورد فازهای سیمان (C_3S الی آخر) با تقریب ۱٪ گزارش نمائید و با استفاده از مشخصات C_{150} نوع آنرا مشخص نمائید.

جدول مشخصات شیمیایی استاندارد

		نوع سیمان						
مشخصات شیمیایی	واحد	I و IA	II, IIA	III, IIIA	IV	V		
SiO ₂	اکسید سیلیسیم	-	۲۰/۰	-	-	-		
Al ₂ O ₃	اکسید آلومینیم	-	۶/۰	-	-	-		
Fe ₂ O ₃	اکسید آهن	-	۶/۰	-	۶/۵	-		
MgO	اکسید منیزیم	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰		
SO ₃	سه اکسید گوگرد:	-	-	-	-	-		
<p>وفتیکه C₃A مساوی یا کمتر از ۸ درصد است وفتیکه C₃A بیش از ۸ درصد است</p>								
	افت حرارتی	۳/۰	۳/۰	۳/۵	۲/۳	۲/۳		
	باقیمانده نامحلول	۳/۵	مورد ندارد	۴/۵	مورد ندارد	مورد ندارد		
	سه کلسیم سیلیکات	۳/۰	۳/۰	۳/۰	۲/۵	۳/۰		
C ₃ S	دو کلسیم سیلیکات	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵		
C ₂ S	سه کلسیم سیلیکات	-	-	-	۳۵	-		
C ₃ A	سه کلسیم آلومینات	-	-	۱۵	۷	-		
	چهار کلسیم آلومینات باضافه دو برابر سه کلسیم آلومینات، (C ₄ AF + C ₂ F) یا (C ₄ AF + 2(C ₃ A))	-	-	-	-	۲۵		
	بستگی به شرایط سیمان دارد که کدامیک موجود باشد.							

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: C ۱۴۳-۹۰a

استاندارد آزمایش افت (اسلامپ) بتن سیمان هیدرولیکی

۱- مقدمه

۱-۱- این روش آزمایش تعیین افت بتن در آزمایشگاه و در کارگاه را شامل می شود.

۱-۲- مقادیر بیان شده برحسب واحدهای اینچ - پوند استاندارد می باشد. معادل متریک واحدهای اینچ - پوند ممکن است تقریبی باشند.

۱-۳- این استاندارد مصالح، تجهیزات و عملیات خطرناکی را شامل می شود. این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به کاربرد آن را در نظر نمی گیرد. مسئولیت استفاده کننده از این استاندارد است که دستورالعمل های ایمنی و سلامتی مربوط به آن را در نظر گرفته و محدودیت های عملی آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- منابع مرجع

۱-۱-۲- استاندارد ASTM:

C ۱۷۲ دستورالعمل نمونه گیری از مخلوط های بتن تازه

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- نمونه ای از مخلوط بتن تازه در قالبی به شکل مخروط ناقص ریخته می شود و توسط یک میله متراکم می گردد. سپس قالب بالا آورده می شود و اجازه داده می شود تا بتن نشست نماید. فاصله بین وضعیت اولیه و وضعیت تغییر شکل یافته بتن در مرکز سطح بالائی آن اندازه گرفته می شود و به عنوان افت بتن گزارش می گردد.

۴- موارد استفاده و کاربرد

۴-۱- این روش آزمایش قصد دارد برای استفاده کننده این روش افت بتن های سیمان هیدرولیک خمیری را تعیین نماید.

توجه ۱- این روش آزمایش اساساً تعمیم یافته است تا روشی را برای یادداشت غلظت بتن سخت نشده تهیه نماید. تحت شرایط آزمایشگاهی با کنترل دقیق مصالح بتن، روانی متناسب با مقدار آب برای مخلوط بتنی مشخص افزایش می یابد و بنابراین رابطه عکس با مقاومت بتن تحت شرایط کارگاهی دارد، گرچه چنین ارتباط مقاومتی بطور وضوح و ثابت نشان داده نشده است. بنابراین دقت کافی در رابطه با نتایج روانی حاصله تحت شرایط کارگاهی نسبت به مقاومت انجام گیرد.

۴-۲- این روش آزمایش برای بتن خمیری دارای مصالح سنگی درشت تا اندازه $(1\frac{1}{4})$ اینچ (۳۷/۵ میلی متر) قابل استفاده است. اگر مصالح سنگی درشت دارای اندازه بزرگتر از $1\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلی متر) باشند. روش آزمایش وقتی که روی بتنی که اجزاء بتن از الک $1\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلی متر) می گذرد و مصالح سنگی بزرگتر مطابق با بخش تحت عنوان "روشهای اضافی برای اندازه حداکثر مصالح سنگی بتن" در دستورالعمل C ۱۷۲ قابل

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

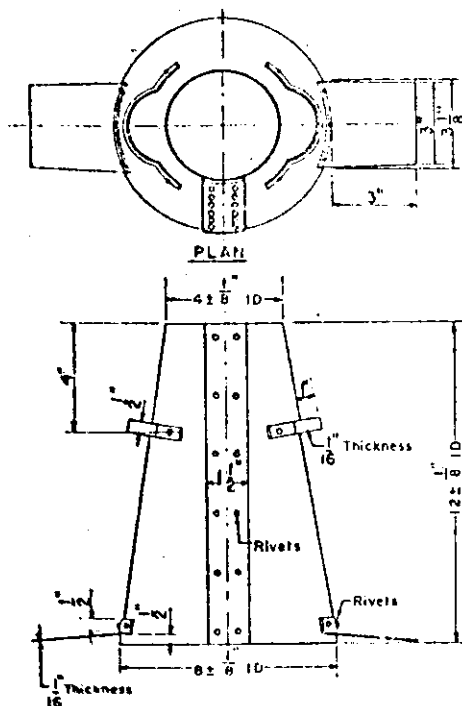
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

استفاده خواهد بود.

۴-۳- این روش آزمایش برای بتن غیر خمیری و غیرچسبنده قابل استفاده نمی باشد.
توجه ۲- بتنهایی که دارای روانی کمتر از ۵/۰ اینچ (۱۳ میلیمتر) باشند، ممکن نیست بقدر کافی خمیری باشند و بتنهایی که دارای روانی بزرگتر از حدود ۹ اینچ (۲۳۰ میلیمتر) هستند، ممکن نیست بقدر کافی چسبنده باشند، که برای این روش آزمایش دارای اهمیت باشند. دقت در قضاوت چنین نتایجی باید انجام شود.

۵- وسایل آزمایش

۵-۱- قالب - نمونه آزمایش باید درون یک قالب فلزی ریخته شود و شکل بگیرد. فلز نباید نازکتر از نمره ۱۶ گیج (BWG) باشد و اگر به روش ریخته گری^(۱) ساخته می شود، ضخامت هیچ نقطه‌ای از قالب کمتر از ۰/۰۴۵ اینچ (۱/۱۴ میلیمتر) نباشد. قالب باید به شکل سطح جانبی یک مخروط ناقص با قطر تحتانی (۸ اینچ (۲۰۳ میلیمتر)) و قطر بالایی (۴ اینچ (۱۰۲ میلیمتر)) و ارتفاع ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر) باشد. دامنه خطای مجاز در قطرها و ارتفاع $\pm \frac{1}{8}$ اینچ (۳/۲ میلیمتر) می باشد. سطوح تحتانی و بالائی قالب می بایست باز و موازی یکدیگر بوده و نسبت به محور مخروط زاویه قائمه سازند. قالب باید دستگیره و جاباهایی مطابق شکل ۱ داشته باشد.



Metric Equivalents

in.	1/8	1/4	1/2	1	1 1/2	3	3 1/2	4	8	12
mm	1.6	3.2	12.7	25.4	38.1	76.2	79.4	102	203	305

شکل ۱ - قالب آزمایش افت بتن

1- Spinning

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قالب ممکن است بدون درز یا درزدار ساخته شود. اگر درز لازم باشد اساساً مطابق شکل ۱ خواهد بود. سطح داخلی قالب باید نسبتاً صاف و بدون برآمدگی های ناشی از پرچ ها باشد. قالب باید بدون دندان باشد. اگر قالب بوسیله گیره هایی به صفحه نفوذناپذیر زیرین وصل می شود قابل قبول است، مشروط بر آنکه پس از پرکردن قالب و بازکردن گیره ها هیچگونه جابجایی در قالب بوجود نیاید.

۵-۲- میله کوبیدن - میله کوبیدن باید یک میله فولادی مستقیم، گرد به قطر $\frac{5}{8}$ اینچ (۱۶ میلی متر) و طول تقریبی ۲۴ اینچ (۶۰۰ میلی متر) باشد که نوک آن به صورت نیمکره ای به قطر $\frac{5}{8}$ اینچ گرد شده است.

۶- نمونه

۶-۱- نمونه ای از بتن که نمونه های آزمایشی از آن ساخته می شوند باید معرف تمام مخلوط باشد. این امر هنگامی حاصل می شود که نمونه گیری طبق دستورالعمل ۱۷۲ C انجام شود.

۷- روش آزمایش

۷-۱- قالب را مرطوب کرده و آن را روی یک سطح تخت، مرطوب، نفوذناپذیر (صلب) قرار دهید. با ایستادن روی دو جای پا، قالب را هنگام پرکردن محکم سر جایش نگهدارید. از نمونه بتنی که مطابق با بخش ۶ بدست آمده، فوراً قالب را در سه لایه که هر کدام تقریباً $\frac{1}{3}$ حجم قالب می باشند، پر نمایید.

توجه ۳- $\frac{1}{3}$ حجم قالب افت، آن را به عمق $\frac{2.5}{8}$ اینچ (۶۷ میلی متر) و $\frac{2}{3}$ حجم قالب آن را به عمق $\frac{1}{8}$ اینچ (۱۵۵ میلی متر) پر می کند.

۷-۲- هر لایه را با ۲۵ ضربه میله مخصوص بکوبید. ضربه ها را به طور یکنواخت روی مقطع عرضی هر لایه پخش نمایید. برای لایه زیرین لازم است میله را کمی کج کرده و تقریباً نصف ضربه ها را در نزدیکی محیط بزنید و سپس بقیه ضربه ها به صورت قائم و در مسیری مارپیچ به سمت مرکز، ادامه داده شوند. ضربه های لایه زیرین باید طوری باشد که میله در تمام عمق لایه نفوذ نماید. لایه دوم و لایه بالایی را نیز طوری ضربه بزنید که میله در تمام عمق لایه نفوذ نماید، همچنین در هر ضربه میله مقداری هم در لایه زیرین نفوذ نماید.

۷-۳- در هنگام پرکردن لایه بالایی و قبل از آغاز ضربه ها، آنقدر بتن به داخل قالب بریزید تا به صورت برآمده از قالب بیرون بزند. اگر ضربه زدن باعث شود که سطح بتن از لبه بالای قالب پایین تر بیاید، مقداری بتن اضافه نمایید، به طوری که همواره بتن اضافی در بالای قالب وجود داشته باشد. بعد از آنکه ضربه زدن لایه بالایی پایان یافت، با غلتاندن میله روی لبه قالب، بتن اضافی را بردارید، سپس بلافاصله قالب را با دقت و بطور قائم به طرف بالا کشیده و از روی بتن بردارید. قالب را بدون هیچگونه حرکت جانبی یا پیچشی در فاصله زمانی 2 ± 5 ثانیه به فاصله ۱۲ اینچ (۳۰۰ میلی متر) بالا بیاورید. آزمایش باید از آغاز پرکردن تا برداشتن قالب بدون هیچ وقفه ای انجام شود و زمان آن بیش از $\frac{1}{4}$ دقیقه طول نکشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷- ۴- بلافاصله با اندازه گیری فاصله بین بالای قالب و مرکز سطح بالایی نمونه تغییر شکل یافته، روانی را تعیین نمایید. اگر ریزش یا لغزش معینی در یک طرف یا بخشی از نمونه رخ دهد، آزمایش مردود می باشد. (توجه ۲) و لازم است آزمایش مجددی با استفاده از بخش دیگری از نمونه انجام شود.

توجه ۴- اگر دو آزمایش متوالی روی یک نمونه بتن ریزش یا لغزشی در بخشی از نمونه رخ دهد، بتن احتمالاً خمیری و چسبندگی لازم برای آزمایش افت را کمبود دارد.

۸- گزارش

۸- ۱- روانی را با دقت $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلی متر) بر حسب اینچ (میلی متر) در ضمن آزمایش به صورت زیر محاسبه و گزارش نمایید:

ارتفاع نمونه بعد از نشست بر حسب اینچ - ۱۲ = روانی

۹- دقت و انحراف

۹- ۱- دقت

۹- ۱- ۱- روش آزمایش داخل آزمایشگاهی - هیچ برنامه آزمایشی داخل آزمایشگاهی روی این روش آزمایش انجام نشده است. از آنجائی که امکان تهیه بتن های یکسان در محل های آزمایش مختلف که بدون خطاهای منابع به غیر از اندازه گیری روانی وجود ندارد، بیان دقت چند آزمایشگاهی بی معنی خواهد بود.

۹- ۱- ۲- نتایج آزمایش چند آزمایش کننده - اطلاعات محلی زیادی اجازه بیان دقت چند آزمایش کننده این روش آزمایش را می دهد.

تغییرات آزمایش $1/5$ تا $2/76$ اینچ (۳۸ تا ۷۰ میلی متر)

تعداد کل نمونه ها $230/4$

انحراف استاندارد نمونه های مشترک قابل تکرار (1 S) $0/3$ اینچ (۸ میلی متر)

۹۵٪ حد قابل تکرار $0/83$ اینچ (۲۱ میلی متر)

بنابراین نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط دو آزمایش کننده در همان آزمایشگاه روی همان مصالح نباید بیش از $0/83$ اینچ (۲۱ میلی متر) تفاوت داشته باشد. به موجب تغییرات روانی محدود شده در بتن مورد استفاده در این برنامه آزمایشی، احتیاط در بکارگیری این مقادیر دقت ها باید صورت پذیرد.

۹- ۲- انحراف - این روش آزمایش از آنجائی که روانی فقط با این روش آزمایش صورت می گیرد، انحرافی وجود ندارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : C ۱۵۰ - ۹۴

مشخصات استاندارد برای سیمان پرتلند

۱- هدف

۱-۱- این مشخصات ۸ نوع سیمان به شرح زیر را در بر می‌گیرد (به تبصره رجوع شود):

۱-۱-۱- سیمان نوع I - برای استفاده در مواقعی که خواص ویژه دیگر انواع سیمان مورد احتیاج نباشد.

۱-۱-۲- سیمان نوع IA - سیمان هوازا برای کاربرد مشابه سیمان نوع I هنگامیکه هوازائی مورد احتیاج باشد.

۱-۱-۳- سیمان نوع II - برای استفاده‌های عمومی بخصوص هنگامیکه مقاومت نسبی در برابر سولفات‌ها یا حرارت هیدراتاسیون متوسط مورد نیاز باشد.

۱-۱-۴- سیمان نوع IIA - سیمان هوازا را برای کاربرد مشابه سیمان نوع II هنگامیکه هوازائی مورد نیاز باشد.

۱-۱-۵- سیمان نوع III - برای کاربرد در مواقعیکه مقاومت اولیه بالا مورد نیاز باشد.

۱-۱-۶- سیمان نوع IIIA - سیمان هوازا برای کاربرد مشابه سیمان نوع III هنگامیکه هوازائی مورد نیاز باشد.

۱-۱-۷- سیمان نوع IV - برای کاربرد در مواقعیکه حرارت هیدراتاسیون کم مورد نیاز باشد.

۱-۱-۸- سیمان نوع V - برای استفاده در مواقعیکه مقاومت زیاد در برابر سولفات‌ها مورد نیاز باشد.

۱-۲- مقادیر برحسب واحدهای اینچ - پوند باید به عنوان استاندارد در نظر گرفته شوند.

۲- مراجع مستند

۱-۲- استانداردهای ASTM:

C ۳۳ مشخصات سنگدانه‌های بتن

C ۱۰۴ روش آزمایش مقاومت فشاری ملاتهای سیمان هیدرولیک (با استفاده از نمونه‌های مکعبی ۲

اینچی یا ۵۰ میلیمتری)

C ۱۱۴ روش آزمایش تجزیه شیمیائی سیمان هیدرولیک.

C ۱۱۵ روش آزمایش تعیین نرمی سیمان پرتلند با دستگاه کدورت‌سنج (توریدیمتر)

C ۱۵۱ روش آزمایش انبساط سیمان پرتلند در اتوکلاو

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دستورالعمل برای نمونه برداری و مقدار لازم برای آزمون سیمان پرتلند	C ۱۸۳
روش آزمایش تعیین محتوی هوای ملات سیمان هیدرولیک	C ۱۸۵
روش آزمایش تعیین حرارت هیدراتاسیون سیمان هیدرولیک.	C ۱۸۶
روش آزمایش زمان گیرش سیمان هیدرولیک با سوزن و یکات.	C ۱۹۱
روش آزمایش تعیین نرمی سیمان پرتلند با دستگاه نفوذپذیری هوا.	C ۲۰۴
مشخصات مواد افزودنی هوازا که برای تهیه سیمان پرتلند هوازا مورد استفاده قرار می گیرد.	C ۲۲۶
روش آزمایش زمان گیرش ملاتهای سیمان هیدرولیک با استفاده از سوزنهای گیل مور.	C ۲۶۶
روش آزمایش پیش - سفت نشدگی سیمان پرتلند (روش خمیری)	C ۴۵۱
روش آزمایش انبساط بالقوه ملات سیمان پرتلند که در معرض سولفاتها قرار گرفته است.	C ۴۵۲
مشخصات افزونه های فرآوری شده که برای تهیه سیمان هیدرولیک مورد استفاده قرار می گیرد.	C ۴۶۵
روش آزمایش مقدار بهینه SO_2 در سیمان پرتلند	C ۵۶۳
روش آزمایش انبساط تیرچه هایی از ملات سیمان پرتلند که در آب نگهداری شده اند.	C ۱۰۳۸

۳- اصطلاحات

۳-۱- تعاریف

۳-۱-۱- سیمان پرتلند - سیمان هیدرولیکی که با آسیاب کردن کلینگر تولید می شود و کلاً از سیلیکاتهای کلسیم هیدرولیک تشکیل شده است و معمولاً شامل یک یا چند جور سولفات کلسیم می باشد که در موقع آسیاب کلینگر، اضافه می شود.

۳-۱-۲- سیمان پرتلند هوازا - سیمان هیدرولیکی که از آسیاب کردن کلینگر تولید می شود و کلاً از سیلیکاتهای کلسیم هیدرولیک تشکیل شده است و معمولاً شامل یک یا چند جور سولفات کلسیم و نیز، افزونه های هوازا که در موقع آسیاب کلینگر اضافه می شوند.

۴- اطلاعات مربوط به سفارش سیمان

۴-۱- سفارش موادی که تحت مشخصات فوق هستند شامل موارد زیر خواهد بود:

۴-۱-۱- شماره این مشخصات و تاریخ آن .

۴-۱-۲- نوع سیمان یا انواع مجاز آن، اگر هیچ نوع سیمان مشخص شده باشد، باید سیمان نوع I تهیه شود.

۴-۱-۳- اگر نیاز باشد هر نوع مشخصات شیمیائی اختیاری از جدول ۲

۴-۱-۴- نوع آزمایش مورد نیاز برای زمان گیرش، ویکات یا گیل مور. اگر مشخص نشده باشد، آزمایش ویکات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

باید بکار رود.

۴-۱-۵- اگر نیاز باشد هر نوع مشخصات فیزیکی اختیاری از جدول ۴.

تبصره - توجه به این واقعیت ضروری است که سیمان‌هایی که بتوانند مشخصات تمام انواع سیمان را تأمین نمایند، ممکن است در بعضی نواحی عرضه نشوند. بنابراین قبل از آنکه به غیر از سیمان نوع I سیمان دیگری جهت مصرف مشخص شود، باید اطمینان حاصل کرد که آیا آن نوع سیمان در دسترس است یا خیر.

جدول ۱ - الزامات شیمیائی استاندارد

V	IV	IIIA و III	IIA و II	IA و I	نوع سیمان (الف)
-	-	-	۲۰/۰	-	دی اکسید سیلیسیم (SiO_2)، درصد حداقل
-	-	-	۶/۰	-	اکسید آلومینیم (Al_2O_3) درصد حداکثر
-	۶/۵	-	۶/۰	-	اکسید فریک (Fe_2O_3) درصد حداکثر
۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۶/۰	اکسید منیزیم (MgO) درصد حداکثر
-	-	-	-	-	تری اکسید گوگرد (SO_3) (ب) درصد حداکثر
۲/۳	۲/۳	۳/۵	۳/۰	۳/۰	هنگامیکه (C_2A) (ج) ۸٪ یا کمتر است
(د)	(د)	۴/۵	(د)	۳/۵	هنگامیکه (C_2A) (ج) ۸٪ بیشتر است
۳/۰	۲/۵	۳/۰	۳/۰	۳/۰	افت حرارتی، درصد حداکثر
۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	باقیمانده نامحلول درصد حداکثر
-	(ه) ۳۵	-	-	-	تری کلسیم سیلیکات (C_3S) (ج) درصد حداکثر
-	(ه) ۴۰	-	-	-	دی کلسیم سیلیکات (C_2S) (ج) درصد حداقل
(دو) ۵	(ه) ۷	۱۵	۸	-	تری کلسیم آلومینات (C_3A) (ج) درصد حداکثر
(دو) ۲۵	-	-	-	-	تترا کلسیم آلومینوفریت به اضافه دو برابر تری کلسیم آلومینات ($C_4AF + 2(C_3A)$) (ج) یا محلول جامد ($C_4AF + C_2F$) نیز بکار می‌رود. درصد حداکثر

الف - به تبصره رجوع شود.

ب - مواردی وجود دارد که مقدار بهینه SO_3 (با استفاده از روش آزمایش C_{562}) برای یک سیمان خاص

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نزدیک به مقدار حدی در این مشخصات است یا از آن فراتر می رود. در چنین مواردی که با افزایش مقدار حدی SO_2 در این جدول، بتوان خواص سیمان را بهبود بخشید، افزایش مقادیر در این جدول مجاز خواهد بود. به شرط آنکه به وسیله روش آزمایش $1038 C$ نشان داده شود که سیمانی که مقدار SO_2 آن افزایش یافته پس از ۱۴ روز در آب بودن، بیش از ۰/۰۲ درصد انبساط نخواهد داشت. هنگامیکه کارخانه سیمان تحت چنین نگرشی سیمان تهیه می کند، باید اطلاعات جانبی را طبق تقاضای خریدار، ارائه دهد:

ج - محدودیت های شیمیائی که به وسیله ترکیبات فرضی محاسبه شده، ارائه شده است، به این معنا نیست که این اکسیدها واقعاً یا کاملاً بصورت چنین ترکیباتی وجود دارند. هنگام ارائه این ترکیبات $S = SiO_2$ ، $C = CaO$ ، $F = Fe_2O_3$ ، $A = Al_2O_3$ ، برای مثال: $C_2A = 3 CaO \cdot Al_2O_3$.

دی اکسید تیتانیم و پنتا اکسید فسفر باید به مقدار Al_2O_3 اضافه شود در محاسبات ترکیبات فعال برای تعیین مشخصات، مقدار Al_2O_3 که بکار می رود عبارتست از گروه هیدروکسید آمونیم منهای اکسید آهن (III) ($2O_3 - Fe R_2O_3$) که به طریق روشهای کلاسیک شیمی تر بدست می آیند. در روش شیمی تر P_2O_5 ، TiO_2 ، Al_2O_3 و دیگر اکسیدهای کم مقدار همراه با گروه هیدروکسید آمونیم رسوب می کنند. در بسیاری از روشهای جدید دستگاهی تجزیه شیمیائی سیمان مقدار آلومینیم یا اکسید آلومینیم مستقیماً تعیین می شود، بدون آنکه اکسیدهای فرعی و کم مقداری که در روش کلاسیک رسوب می کنند را شامل شود. در نتیجه برای تداوم و فراهم آوردن امکان مقایسه بین نتایج فعلی و اطلاعات قدیمی و همچنین مقایسه بین روشهای تجزیه ای مختلف، هنگامیکه ترکیبات فعال که برای تعیین مشخصات محاسبه می شوند، با روشهایی تعیین شوند که Al و Al_2O_3 را مستقیماً اندازه گیری می کنند، مقادیر وزنی P_2O_5 و TiO_2 و دیگر اکسیدها بجز Fe_2O_3 که در گروه هیدروکسید آمونیم رسوب می کنند و مقدارشان ۰/۰۵ درصد وزنی یا بیشتر است باید به مقدار وزنی Al_2O_3 اضافه شود. با استفاده از روشهای تجزیه ای که مقدار این اکسیدها را مستقیماً در نمونه اندازه گیری می کنند، با استفاده از سوابق اطلاعاتی که در مورد این اکسیدها در سیمانهای از همان منبع وجود دارد، می توان مقادیر آنها را برآورد نمود.

هنگامیکه نسبت درصدهای اکسید آلومینیم به اکسید آهن (III) ۶۴٪ یا بیشتر است، باید درصدهای تری کلسیم سیلیکات، دی کلسیم سیلیکات و تری کلسیم آلومینات و تراکلسیم آلومینوفریت با استفاده از تجزیه شیمیائی سیمان به شرح زیر محاسبه شوند:

$$\begin{aligned} \text{تری کلسیم سیلیکات} &= (4/071 \times \% CaO) - (7/600 \times \% SiO_2) - (6/718 \times \% Al_2O_3) - \\ & (1/430 \times \% Fe_2O_3) - (2/852 \times \% SO_2) \\ \text{دی کلسیم سیلیکات} &= (2/867 \times \% SiO_2) - (0/7524 \times \% C_2S) \\ \text{تری کلسیم آلومینات} &= (2/650 \times \% Al_2O_3) - (1/692 \times \% Fe_2O_3) \end{aligned}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$\text{تتراکلسیم آلومینوفریت} = 3/043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3$$

هنگامیکه نسبت اکسیدهای آلومینیم - آهن (III) کمتر از ۰/۶۲ باشد محلول جامد کلسیم آلومینوفریت (که به صورت $(C_2AF + C_2F)$ SS نشان داده می شود) تشکیل می شود. مقدار این محلول جامد و تری کلسیم سیلیکات طبق فرمولهای زیر محاسبه می شود:

$$S_1 (C_2AF + C_2F) = (2/100 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) + (1/702 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{تری کلسیم سیلیکات} = (14/071 \times \% \text{CaO}) - (7/600 \times \% \text{SiO}_2) - (4/479 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (2/859 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2/852 \times \% \text{SO}_3)$$

در سیمانهای با این نوع ترکیب، تری کلسیم آلومینات وجود نخواهد داشت و دی کلسیم سیلیکات مانند روش قبل محاسبه می شود.

در محاسبه تمام این ترکیبات مقادیر اکسیدها با دقت ۰/۱ درصد بکار برده می شوند.

تمام مقادیر محاسبه شده به صورتی که در این تبصره شرح داده شده است باید با دقت ۱٪ گزارش شوند.

د - قابل کاربرد نیست.

ه - هنگامیکه محدودیت حرارت هیدراتاسیون در جدول ۴ مشخص شده باشد، بکار برده نمی شود.

و - هنگامیکه مقاومت در برابر سولفاتها در جدول ۴ مشخص شده باشد، بکار برده نمی شود.

۵ - افزودنیها:

۵-۱ - سیمانی که طبق این مشخصات می باشد نباید شامل هیچ افزونه ای باشد مگر به شرح زیر:

۵-۱-۱ - آب یا سولفات کلسیم یا هر دو، می توانند به مقادیری اضافه شوند که از محدوده ای که برای تری اکسید گوگرد و افت حرارتی در جدول ۱ نشان داده شده است، تجاوز ننماید.

۵-۱-۲ - بر طبق انتخاب سازنده سیمان، افزونه های فرآوری شده می تواند در ساخت سیمان بکار رود، بطوریکه باید مقدار این با مشخصات C ۴۶۵ مطابقت داشته باشد.

۵-۱-۳ - سیمان پرتلند هوازا باید شامل افزونه های آسیاب شده ای باشد که با مشخصات C ۲۲۶ مطابقت داشته باشد.

۶ - ترکیب شیمیائی

۶-۱ - سیمان پرتلند از هر یک از ۸ نوع سیمانی که در بخش یک ارائه شده است باید مشخصات شیمیائی

استاندارد مربوطه را که در جدول یک تشریح شده و مشخصات شیمیائی اختیاری را که در جدول ۲ نشان داده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شده است، در برداشته باشد.

۷- خواص فیزیکی

۷-۱- سیمان پرتلند از هر یک از ۸ نوع سیمانی که در بخش یک ارائه شده است باید مشخصات فیزیکی استاندارد مربوطه را که در جدول ۳ تشریح شده و مشخصات فیزیکی اختیاری را که در جدول ۴ نشان داده شده است، در برداشته باشد.

۸- نمونه برداری

۸-۱- هنگامیکه خریدار تمایل داشته باشد که از سیمان نمونه برداری شود و مورد آزمایش قرار گیرد تا معلوم شود با این مشخصات مطابقت دارد، نمونه برداری و آزمون سیمان باید طبق دستورالعمل C ۱۸۳ انجام شود.
۸-۲- دستورالعمل C ۱۸۳ برای کنترل کیفیت کارخانه سازنده طراحی نشده و برای گواهی کارخانه سازنده ضرورتی ندارد.

۹- روشهای آزمایش

۹-۱- خواصی از سیمان که در این مشخصات بر شمرده شده است، طبق روشهای آزمایش زیر، تعیین می شود:

- | | |
|--|--|
| ۹-۱-۱- اندازه گیری محتوی هوای ملات سیمان - روش آزمایش C ۱۸۵ | |
| ۹-۱-۲- تجزیه شیمیائی سیمان - روش آزمایش C ۱۱۴ | |
| ۹-۱-۳- اندازه گیری مقاومت - روش آزمایش C ۱۰۹ | |
| ۹-۱-۴- اندازه گیری گیرش کاذب - روش آزمایش C ۴۵۱ | |
| ۹-۱-۵- اندازه گیری نرمی به وسیله دستگاه نفوذپذیری هوا - روش آزمایش C ۲۰۴ | |
| ۹-۱-۶- اندازه گیری نرمی به وسیله دستگاه کدورت سنج - روش آزمایش C ۱۱۵ | |
| ۹-۱-۷- اندازه گیری حرارت هیدراتاسیون - روش آزمایش C ۱۸۶ | |
| ۹-۱-۸- اندازه گیری انبساط در اتوکلاو - روش آزمایش C ۱۵۱ | |
| ۹-۱-۹- اندازه گیری زمان گیرش به وسیله سوزن گیل مور - روش آزمایش C ۲۶۶ | |
| ۹-۱-۱۰- اندازه گیری زمان گیرش به وسیله سوزنهای ویکت - روش آزمایش C ۱۹۱ | |
| ۹-۱-۱۱- اندازه گیری مقاومت در برابر سولفاتها - روش آزمایش C ۴۵۲ (انبساط در اثر سولفاتها) | |
| ۹-۱-۱۲- اندازه گیری (انبساط ناشی از) سولفات کلسیم در ملات - روش آزمایش C ۱۰۳۸ | |

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۱-۱۳ - اندازه گیری مقدار بهینه SO_3 - روش آزمایش ۵۶۳ C
جدول ۲ - الزامات شیمیائی اختیاری (الف)

تذکرات	نوع سیمان				
	IV	V	III و IIIA	II و IIA	I و IA
برای مقاومت متوسط در برابر سولفاتها	-	-	۸	-	-
برای مقاومت زیاد در برابر سولفاتها	-	-	۵	-	-
برای مقدار حرارت هیدراتاسیون متوسط.	-	-	-	۵۸ (ج)	-
سیمان با قلیائیت - پائین	(د) ۰/۶۰	(د) ۰/۶۰	(د) ۰/۶۰	(د) ۰/۶۰	(د) ۰/۶۰

نری کلسیم آلومینات (CrA) (ب)، درصد حداکثر
نری کلسیم آلومینات (CrA) (ب)، درصد حداکثر
مجموع نری کلسیم سیلیکات و نری کلسیم آلومینات (ب)، درصد حداکثر
قلیائی ها ($Na_2O + ۰/۶۵ K_2O$)، درصد حداکثر

الف - این مشخصات انتخابی تنها اگر خواسته شوند، بکار برده می شوند. در دسترس بودن باید معلوم شده باشد. به تبصره بخش ۴ مراجعه شود.

ب - محدودیت‌های شیمیائی که به کمک ترکیبات فرضی محاسبه شده، تعریف می شوند، لزوماً نشان دهنده این نیست که این اکسیدها واقعاً یا کاملاً بصورت چنین ترکیباتی وجود دارند.

هنگام ارائه این ترکیبات: $C = CaO$ ، $S = SiO_2$ ، $A = Al_2O_3$ ، $F = Fe_2O_3$ است مثلاً: $CaO \cdot ۰,۲O_3$ ، $۳Al_2O_3 = CrA$ دی اکسید تیتانیم و پنتا اکسید فسفر باید به مقدار Al_2O_3 اضافه شود. در محاسبات ترکیبات فعال برای تعیین مشخصات، مقداری که برای Al_2O_3 بکار می رود، عبارتست از گروه آمونیوم هیدروکسید منهای اکسید آهن (III) ($R_2O_3 - Fe_2O_3$) که به طریق روشهای کلاسیک شیمی تردست می آیند. در روش شیمی تر، Al_2O_3 ، TiO_2 ، P_2O_5 و دیگر اکسیدهای کم مقدار، همراه با گروه آمونیوم هیدروکسید رسوب می کنند، در بسیاری از روشهای جدید دستگاهی تجزیه شیمیائی سیمان مقدار Al یا Al_2O_3 مستقیماً تعیین می شود. بدون آنکه اکسیدهای فرعی و کم مقداری که در روش کلاسیک رسوب می کردند را شامل شود. در نتیجه برای تداوم و فراهم آوردن امکان مقایسه نتایج فعلی با اطلاعات قدیمی و همچنین مقایسه بین روشهای تجزیه ای مختلف، هنگامیکه ترکیبات فعال که برای تعیین مشخصات محاسبه می شوند، به روشهایی تعیین شوند که Al و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

Al_2O_3 را مستقیماً اندازه گیری می کنند. مقادیر وزنی P_2O_5 و TiO_2 و دیگر اکسیدها بجز Fe_2O_3 که در گروه آمونیوم هیدروکسید رسوب می کنند و مقدارشان ۰/۰۵ درصد وزنی یا بیشتر است باید به مقدار وزنی Al_2O_3 اضافه شود. با استفاده از روشهای تجزیه ای که مقدار این اکسیدها را مستقیماً در نمونه اندازه گیری می کنند یا با استفاده از سوابق اطلاعاتی که در مورد این اکسیدها در سیمانهای از همان منبع، وجود دارد، می توان مقادیر آنها را برآورد نمود.

هنگامیکه نسبت درصد اکسید آلومینیم به درصد اکسید آهن (III) ۰/۶۴ یا بیشتر باشد. با استفاده از تجزیه شیمیائی سیمان، درصدهای تری کلسیم سیلیکات، دی کلسیم سیلیکات و تری کلسیم آلومینات و تتراکلسیم آلومینوفریت را باید به شرح زیر محاسبه کرد:

$$\text{تری کلسیم سیلیکات} = (4/071 \times \% \text{Cao}) - (7/400 \times \% \text{Sio}_2) - (6/718 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1/430 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2/852 \times \% \text{So}_3)$$

$$\text{دی کلسیم سیلیکات} = (2/867 \times \% \text{Sio}_2) - (0/7544 \times \% \text{C}_2\text{S})$$

$$\text{تری کلسیم آلومینات} = (2/650 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (1/692 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{تتراکلسیم آلومینوفریت} = 3/043 \times \% \text{Fe}_2\text{O}$$

هنگامیکه نسبت اکسیدهای آلومینیم - آهن (III) کمتر از ۰/۶۴ باشد. محلول جامد کلسیم آلومینوفریت (که به صورت $SS (C_2AF + C_2F)$ نشان داده می شود) تشکیل می شود. مقدار این محلول جامد و تری کلسیم سیلیکات طبق فرمولهای زیر محاسبه می گردد:

$$SS (C_2AF + C_2F) = (2/100 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) + (1/702 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{تری کلسیم سیلیکات} = (4/071 \times \% \text{Cao}) - (7/600 \times \% \text{Sio}_2) - (4/479 \times \% \text{Al}_2\text{O}_3) - (2/859 \times \% \text{Fe}_2\text{O}_3) - (2/852 \times \% \text{SO}_3)$$

در سیمانهای با این نوع ترکیب، تری کلسیم آلومینات وجود نخواهد داشت و دی کلسیم سیلیکات مانند روش قبل محاسبه می شود.

در محاسبه تمام این ترکیبات، مقادیر اکسیدها با دقت ۰/۱ درصد بکار برده می شود.

کلیه مقادیر محاسبه شده به صورتی که در این تبصره شرح داده شده است باید با دقت ۱٪ گزارش شوند.

ج - هنگامیکه این حد اختیاری، درخواست شده است، محدودیتی که برای حرارت هیدراسیون در جدول ۴ ارائه شده نباید درخواست شود.

د - هنگامیکه سیمان ^{بنتنی} بکار می رود که امکان می رود سنگدانه های آن فعالیت مضر داشته باشند، این محدودیت بکار می رود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

برای تعیین معیارهای مناسب برای فعالیت مضر، به مشخصات C_{33} مراجعه شود.

۱۰- بازرسی

۱۰-۱- برطبق توافق خریدار و فروشنده، بازرسی مواد به عنوان بخشی از قرارداد خرید سیمان منظور خواهد شد.

۱۱- رد کردن سیمان

۱۱-۱- هرگاه سیمان هر یک از الزامات این مشخصات را برآورده نسازد، مردود می شود.

۱۱-۲- سیمان فله که قبل از حمل و نقل به مدت ۶ ماه در سیلوها نگهداری می شود و یا در کیسه های مربوطه در انبارهای محلی فروشنده بیش از سه ماه مانده است، قبل از استفاده از سیمان آن را مجدداً آزمایش نموده و اگر با هر یک از الزامات این مشخصات مطابقت نکرد، رد می شود.

۱۱-۳- وزن کیسه های سیمان باید بصورت وزن خالص مشخص شده باشد، کیسه هایی که وزن آنها تا ۲٪ پائین تر از وزن اسمی آن است، رد می شود. و اگر در یک محموله، وزن ۵۰ کیسه که بطور تصادفی انتخاب شده اند کمتر از وزن متوسط کیسه ها باشد، کل محموله را می توان رد کرد.

۱۲- اطلاعیه سازنده سیمان

۱۲-۱- بنا بر درخواست خریدار، سازنده سیمان باید بصورت کتبی، ماهیت، مقدار و مشخصات ماده هوازای هر افزونه فرآوری شده ای که بکار برده است را اطلاع دهد، همچنین، اگر درخواست شده باشد نتایج آزمایش که نشان دهد افزودن چنین ماده هوازایی با مشخصات C_{226} و هر نوع افزونه فرآوری شده با مشخصات C_{266} مطابقت داشته است، باید ضمیمه شود.

۱۳- بسته بندی سیمان و علامت گذاری کیسه ها

۱۳-۱- وقتی سیمان در کیسه، تحویل داده می شود، عبارت "سیمان پرتلند" نوع سیمان نام و نشان سازنده و وزن سیمانی که درون کیسه است باید کاملاً واضح بر روی هر کیسه نوشته شود. هنگامیکه سیمان از نوع سیمان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

هوازا باشد باید عبارت "هوازا" در روی کیسه نوشته شده باشد. مشابه این اطلاعات باید در برنامهٔ محموله‌های سیمان فله‌ای یا کیسه‌ای موجود باشد هنگام بازرسی، تمام کیسه‌ها باید در وضعیت خوبی قرار داشته باشند.

جدول ۳ - الزامات فیزیکی استاندارد

V	IV	IIIA	III	IIA	II	IA	I	نوع سیمان (الف)
							۱۲	محتوای هوای ملات (ب) درصد حجمی:
۱۲	۱۲	۲۲	۱۲	۲۲	۱۲	۲۲	-	حداکثر
-	-	۱۶	-	۱۶	-	۱۶		حداقل
								نرمی (ج)، سطح ویژه m^2/kg (روشهای جایگزین):
۱۶۰	۱۶۰	-	-	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	۱۶۰	آزمایش کدورت سنج، حداقل
۲۸۰	۲۸۰	-	-	۲۸۰	۲۸۰	۲۸۰	۲۸۰	آزمایش نفوذپذیری هوا، حداقل
۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	۰/۸۰	انبساط در اتوکلاو، درصد حداکثر:
								مقاومت، کمتر از مقادیر مربوط به سن‌هایی که در زیر نشان داده شده، نمی‌باشد (د)
-	-	۱۴۵۰	۱۸۰۰	-	-	-	-	مقاومت فشاری، (Psi (Mpa):
		(۱۰/۰)	(۱۲/۴)					یک روزه
۱۲۰۰	-	۲۸۰۰	۳۵۰۰	۱۲۰۰	۱۵۰۰	۱۴۵۰	۱۸۰۰	
(۸/۳)		(۱۹/۳)	(۲۴/۱)	(۸/۳)	(۱۰/۳)	(۱۰/۰)	(۱۲/۴)	سه روزه
				(۰)۸۰۰ (۰)۱۰۰۰	(۰)۶/۹ (۰)۵/۵			
۲۲۰۰	۱۰۰۰	-	-	۲۰۰۰	۲۵۰۰	۲۲۵۰	۲۸۰۰	
(۱۵/۲)	(۶/۹)			(۱۳/۸)	(۱۷/۲)	(۱۵/۵)	(۱۹/۳)	هفت روزه
				(۰)۱۳۵۰ (۰)۱۷۰۰	(۰)۹/۳ (۰)۱۱/۷			
۳۰۰۰	۲۵۰۰	-	-	-	-	-	-	۲۸ روزه
(۲۰/۷)	(۱۷/۲)							

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

زمان گیرش (روشهای جایگزین)^(ه)

آزمایش گیلمور:

۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	۶۰	گیرش اولیه، دقیقه، کمتر نیست از
۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	۶۰۰	گیرش نهائی، دقیقه، بیشتر نیست از
آزمایش ویکات (ز)								
۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	زمان گیرش، دقیقه، کمتر نیست از
۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	۳۷۵	زمان گیرش، دقیقه، بیشتر نیست از

الف - به تبصره رجوع شود.

ب - تطابق با الزامات این مشخصات ضرورتاً باعث نمی شود که مقدار هوای مطلوب در بتن حاصل شود.

ج - برحسب انتخاب آزمایشگاه مجری، هریک از دو روش تعیین نرمی سیمان را می توان بکار برد. هنگامیکه نمونه، الزامات آزمایش نفوذپذیری هوا را برآورده نمی سازد، آزمایش کدورت سنج باید بکار برده شود. و الزامات مربوط به آن روش باید در نظر گرفته شود.

د - مقاومتی که در هر سن مشخص شده، بدست می آید، نباید کمتر از مقاومت سن قبلی آن باشد.

ه - خریدار باید نوع آزمایش زمان گیرش مورد نیاز را مشخص نماید. در غیر اینصورت، فقط الزامات آزمایش ویکات مدنظر خواهد بود.

و - هنگامیکه حرارت هیدراتاسیون اختیاری یا حدود ترکیب شیمیائی براساس مجموع فازهای تری کلسیم سیلیکات و تری کلسیم آلومینات تعریف شده باشد.

ز - زمان گیرش عبارتست از زمان گیرش اولیه ای که در روش آزمایش C191 شرح داده شده است.

جدول ۴ - الزامات فیزیکی اختیاری (الف)

V	IV	IIIA	III	IIA	II	IA	I	نوع سیمان (الف)
۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰	گیرش کاذب، نفوذ نهائی، درصد حداقل:
-	(ج) ۶۰ (۲۵۰)	-	-	۷۰ (ب) ۲۹۰	۷۰ (ب) ۲۹۰	-	-	حرارت هیدراتاسیون:
-	(ج) ۷۰ (۲۹۰)	-	-	-	-	-	-	۷ روزه، حداکثر Cal/g (kj/kg)
-	-	-	-	-	-	-	-	۲۸ روزه، حداکثر Cal/g (kj/kg)
مقاومت، کمتر نیست از مقادیر نشان داده شده:								

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مقاومت فشاری: Psi (Mpa)

	۳۲۰۰	۴۰۰۰	۳۲۰۰	۴۰۰۰	۲۸ روزه
	(۲۲/۱)	(۲۷/۶)	(۲۲/۱)	(۲۷/۶)	
	(ب) ۲۵۶۰	(ب) ۳۲۰۰			
	(ب) (۱۷/۷)	(ب) (۲۲/۱)			
۰/۰۴	-	-	-	-	مقاومت در بر سولفاتها (د)

۱۴ روزه - حداکثر درصد انبساط

الف - این الزامات اختیاری فقط اگر درخواست شود، بکار می‌رود. در دسترس بودن سیمان باید معلوم شده باشد. به تبصره بخش ۴ رجوع شود.

ب - هنگامیکه این حد اختیاری درخواست شده است، حد اختیاری مجموع تری کلسیم سیلیکات و تری کلسیم آلومینات در جدول ۲، نباید درخواست شود. وقتی الزام حرارت هیدراتاسیون یا مجموع تری کلسیم سیلیکات و تری کلسیم آلومینات درخواست شده باشد، التزام مقاومت بکار برده می‌شود.

ج - وقتی حرارت هیدراتاسیون معین شده باشد، جایگزین حدود C_{3S} ، C_{2S} و C_{3A} می‌شود که در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

د - وقتی مقاومت در برابر سولفاتها معین شده باشد، جایگزین حدود C_{3A} و $C_{3A} + 2C_{4AF}$ می‌شود که در جدول ۱ ارائه شده‌اند.

۱۴ - ذخیره سازی ۱۴ - ۱ - سیمان باید به نحوی ذخیره شود که امکان بازرسی و شناسائی مناسب هر محموله به راحتی انجام شود و در یک ساختمان مناسب آب‌بندی شده نگهداری شود که سیمان را از رطوبت محفوظ نگه دارد و خرابی ناشی از انبار کردن را به حداقل برساند.

۱۵ - گواهی سازنده سیمان

۱۵ - ۱ - برطبق درخواست خریدار در قرارداد یا سفارش، نتایج آزمایشات انجام شده بر روی نمونه‌های سیمان که در طی مراحل تولید و حمل اخذ شده است، در گزارش سازنده سیمان منعکس گردیده و همراه محموله سیمان باشد و گواهی دهد که سیمان با الزامات این مشخصات مطابقت دارد.

۱۶ - لغات کلیدی

۱۶ - ۱ - سیمان هیدرولیک، سیمان پرتلند، مشخصات.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : C ۱۵۱

روش استاندارد برای انبساط اتوکلاو سیمان پرتلند

۱- هدف:

۱-۱- این روش برای تعیین انبساط اتوکلاو بر روی نمونه‌هایی است که از خمیر سیمان با غلظت طبیعی ساخته شده‌اند.

۱-۲- مقادیری که برحسب بوند - اینچ بیان می‌شوند بعنوان استاندارد تلقی می‌گردند.

۱-۳- این استاندارد مستلزم مواد، عملیات، و وسائل مخاطره آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی‌نماید. آزمایش کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

برای احتیاطات ایمنی ویژه این آزمایش به بخش ۶ از این روش کار مراجعه نمایید.

۲- مدارک موجود

۱-۲- استانداردهای A.S.T.M.:

C ۱۸۷ روش آزمایش برای غلظت طبیعی سیمان هیدرولیک

C ۳۰۵ دستورالعمل برای مخلوط کردن مکانیکی خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری.

C ۴۹۰ مشخصات لازم برای دستگاه اندازه گیری تغییرات طولی خمیر، ملاط و بتن سخت شده.

C ۵۱۱ مشخصات لازم برای محفظه‌های رطوبت، اطاقهای رطوبت، اطاقهای رطوبت، و تانکهای آب که مخصوص نگهداری نمونه‌های سیمان و بتن می‌باشد.

C ۱۷۷ دستورالعمل برای کاربرد اصطلاحات دقت در روش‌های آزمایش A.S.T.M.

۳- اهمیت و کاربرد

۱-۳- این آزمایش، انبساط سیمان را که در آینده رخ می‌دهد مشخص می‌کند (بعد از احداث بنا با سیمان مورد نظر). این انبساط مربوط به هیدراته شدن Cao یا Mgo و یا هر دو می‌باشد.

۴- دستگاه

۱-۴- ترازو و وزنه‌ها بر طبق C ۴۹۰ می‌باشد.

۲-۴- ظروف شیشه‌ای مدرج با حجم ۲۰۰ یا ۲۵۰ میلی لیتر بر طبق مشخصات C ۴۹۰ می‌باشد.

۳-۴- قالب‌ها دارای سطح مقطع ۱ × ۱ اینچ (۲۵/۴ × ۲۵/۴ میلی متر) و بر طبق مشخصات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲۹۰ C می باشد.

۴-۴ - ماله، دارای تیغه‌ای بالبه صاف و به طول ۱۰ تا ۱۵ سانتیمتر می باشد.

۴-۵ - اتوکلاو (دیگ بخار با فشار زیاد)، دارای یک محفظه با فشار بخار بالا و مجهز به ترمومتر می باشد. هم چنین دارای صفحه گسیختگی است که تحمل فشار انفجاری آن ۳۵۰ پوند بر اینچ مربع (۲/۴ مگاپاسکال) ۵ ± است. در مواردی که صفحه مذکور وجود ندارد از سوپاپ اطمینان استفاده می شود. بعلاوه، اتوکلاو دارای یک منفذ خروجی است که در ابتدا روشن نمودن دستگاه، هوای موجود در آنرا خارج و هم چنین در پایان آزمایش نیز بخار آب باقیمانده را خارج می نماید. صفحه درجه فشار (gage) دارای قطر اسمی $4\frac{1}{4}$ اینچ (۱۱۴ میلی متر) میباشد و از ۰ تا ۶۰۰ پوند بر اینچ مربع (۰ تا ۴/۱ مگاپاسکال) را نشان بدهد. خطای فشار برای ۲۹۵ پوند بر اینچ مربع (۲ مگاپاسکال) نباید بیش از $3\pm$ پوند بر اینچ مربع ($2\pm\%$ مگاپاسکال) تجاوز نماید. فشار دستگاه، وقتی نمونه و آب داخل آن قرار دارد، پس از روشن شدن باید ظرف مدت ۷۵ - ۴۵ دقیقه به ۲۹۵ پوند بر اینچ مربع برسد. سیستم اتوماتیک کنترل فشار باید قادر باشد فشار را برای مدت حداقل ۳ ساعت $10\pm$ ۲۹۵ پوند بر اینچ مربع ($7\pm\%$ مگاپاسکال) نگه دارد. فشار مذکور مطابق با $3\pm$ ۴۲۰ ($2\pm\%$ مگاپاسکال) است. اتوکلاو به شکلی طرح شده است که ظرف مدت $1\frac{1}{4}$ ساعت، فشار را از ۲۹۵ پوند بر اینچ مربع به کمتر از ۱۰ پوند بر اینچ مربع کاهش دهد ($1\frac{1}{4}$ ساعت از هنگام خاموش کردن دستگاه در نظر گرفته شده است).

۱-۴-۵ - صفحه گسیختگی - صفحه مذکور باید از ماده‌ای ساخته شده باشد که از نظر مقاومت کششی نسبت به درجه حرارت‌های بین 420°F - 68 (216°C - 20) حساس نباشد و جنس آن از نظر الکتروشیمی با لوله‌ای که به آن وصل می شود و گیره‌ای که آن را نگه می دارد سازگار باشد.

۶-۴ - دستگاه مقایسه کننده طول (کومپاراتور) - این دستگاه تغییرات طولی نمونه را اندازه گیری می نماید و مشخصات آن بر طبق ۲۹۰ C می باشد.

۵- درجه حرارت و رطوبت

۱-۵ - اطاق قالب گیری - درجه حرارت اطاق، مواد خشک، و قالب‌ها $27/5^{\circ}\text{C}$ - 20 و در مورد آب مخلوط $1/7^{\circ}\text{C}$ $23\pm$ و رطوبت نسبی اطاق حداقل ۵۰٪ تعیین شده است.

۲-۵ - وسائل نگهداری نمونه‌ها - درجه حرارت و رطوبت آنها بر طبق مشخصات ۵۱۱ C می باشد ولی بطور خلاصه می توان گفت: درجه حرارت تانک آب و محفظه رطوبت $1/7^{\circ}\text{C}$ + 23 و رطوبت نسبی محفظه حداقل ۹۰٪ تعیین شده است.

۶- احتیاطات ایمنی

۱-۶ - صفحه درجه فشار باید دارای حداکثر ظرفیت ۶۰۰ پوند بر اینچ مربع (۴/۱ مگاپاسکال) باشد. این

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

موضوع دارای اهمیت می باشد زیرا چنانچه از این حد کمتر باشد طول قوسی که عقربه فشارسنج روی آن حرکت می کند کوچک می شود و در نتیجه نمی توانید فشارهای بالای ۲۹۵ پوند بر اینچ مربع (که برای این آزمایش تعیین شده است) را بخوانید. آزمایش کننده باید یقین داشته باشد که عقربه از حداکثر درجه روی صفحه خارج نشود.

۲-۶- بهتر است فشارسنج مرتب مورد آزمایش قرار گیرد ولی بهر صورت همیشه با آن یک ترمومتر نیز بکار ببرید تا کار فشارسنج را کنترل نماید و هرگونه وضع غیرعادی را نشان دهد.

۳-۶- کنترل اتوماتیک دستگاه را در تمام مدت آزمایش در وضعیت صحیح قرار دهید.

۴-۶- شیر (سوپاپ) اطمینان را طوری تنظیم نمایید که اگر فشار از ۶ تا ۱۰ درصد $(۳۰۵ \times ۱۰ - ۱۰ \times ۰.۶)$ پوند بر اینچ مربع بالاتر رفت، اضافه فشار را خارج نماید. ۳۰۵ حد ماکزیمم 10 ± 295 است که برای این آزمایش تعیین شده است:

$$295 + 10 = 305$$

پوند بر اینچ مربع

$$.10 \times 305 = 30.5$$

پوند بر اینچ مربع

$$305 + 30.5 = 335.5 \# 330$$

پوند بر اینچ مربع

بطور خلاصه، شیر اطمینان را به حدی تنظیم نمایید که اگر فشار از ۳۳۰ پوند بر اینچ مربع بالاتر رفت اضافه را خارج نماید. شیر اطمینان باید دوبار در سال یا طبق دستور سازنده مورد آزمایش و بازدید قرار گیرد. میتوان آنرا با وسیله آزمایش مخصوص درجه فشار (gage) امتحان نمود یا بوسیله کنترلهای اتوماتیک دستگاه اتوکلاو تنظیم نمود تا به فشار ۳۳۰ پوند بر اینچ مربع برسد که در این فشار، شیر اطمینان یا باز است و یا تنظیم شده که باز شود.

یادآوری ۱- گاهی اوقات اتفاقات غیر منتظره رخ می دهد، بعنوان مثال کنترل اتوماتیک خراب می شود، شیر اطمینان می چسبد، عقربه درجه فشار (gage) یک دور کامل می زند و مجدداً به صفر می رسد که با نگاه سطحی متوجه آن نمی شویم ولی اگر به دقت ملاحظه نمائیم می بینیم که عقربه بجای آنکه در بالای میله تکیه گاه قرار داشته باشد در زیر آن قرار دارد. آنچه ذکر گردید مواردی هستند که باید به آنها دقت زیاد نمود تا از بروز هرگونه حادثه ای جلوگیری شود.

۵-۶- در انتهای آزمایش، هنگام باز نمودن در اتوکلاو، از دستکش چرمی ضخیم استفاده نمائید تا دچار سوختگی نشوید. منفذ خروج را در مقابل دست، صورت، و بدن خود قرار ندهید. هنگامیکه سرپوش دستگاه را برمی دارید، آن را بصورت کج بردارید بطوریکه سپری در مقابل صورت شود و بخارات از زیر آن خارج شود. دقت نمائید توسط آب داخل اتوکلاو نسوزید.

۶-۶- یادآوری می شود که در بسیاری از اتوکلاوهای موجود، لازم نیست در انتهای آزمایش عقربه درجه صفر را نشان بدهد زیرا ممکن است هنوز مقداری فشار در دستگاه موجود باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷- تعداد نمونه‌های آزمایش

۷-۱- حداقل یک نمونه بسازید.

۸- تهیه قالب‌های نمونه

۸-۱- قالب‌ها را بر طبق مشخصات C ۴۹۰ تهیه نمایید.

۹- تهیه نمونه‌های آزمایش

۹-۱- تهیه خمیر سیمان - با ۶۵۰ گرم سیمان و مقدار آب غلظت طبیعی، یک پیمانانه خمیر بسازید (مخلوط کردن آن طبق روش C ۳۰۵ می‌باشد) اگر پس از آزمایش غلظت طبیعی، بر روی همان نمونه، آزمایش گیرش انجام داده‌اید، می‌توانید از باقیمانده خمیر در جام برای نمونه اتوکلاو استفاده نمایید.

۹-۲- قالب‌گیری نمونه‌ها - بلافاصله پس از تهیه نمونه‌های آزمایش گیرش یا پس از اتمام عمل مخلوط کردن (در صورتیکه نخواهید آزمایش گیرش انجام دهید)، قالب‌های آزمایش اتوکلاو را در دو لایه تقریباً مساوی پر نمایید و هر لایه را با دو شصت و یا دو انگشت سبابه بطریقی فشار دهید که خمیر در گوشه‌های قالب و اطراف پیچ‌های دو سر نمونه و بطور کلی در تمام سطح قالب جا گرفته و بصورت یکنواخت (هموزن) در آید.

پس از اعمال ذکر شده، توسط یک "ماله لبه نازک"، لایه دوم را با بالای قالب تراز نمایید و با چند حرکت ماله سطح خمیر را کاملاً مسطح نمایید. در موقع قالب‌گیری از دستکش استفاده نمایید.

۹-۳- نگهداری نمونه‌های آزمایش - بعد از آنکه قالب‌گیری بطور کامل انجام شد، قالب محتوی نمونه را به مدت (دقیقه 30 ± 24 ساعت) در محفظه یا اطاق رطوبت قرار دهید.

۱۰- روش آزمایش

۱۰-۱- بعد از مدت ذکر شده در ردیف ۳-۹، قالب‌ها را از محفظه یا اطاق رطوبت بیرون بیاورید و نمونه‌ها را از آنها خارج نمایید و بلافاصله طول آنها را اندازه‌گیری نمایید و در جای مخصوص آنها در اتوکلاو قرار دهید. این جای مخصوص به شکلی است که تمام سطوح نمونه در معرض بخار آب اشباع قرار گیرد. اتوکلاو باید دارای آب کافی با حرارت ابتدایی $28^{\circ}\text{C} - 20$ باشد تا در زمان آزمایش بتواند از بخار آب اشباع، پر شود. بطور متداول برای رسیدن به این بخار در طول آزمایش باید در ابتدا $10 - 7\%$ حجم اتوکلاو از آب پر شود.

۱۰-۲- خارج کردن هوای داخل اتوکلاو به این ترتیب است: در حرارت‌های اولیه (که دستگاه تازه روشن شده است) بخار آب، هوا را خارج می‌نماید (در این حالت شیر خروجی باید باز باشد). (احتیاط - بخش ۶ را ملاحظه نمایید). پس از مدتی بخار آب خارج می‌شود که می‌توانید مشاهده نمایید. پس از اطمینان از خارج شدن هوا، شیر خروجی را ببندید و حرارت را به نحوی بالا ببرید که فشار بخار در مدت ۴۵ تا ۷۵ دقیقه به ۲۹۵ پوند بر اینچ مربع برسد و آنرا به مدت ۳ ساعت در این فشار نگه دارید (10 ± 295) در پایان مدت مذکور گرما را قطع

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱/۴

نمائید و اتوکلاو را به طریقی خنک کنید که در مدت ۱ ساعت فشار به کمتر از ۱۰ پوند بر اینچ مربع برسد. پس از آن، شیر خروجی را به آرامی باز نمائید تا باقیمانده فشار، خارج شود و فشار داخل اتوکلاو برابر اتمسفر شود. سپس در اتوکلاو را باز نمائید و نمونه‌ها را خارج ساخته، در یک ظرف محتوی آب بیش از 90°C قرار دهید. آب مذکور را طی مدت ۱۵ دقیقه بطور یکنواخت به 23°C برسانید. این عمل را با ریختن آب با حرارت معمولی بر روی آب 90°C انجام دهید. بعد از آنکه آب ظرف 23°C شد آنرا به مدت ۱۵ دقیقه در همین حرارت نگه دارید. آنگاه نمونه را از سطح خشک نمائید و طول آنرا مجدداً اندازه گیری نمائید.

یادآوری ۲- اگر بخواهید اندازه گیری های طول را در حرارت 27°C انجام دهید، باید نمونه‌ها را پس از خروج از محفظه یا اطاق رطوبت، حداقل ۱۵ دقیقه در آب 27°C قرار دهید. بعد طول اولیه آنرا تعیین نمائید. هم چنین پس از خروج آنها از اتوکلاو نیز اعمال ذکر شده در ردیف ۲ - ۱۰ را عیناً انجام دهید به جز اینکه بجای آب 23°C درجه از آب 27°C استفاده نمائید.

۱۱- محاسبه

۱- ۱۱- تفاوت طول اولیه و ثانویه را بعنوان درصد مؤثر طول دستگاه مقایسه کننده محاسبه و با تقریب ۱/۰٪ گزارش نمائید. درصد افزایش طول، انبساط اتوکلاو نامیده می شود. اگر با کاهش طول مواجه شدید آنرا با یک علامت منفی (-) گزارش نمائید.

۱۲- دقت

۱- ۱۲- ۹۵٪ اوقات، نتایج دو آزمایش (هر کدام معدل یک آزمایش دوتایی) که بطور صحیح و توسط یک آزمایش کننده در دو روز مختلف انجام شده است نباید بیش از ۲۱٪ از میانگین آنها تفاوت داشته باشد و نتایج آزمایش (هر کدام معدل یک آزمایش دوتایی) بدست آمده از دو آزمایشگاه مختلف که بطور صحیح انجام شده است نباید بیش از ۴۷٪ از میانگین آنها اختلاف داشته باشد.



ASTM : C ۱۷۲-۹۷

دستورالعمل استاندارد برای نمونه برداری از بتن تازه مخلوط شده

۱- هدف

۱-۱- این دستورالعمل شامل روش‌هایی برای تهیه نمونه های معرف از بتن تازه تحویل شده به محل پروژه می باشد که آزمایشها بر روی آن به منظور تعیین تطابق ویژه گی های آن با مشخصات انجام می شود (تذکره ۱). این دستورالعمل شامل نمونه برداری از مخلوط کن های مراکز ثابت تولید بتن ، مخلوط کن های کامیونی ، ابزارهای مخلوط کنی و غیر مخلوط کنی که برای انتقال بتن مخلوط شده از مرکز اختلاط بتن بکار می رود نیز می باشد.

۱-۲- مقادیر ارائه شده بر حسب واحدهای SI را باید بعنوان استاندارد محسوب کرد. مقادیری که در داخل پراکنش آمده است فقط جهت اطلاع ارائه گردیده است.

تذکره ۱- برای این دستورالعمل نیاز به نمونه های ترکیب شده می باشد مگر اینکه انتظار ویژه ای برای روش آزمایش معینی که باید انجام شود داشته باشیم مانند آزمایشهایی برای تعیین قابلیت مخلوط کن و یکنواختی غلظت . در این دستورالعمل روش های پیمانته های (بیچ) آزمایشی خاص بیان نشده است اما توصیه می گردد از نمونه برداری اتفاقی برای تطابق با مشخصات استفاده شود.

۱-۳- این دستورالعمل همچنین شامل روشهایی برای آماده سازی نمونه های بتن برای آزمایشهای بعدی که در آن نیاز است که مصالح سنگی درشت تر از اندازه که باید از آن جدا شود. می باشد. جداسازی ذرات مصالح سنگی درشت تر ترجیحاً به روش الک کردن تر انجام می شود.

۱-۴- در متن استاندارد به تذکرات و زیرنویسهایی اشاره شده که مطالب تشریحی را ارائه می نماید و نباید آنها را بعنوان ضرورت های دستورالعمل در نظر گرفت.

۱-۵- این استاندارد در بردارنده کلیه نکات ایمنی مربوط به استفاده از آن نمی باشد (چنانچه وجود داشته باشند) ایجاد روشهای بهداشتی و ایمنی مناسب و تعیین قابلیت اعمال محدودیت های مقرراتی قبل از استفاده از مسئولیت های کاربر است.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM

E۱۱ ویژگیهای الکهای سیمی برای اهداف آزمایش

۳- اهمیت و کاربرد.



۳-۱- هدف این دستورالعمل تعیین روشهای استاندارد برای نمونه برداری از بتن تازه مخلوط شده از مخازن و محل های مختلفی است که در تولید و یا انتقال بتن مورد استفاده قرار می گیرند. جزئیات لازم در مورد مواد، مخلوط کن ها، مقدار هوای موجود، درجه حرارت، تعداد نمونه ها، اوقات بتن، تفسیر نتایج، دقت و خطا در دستورالعمل های خاص آورده شده اند.

۴- نمونه برداری

۴-۱- زمان سپری شده بین کسب اولین و آخرین بخش نمونه مخلوط باید حتی الامکان کم باشد اما در هیچ شرایطی نباید از ۱۵ دقیقه تجاوز نماید.

۴-۱-۱- نمونه ها را به محلی که بتن تازه باید آزمایش شود یا جایی که باید در قالب ریخته شود منتقل نمائید. آنها را حداقل مقدار لازم توسط یک بیل مجدداً مخلوط نموده تا ضمن اطمینان از یکنواختی تطابق آن با حداقل محدوده زمانی مندرج در ۴-۱-۲ حاصل گردد.

۴-۱-۲- آزمایش های افت، تعیین دمای بتن، مقدار هوا را در محدوده ۵ دقیقه پس از بدست آمدن بخش نهایی نمونه مخلوط شده شروع کنید. این آزمایشهای را سرعاً انجام دهید در قالب ریختن نمونه ها را در محدوده ۵ دقیقه پس از بدست آمدن بخش نهایی نمونه مخلوط شده شروع کنید. این آزمایشها را سریعاً انجام دهید. در قالب ریختن نمونه ها را در محدوده ۱۵ دقیقه پس از مخلوط نمودن نمونه آغاز کنید تا زمان بین تهیه نمونه و اتمام عملیات را کوتاه کنید و نمونه ها را از آفتاب، باد و سایر منابع دیگر که باعث تبخیر سریع و خراب شدن نمونه ها می شود، حفظ کنید.

۵- روش آزمایش

۵-۱- مقادیر نمونه - حداقل ۲۸ لیتر (یک فوت مکعب) نمونه که برای آزمایشهای مقاومت مورد استفاده قرار خواهد گرفت. تهیه نمایند برای آزمایشهای تعیین مقدار هوا، دما و افت نمونه های کمتری استفاده می شوند. مقدار نمونه ها با حداکثر اندازه مصالح سنگی تعیین می شوند.

۵-۲- روشهای مورد استفاده در نمونه برداری باید شامل بکارگیری کلیه دقتهایی باشد تا به تهیه نمونه هایی منجر گردد که نمایانگر و معرف ماهیت و وضعیت بتن که به شرح زیر نمونه برداری می شود باشد.

۵-۲-۱- نمونه برداری معمولاً باید وقتی انجام شود که بتن از مخلوط کن بوسیله انتقال دهنده بتن جابجا می شود. هرچند ویژگی ها ممکن است مستلزم نکات دیگری درباره نمونه برداری باشند مانند تخلیه بتن با پمپ

۵-۲-۱- نمونه برداری از مخلوط کن های ثابت - به غیر از مخلوط کن های راهسازی نمونه بتن را به جمع آوری دویا چند بخش از بتن که در فواصل زمانی معینی از قسمت میانی پیمانه (بیج) نمونه برداری گردیده، تهیه نمائید. این بخش ها را در زمان های تعیین شده که در بخش ها مشخص شده، تهیه نمایند. بخش های نمونه ترکیبی را از اولین یا آخرین قسمت پیمانه (بیج) تخلیه شده بردارید (تذکر ۳) نمونه برداری



را با عبور دادن یک ظرف بطور کامل از درون جریان تخلیه یا بوسیله انحراف کامل جریان تخلیه به درون ظرف، انجام دهید. چنانچه سرعت تخلیه بتن آنقدر زیاد است که نمی توان آن را منحرف نمود، جریان بتن را به یک ظرف یا واحد انتقالی که به اندازه کافی گنجایش برای پیمانته را دارد منحرف کنید و سپس نمونه برداری را به همان طریقی که در قسمت بالا ارائه شده انجام دهید. احتیاط کنید جریان بتن از مخلوط کن مخزن یا واحد انتقال را بگونه ای محدود نکنید که باعث جدایی مواد شود. این ویژگی ها در مورد هر نوع مخلوط کن شیب دار کاربرد دارد.

تذکره ۳- قبل از تخلیه ۱۰ درصد پیمانته (بیج) و بعد از تخلیه ۹۰ درصد آن نباید هیچگونه نمونه برداری انجام شود. بعلاوه دشواری تعیین مقدار کافی بتن تخلیه شده، منظور این است که نمونه هایی تهیه شوند که نماینده بخش وسیع باشند نه اینکه از اول و آخر محموله باشد.

۵-۲-۲- نمونه برداری از مخلوط کن های راهسازی - وقتی محتویات مخلوط کن راهسازی تخلیه شد از بتن نمونه برداری کنید. نمونه ها را حداقل از پنج قسمت مختلف بردارید و بعد هم با هم مخلوط نموده و برای آزمایش استفاده نمائید از تماس و آغشته شدن بتن با لایه زیرین و تماس طولانی با لایه زیرین جاذب جلوگیری نمائید برای جلوگیری از آغشته شدن یا جذب بوسیله لایه زیرین سه ظرف کم عمق را روی لایه زیرین قرار دهید و بتن را در داخل ظروف تخلیه و نمونه برداری نمائید. نمونه های بدست آمده را مخلوط کنید تا یک نمونه برای آزمایش بدست آید. ظروف باید در اندازه ای باشند که بتوان در آنها نمونه مخلوط در مقادیر مناسب و مطابق با حداکثر اندازه مصالح سنگی تهیه کرد.

تذکره ۴- در برخی موارد لازم است ظروف را روی لایه زیرین محکم مستقر نمود تا حین تخلیه جابجا نشوند.

۵-۲-۳- نمونه برداری از مخلوط کن های چرخشی کامیونی یا همزن ها - نمونه بتنی را با جمع آوری دو یا چند بخش در فواصل منظم در حین تخلیه بخش میانی پیمانته (بیج) نمونه برداری نمائید. نمونه هایی را که به این ترتیب به دست آمده برحسب زمان تعیین شده در بخش ها تهیه کرده و پس از اختلاط با یکدیگر، یک نمونه آزمایشی بدست آورید. در هر صورت وقتی که تمام آب به مخلوط کن اضافه شده و یا از بخش اول و آخر پیمانته تخلیه شده نمونه برداری نکنید. (تذکره ۳)

نمونه برداری را با عبور دادن یک ظرف به مکرر از درون جریان تخلیه شده یا انحراف کامل پیمانته تخلیه شده به درون یک ظرف نمونه برداری را انجام دهید. سرعت تخلیه با میزان چرخش و اندازه دریچه خروجی را تنظیم کنید.

۵-۲-۴- نمونه برداری از مخلوط کن های کامیونی سرباز، هم زن ها، ابزارهای غیرهمزن یا دیگر مخازن



سرباز - برحسب شرایط موجود نمونه برداری را براساس شیوه ای ارائه شده در ۱-۲-۵ و ۲-۲-۵ و ۳-۲-۵ هر کدام که عملی تر هستند انجام دهید.

۶- روش کار اضافه برای بتن های که دارای مصالح سنگی درشت تر از حداکثر اندازه می باشند.

۶-۱- وقتی بتن محتوی مصالح سنگی بزرگتر از اندازه مناسب برای ریختن در قالبها وسائل مورد استفاده باشد ، نمونه را به همان ترتیبی که در ذیل آمده مرطوب الک نمائید و فقط آزمایش وزن واحد حجم را برای کل مخلوط بدست آمده انجام دهید.

۵- تاثیر مرطوب الک کردن بر نتایج آزمایش را باید در نظر داشت. به عنوان مثال مرطوب الک کردن سبب می شود بر اثر مقدار کار اضافی مقدار کمی از هوا از بین برود مقدار هوای بتن مرطوب الک شده بیشتر از کل بتن است چون مصالح سنگی درشت کنار گذاشته شده و هوایی را در خود نگه نمی دارد. مقاومت ظاهری بتن مرطوب الک شده در نمونه های کوچکتر ، معمولاً بیشتر از کل بتن در نمونه های با اندازه مناسب بزرگتر می باشد تاثیر این تفاوت ها احتمالاً نیازمند توجه و تعیین توسط آزمایشات تکمیلی برای کنترل کیفی و یا ارزیابی اهداف نتایج آزمایش می باشد.

بتن رده شده از الک باید به درون ظرفی با اندازه مناسب که قبلاً مرطوب شده و یا به درون یک سطح مرطوب ، تمیز و غیرجاذب بریزید و پس از جداسازی ذرات درشت مصالح سنگی با مرطوب الک کردن ، پیمانه را مجدداً با یک بیل در حداقل مقادیر لازم مجدداً مخلوط کنید تا یکنواختی آن تضمین شود. سپس بلافاصله آزمایش را ادامه دهید.

۷- لغات کلیدی

۷-۱- هوای موجود در درون بتن - پیمانه ، نمونه ترکیبی ، بتن ، افت ، دما مرطوب الک کردن .

ASTM : C ۱۸۵

روش آزمایش استاندارد برای مقدار هوای ملاط سیمان هیدرولیک

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش برای تعیین مقدار هوای ملاط سیمان هیدرولیک است که تحت شرایطی که ذکر خواهد شد انجام می شود.

۱-۲- مقادیری که برحسب اینچ - پوند بیان می شود به عنوان استاندارد تلقی می گردد.

۱-۳- این استاندارد مستلزم مواد، عملیات، و وسائل مخاطره آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی نماید آزمایش کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲- مدارک موجود

۱-۲- استانداردهای ASTM:

C ۱۸۳ دستورالعمل نمونه گیری برای آزمایشات سیمان هیدرولیک.

C ۲۳۰ مشخصات لازم برای صفحه فلو که برای آزمایشات سیمان کاربرد دارد.

C ۳۰۵ دستورالعمل برای مخلوط کردن مکانیکی خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری

C ۵۱۱ مشخصات لازم برای محفظه های رطوبت، اطاقهای رطوبت و تانکهای آب مخصوص نگهداری نمونه های سیمان و بتن

C ۷۷۸ مشخصات لازم برای شن استاندارد

C ۱۰۰۵ مشخصات لازم برای وزنه ها و وسائل سنجش وزن که در آزمایشات فیزیکی سیمان کاربرد دارد.

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- در این روش یک ملاط از سیمان و شن استاندارد با مقدار کافی آب، ساخته می شود. مقدار کافی آب، آن است که یک فلوی مشخص به ملاط بدهد. ملاط مذکور در یک ظرف با حجم و وزن معین ریخته می شود و ضربه می خورد. مقدار هوای ملاط از دانسیته آن و دانسیته اجزاء تشکیل دهنده آن و نسبت مخلوط بدست می آید.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- این آزمایش مشخص می نماید که سیمان مورد نظر دارای خواص هوازا یا غیرهوازا است. مقدار هوای بتن تحت تاثیر عوامل زیادی، غیر از پتانسیل هوازایی سیمان، قرار می گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵- دستگاه

۱- ۵- - صحنه فلو، قالب فلو، و کولیس بر طبق مشخصات ۲۳۰ C است.

۲- ۵- - ظرف آزمایش - یک ظرف استوانه‌ای با قطر داخلی $\frac{1}{16} \pm 3$ اینچ ($\frac{1}{6} \pm 76/2$ میلیمتر) و عمق تقریبی $\frac{315}{33}$ اینچ ($88/1$ میلیمتر) است. این ظرف می‌تواند 1 ± 400 میلی لیتر آب $1/7 \pm 23$ درجه سانتیگراد را در خود جای دهد (یادآوری ۱).

در این آزمایش حجم ظرف برحسب میلی لیتر از تقسیم وزن آب موجود در آن بر عدد $0/9976$ بدست می‌آید. ظرف آزمایش دارای جدار متحدالشکل از نظر ضخامت است که کمیت اخیر در دیوار و ته ظرف نباید کمتر از $2/92$ میلی متر باشد. وزن ظرف خالی نباید بیش از 900 گرم باشد و باید از فلزی ساخته شده باشد که توسط ملاط خورده نشود.

یادآوری ۱ - ظرف 400 میلی لیتری به سادگی می‌تواند کالیبره شود. برای این کار آنرا با آب مقطر $1/76 \pm 23$ C پر نمائید بطوریکه آب کمی از سطح ظرف بالا بیاید. سپس روی آن یک صفحه شیشه‌ای تمیز قرار دهید تا آب اضافه از زیر شیشه خارج شود. اگر در زیر شیشه حباب هوا مشاهده نگردید معلوم می‌شود که هوا کاملاً خارج شده است در این هنگام اطراف ظرف را کاملاً خشک و بعد وزن نمائید.

۳- ۵- - مخلوط کن، جام، و پره طبق مشخصات دستگاه 305 C است.

۴- ۵- - کارد مخصوص - یک نوار فلزی استیل به طول 102 میلی متر و ضخامت آن حداقل 16 میلیمتر و حداکثر $3/2$ میلیمتر با لبه کاملاً صاف است.

۵- ۵- - وزنه‌ها و وسائل سنجش وزن بر طبق مشخصات 1005 C است. وسائل سنجش وزن باید برای یک بار 2 کیلوگرم صحت و دقت داشته باشند.

۶- ۵- - ظروف مدرج شیشه‌ای، دارای گنجایش 250 میلی لیتر و تقسیمات 2 میلی لیتری است که برای برداشتن آب لازم برای تهیه ملاط بکار می‌رود. حجمی که در روی آن نوشته است در 20 C است. خطای مجاز برای 250 میلی لیتر، ± 2 میلی لیتر است. درجه بندی‌های اصلی شماره گذاری شده است و خط آن دور تا دور استوانه امتداد دارد. خط درجه بندی‌های کوچک $\frac{1}{7}$ و درجه بندی‌های حد واسط $\frac{1}{5}$ دور ظرف امتداد دارد. تقسیم بندی در پائین ظرف ممکن است از 10 میلی لیتر شروع شود.

۷- ۵- - چکش مخصوص، از یک ماده غیر جاذب و غیر شکننده است و نباید توسط ملاط خورده شود. جنس آن می‌تواند از یک ترکیب لاستیکی مخصوص یا چوب بلوط باشد. در صورت استفاده از چوب بلوط باید آنرا 15 دقیقه در پارافین تقریباً 20 C قرار داد. سطح مقطع آن 25×13 میلی متر و دسته آن بطول $152 - 127$ میلی متر است. قسمتی از چکش که به سطح ملاط ضربه می‌زند باید مسطح و در زاویه قائمه با دسته چکش باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸ - ۵ - قلم چوبی برای ضربه زدن به بدنه ظرف، از چوب سخت به قطر ۱۶ میلی متر و طول ۱۵۲ میلی متر ساخته شده است.

۹ - ۵ - قاشق - یک قاشق استیل معمولی که طول دسته آن ۲۳۰ میلی متر و طول کاسه آن ۱۰۰ میلی متر است.

۶ - درجه حرارت و رطوبت

۱ - ۶ - درجه حرارت اطاق و مواد خشک $27/5^{\circ}\text{C}$ - ۲۰ تعیین شده است.

۲ - ۶ - درجه حرارت آب مخلوط و ظرفی که ملاط در آن ریخته می شود $1/7^{\circ}\text{C} + 23$ تعیین شده است که مطابق با درجه حرارت محفظه یا اطاق رطوبت در ۵۱۱ C است.

۳ - ۶ - رطوبت نسبی آزمایشگاه نباید کمتر از ۵۰٪ باشد.

۷ - شن استاندارد

۱ - ۷ - شنی که برای ساختن ملاط بکار می رود (ردیف ۱ - ۹ را ملاحظه نمائید) از سیلیس طبیعی و بر طبق مشخصات شن استاندارد ۳۰ - ۲۰ است که در ۷۷۸ C شرح داده شده است.

۸ - نمونه گیری

۱ - ۸ - نمونه گیری را بر طبق ۱۸۳ C انجام دهید.

۹ - روش عمل

۱ - ۹ - پیمانه - نسبت ملاط عبارت است از ۳۵۰ گرم سیمان به ۱۴۰۰ گرم شن استاندارد ۳۰ - ۲۰ و مقدار کافی آب که بتواند یک فلوی $7.1 \pm 1.87\%$ بر طبق ردیف ۳ - ۹ ایجاد نماید.

۲ - ۹ - مخلوط کردن ملاط - ملاط را بر طبق دستورالعمل ۳۰۵ C محفوظ نمائید.

۳ - ۹ - تعیین فلو - به دقت صفحه فلو را تمیز و خشک نمائید و قالب آنرا در مرکز صفحه قرار دهید. توسط قاشق یک لایه ملاط به ضخامت حدود ۲۵ میلی متر در قالب بریزید و ۲۰ بار توسط چکش به آن ضربه بزنید به نحوی که قالب از ملاط بطور یکنواخت پر شود. پس از آن، قالب را از ملاط پر نمائید و به لایه دوم نیز مانند لایه اول ضربه بزنید. اضافه ملاط را توسط کارد مخصوص ببرید تا سطح ملاط صاف شود و توسط همان کارد با حرکت ااره مانند روی ملاط بکشید تا سطح ملاط با قالب تراز شود. صفحه فلو را مجدداً تمیز و خشک نمائید - بخصوص اگر از محل تماس قالب و صفحه، آبی خارج شده است آنرا خشک نمائید قالب را ۱ دقیقه بعد از اتمام مخلوط کردن، از دور ملاط بردارید (یعنی زمان قالب گیری بیش از ۱ دقیقه طول نکشد). بلافاصله دستگاه تعیین فلو را روشن نمائید تا در مدت ۶ ثانیه از یک ارتفاع $12/7$ میلی متر، ۱۰ ضربه بزنند. فلو نتیجه افزایش قطر توده ملاط است که این قطر توسط کولیس، حداقل در چهار نقطه به فواصل مساوی اندازه گیری و بعد معدل گیری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

می شود. این قطر بعنوان درصد قطر اصلی بیان می شود. ملاط های آزمایشی با درصدهای مختلف آب بسازید تا به فلوی تعیین شده برسید. هر آزمایش را با ملاط تازه تهیه شده انجام دهید.

۴-۹- وزن ۴۰۰ میلی لیتر ملاط - هنگامیکه مقدار آب لازم را برای تهیه ملاطی با فلوی $7 \frac{1}{4} \pm 0.87$ تعیین نمودید بلافاصله وزن ۴۰۰ میلی لیتر ملاط را تعیین نمائید:

برای این عمل از ملاط باقیمانده در جام استفاده نمائید (از ملاط بکار رفته در تعیین فلو استفاده ننمائید). توسط قاشق، ظرف تعیین هوا را در سه لایه به آرامی پر نمائید و به هر لایه ۲۰ ضربه توسط چکش مخصوص به دور ظرف بزنید (یادآوری ۲). فشار ضربه ها فقط به میزانی باشد که ظرف را به اندازه کافی پر و فضاهای خالی را حذف نماید. بعد از پرکردن ظرف، توسط قلم چوبی پنج بار به پنج نقطه دور ظرف (با فواصل تقریباً مساوی) ضربه آهسته بزنید. این عمل برای خارج کردن هوای مانده بین لایه های ملاط است. بین ملاط و سطح داخلی ظرف، فضای خالی نباید مشاهده شود. اضافه ملاط را ببرید و آنرا با بالای ظرف، توسط کارد مخصوص، تراز نمائید به این ترتیب که کارد را دوبار با حرکت اره مانند روی ملاط بکشید بطوریکه جهت حرکت دومی عمود بر اولی باشد. چنانچه هنگام تراز کردن توسط کارد، دانه های شن روی لبه ظرف بیاید این دانه ها را بردارید و عمل تراز کردن را تکرار نمائید. اعمال پرکردن و تراز نمودن را طی مدت $1 \frac{1}{4}$ دقیقه انجام دهید. ظرف محتوی ملاط تراز شده را وزن نمائید و وزن ظرف خالی را از آن کسر نمائید تا وزن ملاط بر حسب گرم بدست آید.

یادآوری ۲ - وضعیت چکش هنگام ضربه زدن به این ترتیب است: قسمت پهن آن را در جهت شعاع ملاط و عمود بر سطح وارد نمائید.

۱۰ - محاسبه

۱۰-۱ - مقدار هوای ملاط از فرمولی که در زیر این ردیف آمده است، بدست می آید. این فرمول براساس این مشخصات بدست آمده است:

۱ - ظرف آزمایش طبق ردیف ۲-۵

۲ - نسبت ملاط طبق ردیف ۱-۹

۳ - چگالی سیمان پرتلند (۳/۱۵) و چگالی شن استاندارد ۳۰ - ۲۰ (۲/۶۵). هنگامیکه سیمان غیر پرتلند را آزمایش می نمائید چگالی آن جانشین عدد ۳/۱۵ می شود و فرمول آن به طریق زیر بدست می آید:

$$= 100 - W [(182/7 + P) / (2000 + 4P)]$$

بطوریکه:

W = وزن ۴۰۰ میلی لیتر ملاط بر حسب گرم

P = درصد آب مخلوط بر پایه وزن سیمان بکار رفته

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

فرمول فوق بطریق زیر بدست آمده است :

$$100 - (W_a / W_c) = 100 \text{ مقدار هوا بر حسب درصد حجمی}$$

بطوریکه :

$$W/400 \text{ g/ml} = W_a = \text{وزن واقعی هر واحد حجم بر حسب گرم}$$

که وزن ۴۰۰ میلی لیتر ملاط طبق ردیف ۴ - ۹ است

$W_c =$ وزن نظری (تئوری) واحد حجم که براساس ملاط بدون هوا و با استفاده از مقدار مواد و چگالی ها طبق

ردیفهای ۱ - ۹ و ۱ - ۱۰ محاسبه می شود.

$$W_c = \frac{350 + 1400 + 350 \times P \times 0.01}{\frac{350}{3/15} + \frac{1400}{2/65} + 1} = \frac{[5 + 0.01P]}{[1/827 + 0.01P]}$$

$P =$ درصد آب مخلوط بر پایه وزن سیمان بکار رفته

اعداد معلوم را جانشین W_a و W_c می نمائیم :

$$100 - (W_a / W_c) = 100 \left(1 - \frac{W}{400} \times \frac{1/827 + 0.01P}{5 + 0.01P} \right)$$

$$= 100 - \frac{W}{4} \times \frac{1/827 + 0.01P}{5 + 0.01P}$$

$$= 100 - 2/5 W \frac{1827 + P}{5000 + 10P}$$

$$= 100 - W \frac{1827 + P}{2000 + 4P}$$

۲ - ۱۰ - روی هر بیمانه ملاط فقط یک بار آزمایش نمائید.

۳ - گاهی اوقات در این روش با مشکل مواجه می شوید به این معنی که مقدار هوای ملاط را بطور

غیر طبیعی بیش از حد مجاز استاندارد سیمان هیدرولیک بدست می آورید که علت، پتانسیل هوازایی شن

می باشد و برای کاهش آن می توانید شن را با آب سبک آنقدر بشوئید تا محلولی که از آن خارج می شود، بدون

رنگ باشد.

۱۱- گزارش

۱-۱۱- درصد حجمی را با تقریب ۱٪ گزارش نمائید.

۱۲- دقت

۱-۱۲- انحراف استاندارد یک آزمایش کننده در یک آزمایشگاه ۰/۵۶٪ هوا بدست آمده است که در مورد سیمانهایی با ۱۹-۸ درصد هوا صادق است. بنابراین، نتایج دو آزمایش که بطور صحیح توسط یک آزمایش کننده بر روی یک نمونه انجام شده است نباید بیش از ۱/۶٪ اختلاف داشته باشد.

۲-۱۲- انحراف استاندارد چند آزمایشگاه ۱٪ هوا بدست آمده است که در مورد سیمانهایی با ۱۹-۸ درصد هوا صادق است. بنابراین، نتایج دو آزمایشگاه مختلف بر روی یک نمونه مشابه نباید بیش از ۲/۸٪ هوا، اختلاف داشته باشد.

ASTM : C ۱۸۶

روش آزمایش استاندارد برای حرارت هیدراتاسیون سیمان هیدرولیک

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش شامل تعیین حرارت هیدراتاسیون سیمان هیدرولیک است که بر روی نمونه سیمان خشک و نمونه هیدراته ۷ و ۲۸ روزه انجام می شود. تفاوت مقادیر اخیر با سیمان خشک، حرارت هیدراتاسیون در دوره مورد نظر را نشان می دهد.

۱-۲- در انجام این آزمایش با موادی در ارتباط هستیم که ممکن است به انسان، وسایل و آزمایش صدمه بزند که تمام این موارد در روش کار بیان نشده است. آزمایش کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام موارد ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲- مدارک موجود (مرجع)

۲-۱- استانداردهای ASTM :

C ۱۱۴ روشهای تجزیه شیمیایی سیمان هیدرولیک

C ۱۰۰۵ مشخصات لازم برای وزنه ها و وسایل سنجش وزن که در آزمایشات فیزیکی سیمان هیدرولیک کاربرد دارد.

E ۱۱ مشخصات لازم برای الک های دارای بافت سیمی که برای مقاصد آزمایشی بکار می روند.

۳- دستگاه

۳-۱- دستگاه کالریمتر

۳-۱-۱- کالریمتر - وسیله مذکور شامل یک ظرف شیشه ای (جار) است که این ظرف دارای دهانه گشاد با درب چوب پنبه ای و حجم آن ۴۷/۰ لیتر است. جار دارای جدار خلاء (مانند شیشه فلاسک آب جوش) است و داخل یک محفظه عایق قرار می گیرد. محفظه عایق، جار را در وضعیت قائم و همچنین محفوظ از تغییرات درجه حرارت هوا نگه می دارد. سطح داخلی جار با یک ماده " مقاوم در مقابل اسید فلوئور هیدریک " پوشیده می شود. ماده مذکور می تواند رزین فنولیک داغ و یا موم باشد. ماده پوشاننده باید همیشه سالم و بدون ترک باشد و هر زمان که لازم بود باید آزمایش سرد و در صورت لزوم تجدید شود. می توان بجای آن از یک کیسه پلاستیک استفاده کرد مشروط بر اینکه کیسه مذکور هیچگونه نشست نداشته باشد. درجه حرارت محتویات جار، پس از آنکه با درب چوب پنبه ای طبق ردیف ۲ - ۶ بسته شد، نباید بیش از 1°C / ۰/۰ در دقیقه برای هر درجه، نسبت به

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

حرارت اطاق تغییر نماید. شرط اخیر طی مدت ۳۰ دقیقه در حالیکه محلول بهم نمی خورد در نظر گرفته می شود. درجه حرارت برای عمل فوق باید حدوداً برابر حرارت آزمایش باشد.

۳-۱-۲ - **محفظه عایق** - این ظرف دارای یک لایه کتان یا ماده مشابه به ضخامت حداقل ۲۵ میلیمتر است که دور و ته جار شیشه‌ای را می پوشاند و در عین حال به شکلی است که به راحتی می توان جار را از آن خارج نمود.

۳-۱-۳ - **ترموتر جزء به جزء (دیفرانسیل) و ترمومتر شاهد** - ترمومتر جزء به جزء از نوع بکمن می باشد که حداقل تا 1°C درجه بندی شده است و دارای یک محدوده تقریباً 6°C است. این ترمومتر باید طوری تنظیم شود که درجات بالای آن حدود درجه حرارت آزمایشگاه باشد. قسمتی از این ترمومتر که داخل محلول کالریمتر قرار می گیرد باید با ماده مقاوم در مقابل اسید فلئوریدریک پوشیده شود (۱-۱-۳). ترمومتر بکمن باید مجهز به یک ذره بین (لنز) مخصوص خواندن باشد. برای تعیین صفر ترمومتر بکمن باید آنرا با ترمومتر شاهد، داخل یک محلول، مقایسه کرد. ترمومتر شاهد ترمومتری است که دارای محدوده مناسب درجه حرارت با تقسیمات 1°C است و در مجاورت دستگاه کالریمتر قرار داده می شود تا برای قرائت های درجه حرارت اطاق و همچنین برای تعیین صفر ترمومتر بکمن بکار رود.

۳-۱-۴ - **قیف** - قیفی که توسط آن، نمونه به داخل کالریمتر ریخته می شود از نوع شیشه‌ای یا پلاستیکی که لوله آن به طول تقریبی ۷۶ میلیمتر است و قطر داخلی لوله نباید کمتر از ۶ میلی متر باشد.

۳-۱-۵ - **دستگاه همزن** - همزن دارای یک پره سه تیغه از جنس پلی اتیلن است که تا حد امکان نزدیک به ته کالریمتر قرار دارد - موتور آن با سرعت ثابت است و حداقل (۳۷W) $1/2\text{hp}$ می باشد. موتور دارای "سرعت گیر" است تا بتواند سرعت را ۳۵۰ تا ۷۰۰ دور در دقیقه، ثابت نگهدارد.

۳-۲ - **مخلوط کن** - از نوع مکانیکی با سرعت متوسط است که باید بتواند یک خمیر همگن حاصل نماید.

۳-۳ - **تانک نگهداری نمونه** - باید بتواند درجه حرارت آب را در $1/7^{\circ}\text{C} \pm 23$ کنترل نماید.

۳-۴ - **هاون**، با قطر تقریباً ۲۰ سانتیمتر و دارای دسته برای نرم کردن نمونه هیدراته است.

۳-۵ - **ظرف پلاستیکی کوچک** شبیه لوله آزمایش به قطر تقریبی ۲۵ و طول ۸۰ میلی متر و دارای درب محکم باشد.

۳-۶ - **اون** برای خشک کردن که بتواند درجه حرارت را بین ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد ثابت نگهدارد.

۳-۷ - **شیشه توزین**، با ارتفاع تقریبی ۴۰ و عرض ۲۵ میلی متر که دارای در باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۳- زمان سنج ساعتی

۹-۳- الک‌های نمرة ۱۰۰ (۱۵۰ میکرومتر) و نمرة ۲۰ (۸۵۰ میکرومتر) بر طبق مشخصات ۱۱ E می‌باشند.

۱۰-۳- کروزه، از نوع پلاتینی با گنجایش ۳۰ میلی‌لیتر و دارای " در " که برای تعیین افت بکار می‌رود.

۱۱-۳- کوره، که بتواند درجه حرارت را بین ۹۰۰ تا ۹۵۰ درجه سانتیگراد نگهدارد.

۱۲-۳- ترازو وزنه‌های آزمایشگاهی (آنالیتیکی) که مشخصات آنها در ۱۱۴ C شرح داده شده است برای توزین نمونه‌های کالریمتری و آزمایش افت بکار می‌رود.

۱۳-۳- وزنه‌ها و وسائل سنجش وزن بر طبق مشخصات ۱۰۰۵ C می‌باشد و باید برای یک بار ۱۰۰۰ گرم صحت و دقت داشته باشد.

۴- اهمیت و کاربرد

۱-۴- این آزمایش تعیین می‌نماید که سیمان مورد آزمایش با مشخصات سیمانهای هیدرولیک از نظر حرارت هیدراتاسیون مطابقت دارد یا خیر.

۵- داروهای لازم

۱-۵- درجه خلوص داروها - داروهای شیمیایی در تمام آزمایشات باید از نوع آزمایشگاهی باشند مگر در مواردی که اشاره شود. داروها باید بر طبق استاندارد آمریکایی باشند و می‌توان از داروهای هر کشوری که درجه خلوص آن به اندازه استاندارد مذکور باشد، استفاده نمود.

۲-۵- اسید فلوئوریدریک HF , (sp gr 1.15)

۳-۵- اسید نیتریک (۲ نرمال) - HNO_3 دو نرمال را برای مصرف در کالریمتری می‌توان به مقدار زیاد تهیه و استاندارد نمود. می‌توانیم برای هر بار آزمایش ۱۲۷ میلی‌لیتر اسید نیتریک (sp gr 1.42) را به حجم یک لیتر برسانیم مشروط بر اینکه هر بار ظرفیت حرارتی کالریمتر با اسید جدید تعیین شود.

۴-۵- موم - موم پارافینی یا انواع دیگر آن برای آب‌بندی ظرف محتوی نمونه هیدراته مصرف می‌شود.

۵-۵- اکسید روی - ZnO مصرفی در این آزمایش باید به مدت یک ساعت در کوره 950°C - 900°C قرار گیرد و بعد از سرد شدن در دسیکاتور به اندازه‌ای نرم شود که از الک نمرة ۱۰۰ (۱۵۰ میکرومتر) عبور نماید و سپس ذخیره شود. قبل از هر آزمایش تعیین ظرفیت حرارتی ۷ گرم از اکسید روی را که بطریق فوق تهیه نمودید مجدداً حداکثر ۵ دقیقه در کوره 950°C - 900°C قرار دهید و بعد از خنک کردن در دسیکاتور آنرا به دقت وزن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نمائید.

۶- روش کار برای تعیین ظرفیت حرارتی دستگاه

۱- ۶- ظرفیت حرارتی کالریمتر یعنی تعداد کالری یا ژول که لازم است تا درجه حرارت کالریمتر و محتویاتش را 1°C افزایش دهد. برای اندازه گیری آن باید افزایش درجه حرارت ناشی از حل کردن ۷ گرم اکسید روی را تعیین نمود که این عمل طبق ردیفهای ۲- ۶ تا ۶- ۷ انجام می شود و اکسید روی مصرفی نیز طبق ردیف ۵- ۵ آماده آزمایش می شود.

۲- ۶- حدود ۴۰۰ گرم اسید نیتریک ۲ نرمال را داخل جار بریزید. درجه حرارت اسید باید به میزانی باشد که جیوه در ترمومتر بکمن در درجات پائین آن قرار گیرد (این درجه بطور عادی ۴ تا ۵ درجه سانتیگراد زیر درجه حرارت محیط است). پس از آن، ۸ میلی لیتر HF (sp gr 1.15) نیز به جار اضافه نمائید و جار را وزن نمائید و به آن مجدداً اسید نیتریک اضافه نمائید تا وزن کل محلول داخل جار ۴۲۵/۰ گرم شود. کالریمتر را آماده نمائید و موتور آنرا روشن کنید. دقت نمائید که پروانه و میله آن با ترمومتر، دیوار و ته جار، و درب چوب پنبه ای تماس پیدا نکند. انتهای لوله قیف باید تقریباً ۶ میلی متر زیر سطح چوب پنبه و حداقل ۱۲ میلی متر بالای سطح مایع قرار گیرد. بالای حباب ترمومتر باید حداقل ۳۸ میلی متر زیر سطح مایع قرار گیرد. ترمومتر را در تمام اندازه گیری ها در عمق یکسان قرار دهید. بعد از یک همزدن ابتدایی به مدت حداقل ۲۰ دقیقه، درجه حرارت سیستم یکنواخت می شود. پس از آن درجه حرارت محیط را با دقت 1°C و در مورد اسید با دقت 0.1°C و همچنین زمان را یادداشت نمائید و بلافاصله ZnO آماده را از طریق قیف با سرعت یکنواخت داخل محلول بریزید (یادآوری ۲). عمل اخیر را در زمان حداقل ۱ و حداکثر ۲ دقیقه انجام دهید و ذرات چسبیده به لوله قیف را توسط یک قلم مویی مخصوص پاک کنید تا به داخل محلول ریخته شود.

یادآوری ۲- درجه حرارت نمونه در موقع وارد شدن به محلول باید برابر محیط باشد.

۳- ۶- بعد از قرائت درجه حرارت محلول در لحظه قبل از ریختن ZnO، در زمانهای ۲۰ و ۴۰ دقیقه پس از آن نیز درجه حرارت محلول را با تقریب 0.1°C یادداشت نمائید. ۲۰ دقیقه اول، افزایش درجه حرارت غیر واقعی نامیده می شد و دومین ۲۰ دقیقه، زمان تعیین می باشد و تفاوت درجه حرارت ۲۰ و ۴۰ دقیقه تصحیحی است که باید به درجه حرارت غیر واقعی اضافه و یا از آن کسر شد که بستگی به آن دارد که درجه حرارت کالریمتر در طول زمان تعیین (۲۰ دقیقه دوم) بالا رود یا پائین بیاید.

۴- ۶- افزایش درجه حرارت تصحیح شده را بطریق زیر محاسبه نمائید :

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

$$R_0 = \theta_{20} - \theta_0$$

$$R = R_0 - (\theta_{40} - \theta_{20})$$

بطوریکه:

R_0 = افزایش درجه حرارت، °C

θ_{20} = درجه حرارت کالریمتر در پایان زمان حل شدن،

θ_0 = درجه حرارت کالریمتر هنگامیکه نمونه را وارد آن نمودید،

R = افزایش واقعی درجه حرارت، °C

۲ - ۷ - ۶ = درجه حرارت کالریمتر در پایان ۴۰ دقیقه،

۵ - ۶ - ظرفیت حرارتی کالریمتر و محتویات آنرا بطریق زیر محاسبه نمائید: (یادآوری ۳):

$$C = \frac{W \cdot 256/1 + 0/1 (30 - t) + 0/12 (T - t)}{R}$$

بطوریکه:

C = ظرفیت حرارتی، Cal/°C

W = وزن ZnO، gr

t = درجه حرارت نیایی کالریمتر، °C

(θ_{20}) بعلاوه درجه حرارتی (°C) که در آن، ترمومتر بکمن را صفر نمودیم

T = درجه حرارت ZnO (حرارت محیط)، °C، هنگامیکه آنرا وارد کالریمتر نمودید.

R = افزایش درجه حرارت واقعی، °C

یادآوری ۳ - حرارت حل شدن ZnO ۲۵۶/۱ کالری بر گرم (۱/۰۷۲ مگاژول بر کیلوگرم) در ۳۰°C

است، این مقدار برای هر درجه کاهش نسبت به ۳۰°C، ۰/۱۰ کالری بر گرم (۰/۴ کیلوژول بر کیلوگرم) افزایش

می یابد. ظرفیت حرارتی ZnO، ۰/۱۲ کالری بر گرم و بر درجه سانتیگراد (0.12 cal/g. °C) است که موارد فوق

در فرمول ردیف ۵ - ۶ تاثیر داده شده است.

۶ - ۶ - پس از تعیین ظرفیت حرارتی وقتی ظرف کالریمتر را باز می نمائید اگر حتی یک ذره کوچک از ZnO به

سرلوله قیف یا درب چوب پنبه ای چسبیده بود آزمایش را تکرار نمائید.

۷ - ۶ - تعیین ظرفیت حرارتی کالریمتر را به علت تغییرات زیر تکرار نمائید:

۱ - ۷ - ۶ - هنگامیکه یک تنظیم مجدد روی ترمومتر بکمن انجام می دهید.

۲ - ۷ - ۶ - هنگامیکه یک پوشش جدید پارافین روی ترمومتر یا پروانه یا جار می دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- ۷- ۶- هنگامیکه یک ترمومتر یا همزن یا جار جدید در دستگاه قرار می دهید.

۴- ۷- ۶- هنگامیکه یک پیمانانه اسید نیتریک جدید بکار می برید.

۵- ۷- ۶- هنگامیکه آزمایش کننده لازم بدانند.

۷- روش کار برای تعیین حرارت هیدراتاسیون

۱- ۷- تهیه خمیر سیمان - آب و سیمان را در درجه حرارت $1/7^{\circ}\text{C} \pm 23$ نگه دارید تا در زمان آزمایش به حرارت مورد نظر رسیده باشند. ۱۵۰ گرم از سیمان را با ۶۰ میلی لیتر آب مقطر ابتدا با یک اسپاچول مخلوط کنید سپس به مدت ۵ دقیقه توسط یک مخلوط کن مکانیکی شدیداً آنرا مخلوط نمائید. حداقل ۴ قسمت تقریباً مساوی از این خمیر را در ۴ ظرف پلاستیکی کوچک بریزید بطوریکه تا حدود ۱۳ میلی متر مانده به سر ظرف پر شوند. بلافاصله بعد از ریختن خمیر، سر آنرا با یک پوشش مطمئن، مسدود نمائید. اگر نسبت به آب بندی پوشش تردید دارید باید آنرا در پارافین ذوب شده فرو برید تا اطراف درپوش را پارافین فراگیرد. ظروفی را که به ترتیب آماده نمودید با وضعیت "سربالا" در حمام آب $1/7^{\circ}\text{C} + 23$ قرار دهید. تا زمان آزمایش فرارسد.

۲- ۷- تهیه نمونه هیدراته برای آزمایش حرارت محلول - در زمان تعیین شده یکی از ظروف سر بسته را از حمام آب خارج کنید و پلاستیک آنرا خرد نمائید و سریعاً نمونه را در یک هاون چینی آنقدر خرد نمائید تا از الک نمره ۲۰ عبور نماید. این نمونه را بلافاصله در یک ظرف توزین با درب محکم قرار دهید. در طول اعمال فوق سعی کنید نمونه ها (بخصوص ۷ روز) حداقل زمان در مجاورت هوا قرار گیرند تا عمل کربوناتاسیون و هم چنین از دست دادن رطوبت نمونه به حداقل برسد.

اعمالی را که در این ردیف ذکر شد، در هنگام بهم خوردن محلول (بدون نمونه) در جار، انجام دهید.

۳- ۷- روش کار کالریمتری سیمان خشک - حرارت محلول نمونه خشک سیمان را طبق روش شرح داده شده در بخش ۶ انجام دهید با این تفاوت که در اینجا بجای ZnO ، ۳ گرم از نمونه سیمان خشک را با دقت 0.01 گرم وزن نمائید. (یادآوری ۲ را در نظر داشته باشید). دقت نمائید که یک نمونه همگن که نماینده کل باشد تهیه نمائید. محاسبات و گزارش را براساس نمونه افت کرده طبق ردیف ۵- ۷ انجام دهید. آزمایش حرارت محلول سیمان خشک را درست قبل از آزمایش نمونه ۷ روزه انجام دهید.

۴- ۷- روش کار کالریمتری برای نمونه هیدراته - برای انجام آن مانند سیمان خشک مطابق ردیف ۳- ۷ عمل نمائید با این تفاوت که $0.05 \pm 4/18$ گرم از نمونه سیمان هیدراته را که با دقت 0.01 گرم وزن نموده اید، بکار ببرید (یادآوری ۲ را در نظر داشته باشید). نتایج را براساس نمونه افت کرده محاسبه نمائید.

۵- ۷- افت در اثر حرارت - بلافاصله قبل و بعد از توزین نمونه کالریمتری، یک نمونه هم با وزن مشابه در یک کروزه پلاتینی بریزید و افت آنرا تعیین نمائید. عددی که در محاسبات بکار می رود معدل دو اندازه گیری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

می باشد. در مورد سیمان خشک، آنرا به مدت $1\frac{1}{4}$ ساعت در کوره 900°C الی 950°C درجه سانتیگراد قرار دهید سپس در یک وسیکاتور به حرارت محیط برسانید و فوراً وزن نمائید. در مورد سیمان هیدراته، ابتدا نمونه وزن شده را یک ساعت در اون 100°C الی 110°C درجه سانتیگراد خشک نمائید. سپس به مدت یک شب در کوره 950°C - 900°C قرار دهید. وزن سیمانی را که داخل کالریمتر نمودید، بطریق زیر، به وزن سیمان افت کرده تبدیل نمائید:

$$W_i = (A/B) W$$

بطوریکه:

W_i = وزن نمونه کالریمتری براساس وزن افت کرده، گرم

A = وزن نمونه افت کرده، گرم

B = وزن نمونه قبل از افت، گرم

W = وزن نمونه کالریمتری، گرم

۸ - محاسبه:

۸-۱ - حرارت محلول سیمان خشک - درجه حرارت تصحیح شده را طبق ردیف های ۳ - ۶ و ۴ - ۶ محاسبه نمائید. هم چنین اگر درجه حرارت نهائی آزمایش "حرارت محلول" متفاوت با درجه حرارت نمونه کالریمتری هنگام ریختن آن در کالریمتر است، حرارت محلول را تصحیح نمائید. به این ترتیب در مورد سیمان خشک که حرارت ویژه آن تقریباً $0.2 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ (0.8 kJ/kg.K) است، اگر درجه حرارت کالریمتر از درجه حرارت نمونه سیمان در هنگام ریختن آن در جار تجاوز نماید یک اختلاف $0.2 \text{ cal/g.}^{\circ}\text{C}$ در موقع محاسبه به آن درجه حرارت ها اضافه نمائید. حرارت محلول سیمان خشک را بطریق زیر محاسبه نمائید:

$$H_1 = (RC/W_i) - 0.2 (T - t_d)$$

بطوریکه:

H_1 = "حرارت محلول" سیمان خشک، کالری بر گرم (Cal/g)

R = درجه حرارت تصحیح شده، سانتیگراد ($^{\circ}\text{C}$)

C = ظرفیت حرارتی، کالری بر درجه سانتیگراد ($\text{Cal/}^{\circ}\text{C}$)

W_i = وزن نمونه بر پایه نمونه افت کرده، گرم (g)

T = درجه حرارت محیط هنگام ریختن نمونه، سانتیگراد ($^{\circ}\text{C}$)

t_d = درجه حرارت نهایی کالریمتر در انتهای آزمایش سیمان خشک، $^{\circ}\text{C}$

۸-۲ - "حرارت محلول" نمونه هیدراته - مقدار مذکور را مانند سیمان خشک و مطابق با ردیف ۱ - ۸

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

محاسبه نمائید به استثناء اینکه تصحیحات زیر را هم روی آن انجام دهید :

۱ - ۲ - ۸ - افزایش 1°C در درجه حرارتی که آزمایش " حرارت محلول " انجام میشود یک کاهش تقریبی 0.3 Cal/g (1.3 kJ/kg) در درجه حرارت محلول می شود. بنابراین اگر درجه حرارت آزمایش " حرارت محلول " سیمان هیدراته نسبت به درجه حرارت آزمایش " حرارت محلول " سیمان خشک، تجاوز نمود یک تصحیح $0.3 \text{ Cal/g}^{\circ}\text{C}$ به حرارت محلول نمونه سیمان هیدراته اضافه خواهد شد.

۲ - ۲ - ۸ - هم چنین، اگر درجه حرارت نهایی کالریمتر آزمایش محلول با درجه حرارت نمونه کالریمتری هنگام ریختن آن در جار، متفاوت است یک تصحیح حرارت محلول به این ترتیب انجام دهید : برای نمونه هیدراته که دارای حرارت ویژه تقریباً 0.4 Cal/g (1.7 kJ/kg) در مورد نمونه افت کرده است، اگر درجه حرارت نهایی کالریمتر نسبت به درجه حرارت نمونه در هنگام ریختن آن در جار تجاوز نماید یک تصحیح $0.4 \text{ Cal/g}^{\circ}\text{C}$ به آن درجه حرارت اضافه نمائید.

۳ - ۲ - ۸ - حرارت محلول نمونه هیدراته را بطریق زیر محاسبه نمائید :

$$H_2 = (RC/W_i) - 0.4 (T - t_h) - 0.3 (t_d - t_h)$$

بطوریکه :

H_2 = حرارت محلول نمونه هیدراته، Cal/g

R, C, W_i, T = همان تعاریفی را دارند که در ردیف ۱ - ۸ اشاره شد

به استثناء اینکه در اینجا مربوط به نمونه هیدراته هستند.

t_d = همان ارزش عددی اشاره شده در ردیف ۱ - ۸ را دارد

t_h = درجه حرارت نهایی کالریمتر در انتهای آزمایش بر روی نمونه هیدراته، $^{\circ}\text{C}$

۳ - ۸ - حرارت هیدراتاسیون - یک درجه حرارت نهایی کالریمتر مساوی با 25°C را بعنوان مأخذ در نظر بگیرید و حرارت هیدراتاسیون بدست آمده را با آن مقایسه نمائید و هنگامیکه نتایج آزمایش را ملاحظه می نمائید، اثرات تغییر در آن درجه حرارت را در نظر داشته باشید. یک افزایش در درجه حرارت نهایی، حرارت هیدراتاسیون را تقریباً $0.1 \text{ Cal/g}^{\circ}\text{C}$ افزایش می دهد که این در مورد سیمان افت کرده است. برای مثال اگر درجه حرارت نهایی 27°C است باید از حرارت هیدراتاسیون، 0.2 Cal/g کم نمائید تا اینکه نتایج به 25°C اشاره شود. در موارد مرزی، تصحیح مناسب برای اثرات درجه حرارت نهایی کالریمتر باید بشود. حرارت هیدراتاسیون سیمان را بر حسب کالری بطریق زیر محاسبه نمائید :

$$H = H_1 - H_2 - 0.1 (t_h - 25.0)$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بطوریکه :

$H =$ حرارت هیدراتاسیون سیمان افت کرده، Cal/g

$H_1 =$ "حرارت محلول" سیمان خشک (ردیف ۱ - ۸)

$H_2 =$ "حرارت محلول" نمونه هیدراته (ردیف ۲ - ۸)

$t_h =$ همان ارزش عددی ردیف ۲ - ۸ را دارد

۹- تکرار آزمایشات

۹-۱- در صورتیکه نتیجه آزمایش با مشخصات ۲۸ روزه مطابقت نداشت می توانید از یک نمونه خمیر ذخیره در یک زمان بعدی استفاده نمائید و یک تصمیم 0.5 Cal/g برای هر روز بکار ببرید (در صورتیکه قبل از ۲۸ روزه آزمایش نمودید، بازاء هر روز 0.5 Cal/g به آن اضافه نمائید و اگر بعد از ۲۸ روز انجام نشد برای هر روز 0.5 Cal/g از آن کسر نمائید). در ضمن چنین تصحیحی را فقط برای ۴ روز می توانید بکار ببرید. در صورتیکه نتیجه آزمایش با مشخصات ۷ روزه مطابقت نداشت بکار بردن تصحیح، مجاز نیست و باید آزمایش از ابتدا تکرار گردد.

۱۰- دقت

۱۰-۱- دقت یک آزمایش کننده - انحراف استاندارد یک آزمایش کننده (IS) 2.91 Cal/g و (IS) 3.54 Cal/g به ترتیب برای حرارت محلول و حرارت هیدراتاسیون بدست آمده است. بنابراین، نتایج دو آزمایش که توسط یک آزمایش کننده بطور صحیح بر روی یک نمونه انجام شده باشد نباید بیش از 8 Cal/g مورد تعیین حرارت محلول و 10 Cal/g در مورد تعیین حرارت هیدراتاسیون با یکدیگر اختلاف داشته باشند.

۱۰-۲- دقت چند آزمایشگاهی - انحراف استاندارد چند آزمایشگاهی (IS) 4.42 Cal/g و (IS) 4.03 Cal/g به ترتیب برای حرارت محلول و حرارت هیدراتاسیون بدست آمده است. بنابراین، نتایج دو آزمایش که بطور صحیح توسط دو آزمایشگاه مختلف بر روی نمونه یکسان انجام شده باشد نباید بیش از 13 Cal/g در مورد حرارت محلول و 11 Cal/g در مورد حرارت هیدراتاسیون با یکدیگر اختلاف داشته باشند. اعداد فوق براساس دستورالعمل C ۶۷۰ بدست آمده است.

شرح دستگاه حرارت هیدراتاسیون موجود در آزمایشگاه شیمی و فیزیک

این دستگاه که برای اندازه گیری حرارت هیدراتاسیون سیمان ساخته شده است دارای یک ظرف شیشه ای (فلاسک یا جار شیشه ای نیز گفته می شود) است که شبیه به شیشه فلاسک آب جوش می باشد یعنی دیوار آن دو جداره و بین دو جدار خلاء است (این ظرف داخل یک جعبه چوبی قرار می گیرد) محلول داخل جار، توسط یک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

همزن شیشه‌ای یا پلاستیکی، مخلوط می‌شود که خود همزن توسط یک موتور به حرکت در می‌آید همراه دستگاه یک ترمومتر بکمن است که از نوع دیفرانسیل می‌باشد بدین معنی که برای اندازه‌گیری دقیق تغییرات درجه حرارت بکار می‌رود. وسائل ذکر شده همگی براساس استانداردهای ASTM - C 186, BS 4550 است.

۱- کاربرد

ترموتر بکمن از نوع دیفرانسیل و تا 0.01°C تقسیم بندی شده است و صحت آن $\pm 0.001^{\circ}\text{C}$ و دارای یک خط کش ۵ تا ۶ درجه سانتیگراد است. این ترمومتر فقط در حالت دیفرانسیل مصرف می‌شود زیرا خط کش تا ۵ درجه سانتیگراد تقسیم بندی شده است. این عمل را می‌توانیم با انتقال مقدار صحیح جیوه از حباب (مخزن) پائینی به مخزن U شکل بالایی و یا بالعکس، انجام دهیم بعنوان مثال برای درجه حرارت بین 0°C و 20°C لازم است که ستون جیوه را از مخزن بالایی به پائینی انتقال دهیم و برعکس در مورد درجه حرارت‌های بالا (30°C , 60°C) لازم است که ستون جیوه را از مخزن پائینی به بالایی انتقال دهیم. علت این است که در درجه حرارت پائین انبساط جیوه کم است بنابراین، مقدار بیشتری جیوه در مخزن پائینی لازم است در حالیکه در درجات بالا جیوه بیشتر منبسط می‌شود بنابراین، جیوه کمتری در مخزن پائینی ترمومتر لازم است.

۲- صفر کردن ترمومتر بکمن (Beckmann) و روش اندازه‌گیری درجه حرارت با آن

هنگامیکه مشخص شد ترمومتر بکمن در چه حدود حرارتی مورد استفاده قرار گیرد، لازم است تا صفر آن تعیین شود. برای این کار باید یک حمام آب ترموستات دار و یک ترمومتر با تقسیمات 0.1°C داشته باشیم فرض کنید انجام آزمایش در حرارت حدود 20°C و تغییرات درجه حرارت هنگام آزمایش 4°C است. در اینجا حرارت حمام آب گرم را حدود 19°C تنظیم نمائید و حباب ترمومتر (0.1°C) و بکمن را داخل آن آب نمائید. درجه حرارت دقیق آب را از روی ترمومتر (0.1°C) بخوانید و یادداشت کنید. فرض کنید درجه حرارت 19.4°C باشد اکنون ترمومتر بکمن را رسیدگی نمائید، امکان دارد ستون جیوه یکسره به هم متصل باشد بدین معنی که از مخزن پائینی تا خط کش کوچک بالایی به هم وصل باشد. در اینجا لازم است برای قطع کردن جیوه ابتدا مقداری از آنرا از حباب پائینی به مخزن U شکل بالایی بفرستیم و سپس ستون جیوه را در لوله موئینی که بالای مخزن فوقانی قرار دارد، با تکان شدید قطع نمائیم، برای این کار باید توسط حمام ترموستات دار ستون جیوه را حدوداً به صفر خط کش رساند که روش آن به این ترتیب است:

۱- حدود ۳۰۰ میلی لیتر آب داخل یک بشریک لیتری بریزید و حباب ترمومترهای بکمن و معمولی (0.1°C) را داخل آن نمائید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲ - بشر را روی چراغ گاز یا هات پلنت قرار دهید تا حرارت آب به 2°C بالاتر از درجه خط کش پر (کامل) برسد.
بعنوان مثال:

$$19^{\circ}\text{C} = \text{درجه حرارت حمام}$$

$$5^{\circ}\text{C} = \text{درجه بندی خط کش}$$

$$19^{\circ} + 5^{\circ} = 24^{\circ}\text{C}$$

$$24^{\circ} + 2^{\circ} = 26^{\circ}\text{C}$$

هنگامیکه درجه حرارت بشر به 26°C رسید (توسط ترمومتر معمولی) بکمن را از آب خارج نمائید و آن را دقیقاً به این شکل در دو قسمت بگیرید: قسمت فوقانی ترمومتر را در دست راست و حباب جیوه پائینی را در دست چپ و بطور مایل نگه دارید سپس با یک حرکت شدید ناگهانی آن را پائین بیاورید و در یک نقطه متوقف کنید. این عمل تقریباً شبیه به پائین آوردن یک درجه تب سنج است.

۳ - به این ترتیب جیوه در ناحیه حباب بالایی، قطع خواهد شد.

۴ - در این موقع ترمومترهای بکمن و معمولی را در حمام قرار دهید. اگر جیوه به مقدار کافی از حباب پائینی خارج شده باشد، ستون جیوه تا نزدیک صفر پائین می رود.

۵ - درجه حرارت را از روی ترمومتر معمولی بخوانید. این درجه حرارت، صفر واقعی خط کش ترمومتر بکمن است.

۶ - با یک خودکار ماژیک نازک روی سطح جیوه بکمن علامت بگذارید که این نقطه صفر واقعی آن است.

در این هنگام ترمومتر بکمن برای آزمایش حرارت هیدراتاسیون سیمان آماده است درجه حرارتی که در محاسبات بکار می رود عبارت است از درجه حرارتی که از روی بکمن خوانده اید بعلاوه درجه حرارت ترمومتر معمولی (در موقع تعیین صفر بکمن).

مثال:

$$19/4^{\circ}\text{C} + 3/85^{\circ}\text{C} = 23/25^{\circ}\text{C}$$

ممکن است آنچه در مورد تعیین صفر ترمومتر بکمن انجام دادید صحیح انجام نشده باشد. و در نتیجه، ستون جیوه بالای درجه بندی می رود. در چنین صورتی مجدداً آب را به طریق فوق در بشر گرم نمائید تا ستون جیوه بطرف حباب بالایی برود سپس با دست راست حباب جیوه پائینی را بگیرید و چند حرکت شلاق مانند به ترمومتر دهید. در نتیجه نیروی گریز از مرکز مقداری کم از جیوه به حباب بالایی می رود و به جیوه آنجا متصل می شود. در این موقع بکمن را مجدداً در حمام ترموستات دار قرار دهید، جیوه بطرف پائین می آید. بعد از چند بار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تمرین می‌توانید یک موقعیت مناسب برای صفر، به راحتی بدست آورید.

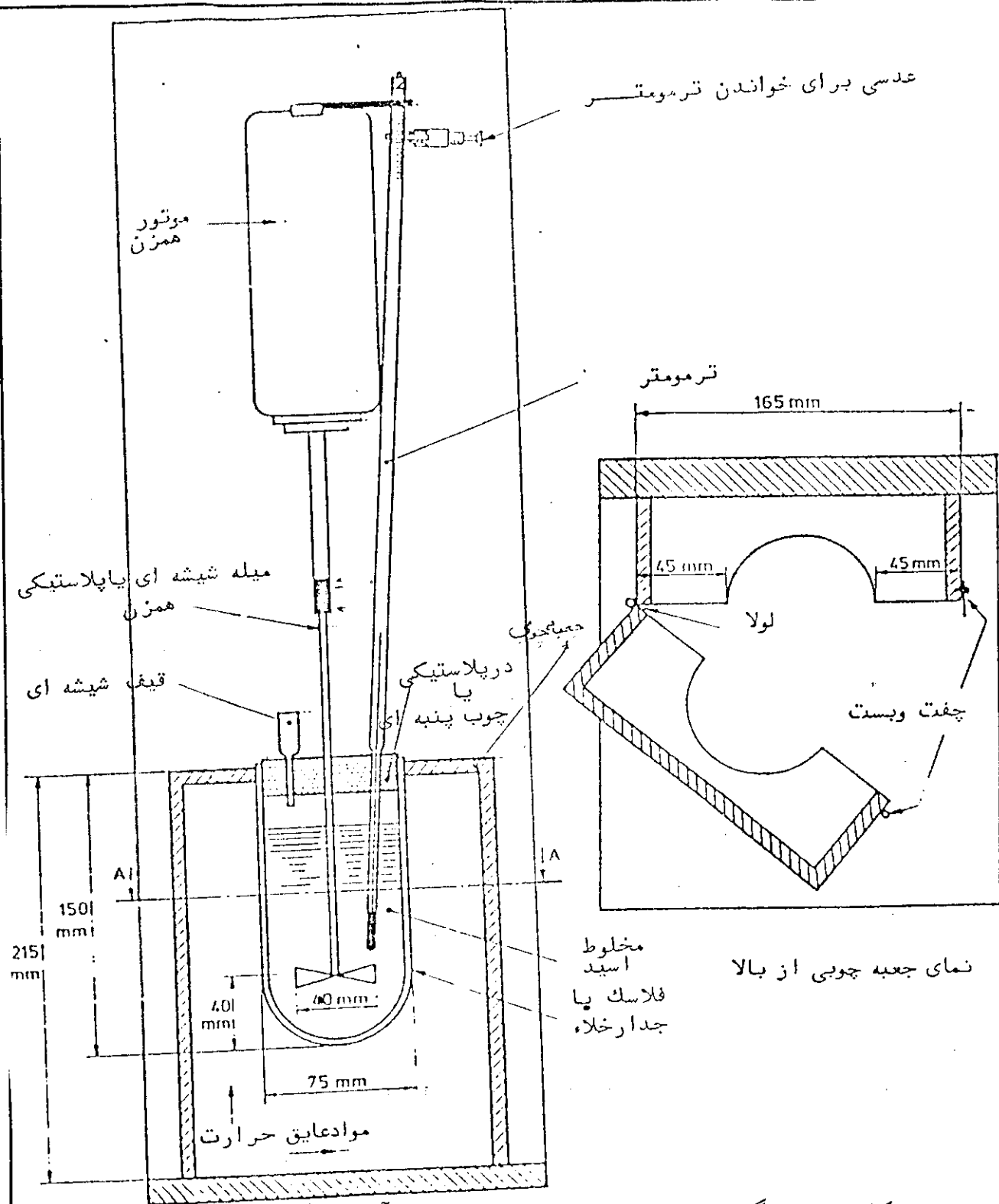
۳- روش پائین آوردن محدوده (Range) درجه حرارت

در این حالت لازم است مقداری جیوه به حباب پائینی انتقال دهید. با چند حرکت شلاق مانند، جیوه موجود در لوله موئین بالای حباب فوقانی را به جیوه حباب فوقانی وصل نمائید سپس ترمومترهای بکمن را داخل حمام ترموستات دار قرار دهید (درجه حرارت حمام باید مطابق با آن باشد که بتواند صفر مورد نظر را تامین نماید). جیوه پائین می‌رود و این در حالی است که جیوه الحاقی را نیز به طرف پائین می‌کشد. اگر مقدار صحیح از جیوه را انتقال داده باشید، ستون جیوه نزدیک صفر خط کش توقف خواهد کرد. درجه حرارت را از روی ترمومتر معمولی بخوانید و با خودکار ماژیک نازک بر روی صفر واقعی ترمومتر بکمن (نقطه‌ای که جیوه توقف کرده است) علامت بگذارید. برای روش خواندن درجه حرارت به بخش ۲ از این دستورکار مراجعه نمائید.

۴- روش بالابردن محدوده درجه حرارت

هنگامیکه یک محدوده بالای درجه حرارت لازم است، باید مقداری جیوه به مخزن U شکل بالایی ترمومتر بفرستید. در این حالت، حباب پائینی را به آرامی و با احتیاط روی یک چراغ‌گاز حرارت دهید. جیوه به سرعت بالا می‌رود و حباب بالایی و قسمتی از ستون کوچک مدرج بالایی را پر می‌نماید. ترمومتر را از شعله دور نمائید و در حالیکه با دو دست آن را گرفته‌اید یک حرکت شدید به آن بدهید تا جیوه از حباب بالایی قطع شود. این حرکت، مانند همان است که در بخش ۲ ذکر گردید. اکنون ترمومتر را در حمام آب حدود 35°C وارد نمائید و در صورت نیاز به تکرار، مانند بخش ۲، عمل را تکرار نمائید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۱ - دستگاه حرارت هیدراتاسیون موجود در آزمایشگاه شیمی و فیزیک

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

حدود استاندارد برای حرارت هیدراته شدن سیمان براساس

C ۱۵۰ - ۱۹۸۹

مشخصات	واحد	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
--------	------	---	----	----	-----	-----	------	----	---

حرارت هیدراته شدن:

حداکثر - کالری بر گرم

۷۰

-

-

۶۰

-

۷ روزه

حداکثر - کالری بر گرم

-

-

-

۷۰

-

۲۸ روزه

۱۱۲۹

ASTM C ۱۸۷-۸۶ (۱۹۹۱)

روش آزمایش استاندارد برای تعیین غلظت نرمال سیمان هیدرولیکی

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین غلظت نرمال سیمان هیدرولیکی را شامل می‌شود.

۱-۲- این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در نظر نمی‌گیرد، هرگونه مسئولیتی بر عهده استفاده‌کننده از آن می‌باشد. مسئولیت استفاده‌کننده این استاندارد است که قبل از استفاده دستورالعمل‌های ایمنی و سلامتی را تهیه و محدودیت‌های کاربرد آن را تعیین نماید.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C ۳۰۵ دستورالعمل اختلاط مکانیکی غلظت خمیری ملاط‌ها و خمیر سیمان هیدرولیکی

C ۴۹۰ دستورالعمل استفاده از وسایل برای تعیین تغییر طول بتن، ملاط و خمیر سیمان هیدرولیکی

C ۱۰۰۵ مشخصه‌ای برای وسایل توزین جهت استفاده در آزمایشات فیزیکی سیمانهای هیدرولیکی

E ۱۷۷ دستورالعملی برای استفاده اصطلاحات دقت و انحراف در روشهای آزمایش ASTM

۳- اهمیت و موارد کاربرد

۳-۱- این روش آزمایش برای تعیین مقدار آب لازم جهت تهیه خمیر سیمان هیدرولیکی برای آزمایش بکار می‌رود.

۴- وسایل آزمایش

۴-۱- وسایل اندازه‌گیری وزن - وسایل اندازه‌گیری وزن باید با مشخصات استاندارد C ۱۰۰۵ مطابقت داشته باشد. وسیله اندازه‌گیری وزن باید برای دقت و صحت بار کل ۱۰۰۰ گرم ارزیابی شود.

۴-۲- استوانه‌های مدرج شیشه‌ای - با ظرفیت ۲۰۰ یا ۲۵۰ میلی‌متر و مشخصات دستورالعمل C ۴۹۰ را شامل باشند.

۴-۳- دستگاه ویکات - دستگاه ویکات شامل یک قاب A (شکل ۱) که میله متحرک B به وزن ۳۰۰ گرم را تحمل می‌کند. انتهای C این میله یعنی انتهای فرورونده آن در فاصله حداقل ۵۰ میلی‌متر دارای قطر ۱۰ میلی‌متر می‌باشد و انتهای دیگر دارای سوزن متحرک D با قطر ۱ میلی‌متر و طول ۵۰ میلی‌متر می‌باشد. میله B را می‌توان با استفاده از پیچ E در هر موقعیت دلخواهی نگه داشت. این میله دارای یک نشانه متحرک است که با حرف F

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مشخص گردیده و روی مقیاس متصل به قاب A حرکت می‌کند. (به میلی‌متر مدرج شده است). خمیر سیمان در یک حلقه مخروطی صلب G که روی یک صفحه مربعی نفوذناپذیر H با ابعاد ۱۰۰ میلی‌متر در هر طرف قرار دارد، ریخته می‌شود. میله B باید از فولاد ضدزنگ با حداقل سختی $HRC^{(1)}$ ۳۵ (توجه) بوده و بطور مستقیم ساخته شده باشد. انتهای سوزن باید بر محور میله عمود باشد. حلقه باید از مواد اکسید نشدنی و نفوذناپذیر ساخته شده و قطر داخلی آن ۷۰ میلی‌متر در پایین و ۶۰ میلی‌متر در بالا و ارتفاع آن ۴۰ میلی‌متر باشد. علاوه بر مشخصات فوق، دستگاه ویکات باید دارای مشخصات زیر نیز باشد:

وزن میله متحرک	300 ± 0.5 گرم (8 ± 0.661 گرین)
قطر انتهای نفوذکننده میله	10 ± 0.05 میلی‌متر (0.394 ± 0.002 اینچ)
قطر سوزن	1 ± 0.05 میلی‌متر (0.039 ± 0.002 اینچ)
قطر داخلی حلقه در پایین	70 ± 3 میلی‌متر (2.75 ± 0.12 اینچ)
قطر داخلی حلقه در بالا	60 ± 3 میلی‌متر (2.36 ± 0.12 اینچ)
ارتفاع حلقه	40 ± 1 میلی‌متر (1.57 ± 0.04 اینچ)
درجه بندی مقیاس	درجه بندی مقیاس باید به گونه‌ای باشد که در مقایسه با مقیاس استاندارد با دقت ۰/۱ میلی‌متر، در هیچ نقطه‌ای انحراف بیش از ۰/۲۵ میلی‌متر نشان ندهد.

توجه - شرایطی که میله باید از فولاد ضد زنگ باشد فقط برای دستگاه ویکات جدید یا سیله‌های جایگزین اعمال می‌شود. نه دستگاهی که نیازهای دیگر این روش آزمایش را برآورده می‌نماید.

۵- دما و رطوبت

۵-۱- دمای هوای محل اختلاط، سیمان خشک، قالبها و صفحات زیر حلقه باید بین 20° و 27.5° درجه سانتیگراد (۶۸ و 81.5° درجه فارنهایت) نگهداشته شود. دمای آب مخلوط نباید از ۲۳ درجه سانتیگراد (73.4° درجه فارنهایت) بیش از $1/7 \pm$ درجه سانتیگراد ($3 \pm$ درجه فارنهایت) فرق نماید.

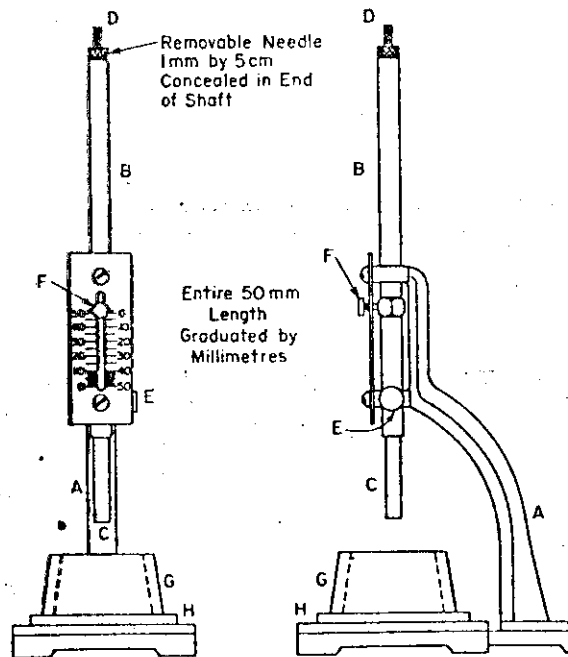
۵-۲- رطوبت نسبی آزمایشگاه نباید کمتر از ۵۰ درصد باشد.

1- Hardness rockwell cone

۶- روش آزمایش

۶-۱- تهیه خمیر سیمان - «۶۵ گرم سیمان را با مقدار مشخصی آب تمیز مطابق روش توصیف شده در بخش ۶ دستورالعمل C ۳۰۵ مخلوط نمایید.

۶-۲- قالب‌گیری نمونه آزمایش - پس از پوشیدن دستکش به سرعت خمیر سیمان تهیه شده مطابق بند ۶-۱ را تقریباً به شکل توپ درآورید. سپس آن را از فاصله آزاد حدود ۶ اینچ (۱۵۰ میلی‌متر) ۶ بار از یک دست به دست دیگر پرتاب نمایید، طوری که جرم نسبتاً کروی ایجاد شود که باسانی و با حداقل دستکاری اضافی وارد حلقه ویکات شود. گلوله را در کف یک دست گرفته و آن را از انتهای بزرگتر حلقه که در دست دیگر است، به داخل حلقه مخروطی G، شکل ۱، فشار دهید، طوری که حلقه کاملاً از خمیر پر شود. با یک حرکت کف دست خمیر اضافی را از انتهای بزرگتر حلقه بردارید. حلقه را از طرف بزرگتر روی صفحه پایه، H گذاشته و توسط یک ماله با لبه‌های تیز که با زاویه کمی نسبت به بالای حلقه نگهداشته شده، خمیر اضافی بالای حلقه را با یک حرکت برش دهید و در صورت لزوم با چند حرکت آرام ماله سطح آن را صاف نمایید. لازم است توجه شود که طی عملیات بریدن و صاف کردن، خمیر سیمان فشرده نشود.



شکل ۱- دستگاه ویکات

۶-۳- تعیین غلظت - مرکز حلقه پر از خمیر سیمان را که روی صفحه‌ای قرار دارد مطابق شکل ۱ زیر میله B قرار دهید. انتهای نفوذکننده C را پایین آورده و در تماس با سطح خمیر قرار داده و پیچ E را محکم کنید. سپس

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نشانه متحرک F را روی صفر بالایی درجه بندی قرار داده و یا اینکه یک قرائت اولیه انجام و یادداشت نمایید و بلافاصله میله را آزاد کنید. تمام این کارها نباید بیش از ۳۰ ثانیه بعد از آماده شدن مخلوط طول بکشد. هنگام آزمایش نباید هیچ لرزشی در دستگاه ایجاد شود. اگر میله ۳۰ ثانیه پس از آزاد کردن به اندازه 1 ± 10 میلیمتر در خمیر نفوذ کند، غلظت خمیر نرمال خواهد بود. برای بدست آوردن چنین مخلوطی لازم است خمیرهای سیمان آزمایشی با درصدهای مختلف آب ساخته شوند تا غلظت نرمال بدست آید. هر نمونه را با سیمان تازه بسازید.

۷- محاسبات

۷-۱- مقدار آب لازم برای غلظت نرمال را با دقت ۰/۱ درصد محاسبه کنید و با دقت ۰/۵ درصد نسبت به وزن سیمان خشک گزارش کنید.

۸- دقت و انحراف

۸-۱- دقت وسیله آزمایش تکی ۰/۲۵ (IS) می باشد و دقت چند آزمایشگاهی ۰/۳۵ (IS) می باشد چنانچه دستورالعمل E ۱۷۷ تعریف شده است، بنابراین، نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط یک آزمایش کننده در آزمایشگاه در حدود ۰/۷ درصد و نتایج آزمایش بین دو آزمایشگاه در ۹۵ درصد دفعات در حدود ۱/۰ درصد سازگاری دارند.

۹- لغات راهنما

۹-۱- غلظت سیمان هیدرولیکی، غلظت نرمال

ASTM : C ۱۸۸

روش استاندارد برای تعیین دانسیته سیمان هیدرولیک

۱- هدف

۱-۱- این روش شامل تعیین دانسیته سیمان هیدرولیک می باشد. کاربرد ویژه آن در ارتباط با طرح و کنترل مخلوط های بتن است.

۱-۲- دانسیته سیمان هیدرولیک عبارتست از وزن واحد حجم ذرات آن.

۱-۳- مقادیری که در واحدهای SI بیان میشوند بعنوان استاندارد تلقی می گردند.

۱-۴- این استاندارد متضمن مواد، عملیات، و وسائل مخاطره آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی نماید. آزمایش کننده مسئول است تا قبل از آزمایش تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲- مدارک موجود

۲-۱- استانداردهای ASTM :

C ۱۱۴ روشهای آزمایش برای تجزیه شیمیائی سیمان هیدرولیک

C ۶۷۰ دستورالعمل برای دقت آزمایشات مصالح ساختمانی

۳- وسائل آزمایش

۳-۱- بالن استاندارد لوشاتولیه - این بالن مدور و بطور کلی مطابق شکل ۱ می باشد.

(یادآوری) : مشخصات قابل ملاحظه در آن که حتماً باید رعایت شوند عبارتند از :

مقاومت، نوشته و طول، حجم، یکنواختی درجه بندی و خوانا بودن آن.

در ضمن بین بالاترین درجه بندی و پائین ترین نقطه سنباده ای حداقل ۱۰ میلیمتر فاصله باشد.

۳-۱-۱- شیشه آن از نظر جنس بهترین کیفیت را دارد و شفاف و عاری از هرگونه خط یا شیار می باشد. از

نظر شیمیائی مقاوم و ضریب حرارتی پائین دارد. قبل از درجه بندی، در کوره کاملاً پخته شده است. ضخامت آن به اندازه ای است که از شکستن آن تا حد لازم جلوگیری نماید.

۳-۱-۲- لوله (گردن) بالن از ۰ تا ۱ و از ۱۸ تا ۲۴ میلی لیتر با اجزا ۱/۰ میلی لیتر درجه بندی شده است.

میزان خطا برای هر حجم نبایستی بیش از ۰/۰۵ میلی لیتر باشد.

۳-۱-۳- هر بالن و "در" سنباده ای آن دارای یک شماره (علامت) می باشد تا بالن ها و "در" های آنها با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

یکدیگر اشتباه نشوند. در صورتیکه "در" های آنها قابل تعویض نباشند، شماره (علامت) بالن و "در" یکی خواهد بود. روی "در" و بالن علامت T حک شده است که علامت مذکور در آزمایشات شیمیائی سیمان شرح داده شده است. درجه حرارتی که بالن در آن درجه، حجم مورد نظر را دارد روی بالن نوشته شده است (در شکل ۱ بالن در 20°C دارای حجم تقریبی ۲۵۰ میلی لیتر است). درجه بندی بر حسب ML است.

۲-۳ - کروژین عاری از آب یا نفتا که دارای API حداقل ۶۲ باشد در تعیین دانسیته میتواند استفاده شود.
۳-۳ - بکاربردن وسیله ای غیر از بالن لوشاتولیه مجاز است مشروط بر اینکه نتیجه ای که آزمایش کننده از آن بدست می آورد بیش از $\pm 0.3\%$ مگاگرم بر مترمکعب از نتیجه ای که در این روش (C ۱۸۸) بدست آمده است تفاوت نداشته باشد.

یادآوری ۱ - شکلی که بالن لوشاتولیه دارد طوری طرح شده است که در زمانی که خالی میشود مایع آن بطور کامل خارج شود. به علاوه بتواند در روی یک سطح صاف، ثابت بایستد تا صحت و دقت در خواندن درجات آن میسر شود.

۴- روش آزمایش

۱-۴ - دانسیته سیمان را همانگونه که دریافت نموده اید تعیین نمائید مگر آنکه به شکلی دیگر خواسته شده باشد. به عنوان مثال اگر دانسیته پس از افت خواسته شده بود، ابتدا افت آن را طبق C ۱۱۴ تعیین نمائید بعد دانسیته آنرا اندازه گیری نمائید.

۲-۴ - بالن را با یکی از دو مایع که در ردیف ۲-۳ شرح داده شده تا نقطه ای بین ۰ و ۱ میلی لیتر پر نمائید. (یادآوری ۲) در صورت لزوم لوله بالن را در بالای سطح مایع، خشک نمائید. بالن را در یک حمام آب با درجه حرارت ثابت به مدت کافی قرار دهید بعد سطح مایع را از روی درجه بندی آن بخوانید و یادداشت نمائید (یادآوری ۳).

یادآوری ۲: بهتر است روی میزی که بالن را از مایع پر می نمائید و بعد می غلتانید، یک ورقه لاستیکی قرار دهید تا از شکستن و سائیده شدن بالن جلوگیری نمائید و عمل غلتاندن نیز به سهولت انجام شود.

یادآوری ۳: هنگامیکه بالن را برای رسیدن به درجه حرارت ثابت در آب قرار می دهید، برای جلوگیری از افتادن آن، لوله آنرا در بین یک حلقه وزین و گشاد محصور نمائید یا اینکه از یک "پایه بورت با گیره" استفاده نمائید.

۳-۴ - مقداری سیمان که با دقت $0.05/0$ گرم وزن نموده اید (حدود ۶۴ گرم برای سیمان پرتلند) به بالن اضافه نمائید (یادآوری ۲). اختلاف درجه حرارت سیمان با مایع داخل بالن باید جزئی باشد. هنگام اضافه نمودن سیمان به بالن دقت نمائید به خارج نباشد همچنین به جدار لوله بالن در بالای سطح مایع نچسبد. یک دستگاه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تکان دهنده میتواند اضافه شدن سیمان به بالن را تسریع نماید. پس از آنکه تمام سیمان اضافه شد "در" بالن را بگذارید و آنرا در وضعیت مایل روی میز بغلتانید (یادآوری ۲ را در نظر داشته باشید) تا سیمان خالی از هوا شود و دیگر حباب هوا از سطح مایع بلند نشود. اگر وزن صحیح از سیمان به بالن اضافه کرده باشید سطح مایع در نقطه‌ای بین درجه بندی بالائی (۱۸ تا ۲۴ میلی لیتر) قرار می‌گیرد. مجدداً بالن را در حمام آب با درجه حرارت ثابت به مدت کافی قرار دهید بعد قرائت نمائید. درجه حرارت آب در خواندن ابتدائی و انتهائی نباید بیش از 2°C اختلاف داشته باشد.

۵- محاسبه

۱- ۵- اختلاف بین قرائت ابتدائی و انتهائی، معرف حجم جایجا شده توسط سیمان است.

۲- ۵- دانسیته سیمان، ρ را بطریق زیر محاسبه نمائید:

$$\text{وزن سیمان، گرم} \\ \text{حجم جایجا شده، سانتیمتر مکعب} \\ \text{(Mg/m}^3\text{)} = \text{(g/cm}^3\text{)} =$$

یادآوری ۴- حجم جایجائی برحسب میلی لیتر از نظر عددی برابر حجم جایجایی برحسب سانتیمتر مکعب است.

یادآوری ۵- دانسیته برحسب مگاگرم بر متر مکعب (Mg/m^3) از نظر عددی برابر است با گرم بر سانتیمتر مکعب (g/cm^3). دانسیته سیمان، ρ را تا سه رقم اعشار محاسبه و تا 0.1 Mg/m^3 گرد نمائید.

یادآوری ۶- در رابطه با متناسب و کنترل نمودن مخلوطهای سیمان، استفاده از چگالی مفیدتر از وزن مخصوص میباشد که کمیتی بدون واحد است. چگالی را به طریق زیر محاسبه نمائید:

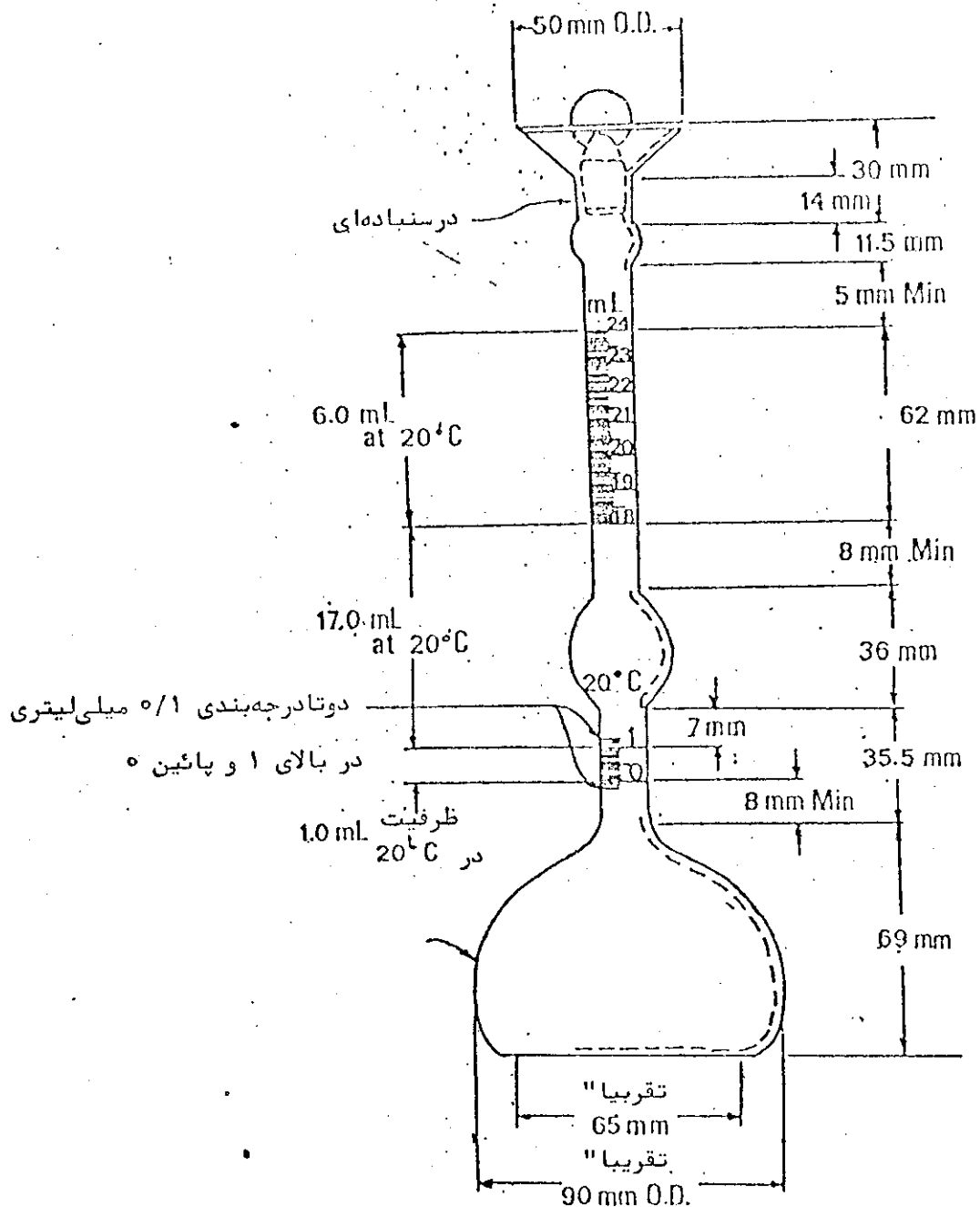
$$\text{وزن مخصوص سیمان} \\ \text{وزن مخصوص آب } 4^{\circ}\text{C} = \text{چگالی}$$

وزن مخصوص آب 4°C ، ۱ مگاگرم بر متر مکعب (۱ گرم بر سانتیمتر مکعب) است.

۶- دقت

۱- ۶- انحراف استاندارد یک آزمایش کننده برای سیمان پرتلند 0.12% تشخیص داده شده است. بنابراین، نتایج دو آزمایش توسط شخص واحد بر روی نمونه یکسان که بطور صحیح انجام شده باشد نبایستی بیش از 0.3% اختلاف داشته باشد.

۲- ۶- انحراف استاندارد چند آزمایشگاه برای سیمان پرتلند 0.37% تشخیص داده شده است. بنابراین، نتایج دو آزمایش که بطور صحیح و توسط دو آزمایشگاه مختلف بر روی یک نمونه واحد انجام شده باشد نبایستی بیش از 1.0% با یکدیگر اختلاف داشته باشد.



یادآوری - اختلاف چند میلی متر در ابعادی نظیر طول، قطر پایه، و غیره در بالن‌ها، در مقایسه با ابعادی که در شکل ۱ در نظر گرفته شده نیست و وجود دارد که باعث رد کردن چنین بالن‌هایی نمی‌شود. ابعادی که در شکل ۱ نشان داده شده است مربوط به بالن‌های جدید است و چنانچه بالن‌های مورد استفاده، سایر مشخصات این بالن را که در ردیف ۱-۳ ذکر گردید داشته باشد کافی است.

شکل ۱ بالن لوشاتولیه برای آزمایش وزن مخصوص

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : C ۱۹۰

روش آزمایش استاندارد برای مقاومت کششی ملاط های سیمان هیدرولیک

۱- هدف

۱-۱- این روش برای تعیین مقاومت کششی ملاط های سیمان هیدرولیک بر روی نمونه هایی است که بریکت نام دارند. روش مذکور اساساً برای کسانی است که علاقه مند به تحقیق درباره روش های تعیین مقاومت کششی سیمان هیدرولیک هستند.

۱-۲- این استاندارد مستلزم مواد، عملیات، و وسائل مخاطره آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی نماید. آزمایش کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲- مدارک موجود

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C ۱۵۰ مشخصات سیمان پرتلند

C ۱۸۴ روش آزمایش برای نرمی سیمان هیدرولیک بوسیله الک ۱۵۰ میکرومتر (شماره ۱۰۰) و ۷۵ میکرومتر (شماره ۲۰۰)

C ۱۸۷ روش آزمایش برای غلظت طبیعی سیمان هیدرولیک

C ۶۷۰ دقت آزمایشات مصالح ساختمانی

C ۷۷۸ مشخصات شن استاندارد

C ۱۰۰۵ مشخصات وزنه ها و وسائل سنجش وزن که در آزمایشات فیزیکی سیمان کاربرد دارد.

E ۱۱ مشخصات الک های دارای بافته سیمی که برای مقاصد آزمایشی بکار گرفته می شود.

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- محققین در زمینه سیمان هیدرولیک تشخیص داده اند که اصلاح مقاومت کششی ضرورت دارد. در این روش می توانیم سیمان را به شکل بریکت قالب گیری و آزمایش نمائیم. آزمایش کننده برای اینکه بهترین نتیجه ممکن از نظر دقت و صحت را بدست آورد باید با این روش آشنایی کامل داشته باشد.

۳-۲- جدول شماره ۲ شامل حداقل مقاومت کششی است که در C ۱۵۰ برای سیمان پرتلند در نظر گرفته شده است. این جدول براساس بریکت هایی در نظر گرفته شده که از ۱ قسمت سیمان و ۳ قسمت شن استاندارد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ساخته شده‌اند، لذا جدول برای نسبت‌هایی غیر از آن و یا بکاربردن شنی غیر از آنچه در اینجا بکار می‌رود، صادق نمی‌باشد.

۴- دستگاه

۴-۱- وزنه‌ها و ترازوها - وزنه‌ها و ترازوها بر طبق مشخصات ۱۰۰۵ C می‌باشد. ترازوها باید برای یک جرم ۱۰۰۰ یا ۲۰۰۰ گرم دقت و صحت داشته باشند.

۴-۲- الک - الک‌ها باید دارای توری سیمی بافته با سوراخهای مربع باشند. در این روش از الک‌های شماره ۲۰ (۸۵۰ میکرومتر) و شماره ۳۰ (۶۰۰ میکرومتر) استفاده می‌شود.

۴-۳- ظروف مدرج شیشه‌ای، این ظروف باید حجم مناسب داشته باشند به این معنی که گنجایش آنها به اندازه‌ای باشد که بتوان آب لازم برای ساختن یک پیمانۀ ملاط را در یک نوبت برداشت و به عنوان مثال وقتی برای تهیه ملاط، ۲۰۰ میلی‌متر آب لازم است برای برداشتن آن استفاده از یک ظرف ۲۰۰ میلی‌متری بر ۱۰۰ میلی‌لیتری که دو بار آب بردارید ترجیح داده می‌شود. تقسیم‌بندی اصلی آنها باید بصورت دایره کامل باشد یعنی تمام دور استوانه امتداد داشته و شماره‌گذاری شده باشد. تقسیم‌بندی‌های کوچک باید $\frac{1}{V}$ و تقسیم‌بندی‌های متوسط $\frac{1}{5}$ دور استوانه امتداد داشته باشد. در ظروف ۱۰۰ میلی‌لیتری، تقسیم‌بندی ۵ میلی‌لیتر اول و در ۲۰۰ میلی‌لیتری تقسیم‌بندی ۱۰ میلی‌لیتر اول از پائین ظرف می‌تواند حذف شود. در پایان این ردیف یادآور می‌شود که این ظروف همان مزور یا سیلندر یا استوانه شیشه‌ای است که در آزمایشگاه‌های شیمی و خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۴-۴- قالب‌های بریکت - قالب‌ها از فلزی ساخته شده است که توسط ملاط خورده نشود و جدار آن به قدری ضخیم است که ملاط در طول قالب‌گیری بیرون نریزد. قالب‌های گروهی که در این آزمایش بکار می‌رود در شکل ۱ نشان داده شده است. فاصله قسمت باریک آن ۲۵ میلی‌متر با اختلاف مجاز $\pm 0/25$ میلی‌متر برای قالب مورد استفاده می‌باشد ولی اختلاف مجاز برای قالب‌های جدید $\pm 0/13$ میلی‌متر می‌باشد. ضخیم‌ترین قسمت قالب ۲۵ میلی‌متر با اختلاف مجاز $0/10 +$ و $0/05 -$ میلی‌متر برای قالب‌های جدید و $0/5 -$ میلی‌متر برای قالب‌های مورد استفاده می‌باشد. یادآور می‌شود که ضخیم‌ترین قسمت قالب از بیرون آن تا باریک‌ترین قسمت داخل آن اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۵- ماله - ماله باید با اندازه مناسب انتخاب شود و تیغه آن از استیل به طول ۱۰ الی ۱۵ سانتیمتر باشد.

۴-۶- ماشین آزمایش - این ماشین آزمایش باید قادر باشد که یک بار پیوسته و بکنواخت به میزان ± 25

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶۰۰ پوند نیرو ($0/11 \pm 2/67$ کیلو نیوتن) در دقیقه اعمال نماید. دستگاه باید وسیله تنظیم باردهی داشته باشد. میزان خطای ماشین برای بارهای بیشتر از ۱۰۰ پوند نیرو (۴۴۵ نیوتن) نباید بیش از $1/0 \pm$ % برای ماشین های جدید و $1/5 \pm$ % برای ماشین های مورد استفاده باشد. دستگاه مذکور باید مکرراً کالیبره شود تا صحت آن تعیین گردد.

یادآوری ۱ - برای آموزش و راهنمایی در رابطه با وضعیت و تکرار کالیبراسیون ماشین آزمایش به بخش ۴۰ از کتاب سالیانه استاندارد های A.S.T.M جلد 14.02 مراجعه نمائید.

۵ - شن استاندارد

۱ - ۵ - شنی که برای ساختن نمونه ها مصرف می شود از سیلیس طبیعی و بر طبق مشخصات C ۷۸۸ می باشد. شن مذکور ۲۰ - ۳۰ است.

۶ - درجه حرارت و رطوبت

۱ - ۶ - درجه حرارت هوا در مجاورت مخلوط مصالح، مواد خشک، قالب ها و صفحات زیر آنها باید بین $27/5 - 20$ درجه سانتیگراد باشد. درجه حرارت آب مخلوط، اطاق یا محفظه های رطوبت و تانک (حوضچه) نگهداری نمونه ها باید $1/7 \pm 23$ درجه سانتیگراد باشد.

۲ - ۶ - رطوبت نسبی آزمایشگاه نباید کمتر از ۵۰ % باشد. اطاق یا محفظه های رطوبت طوری ساخته شده اند که رطوبت نسبی را بالای ۹۵ % نگهدارند.

۷ - تعداد بریکت ها

۱ - ۷ - برای هر دوره (۳ یا ۷ یا ۲۸ روزه) تعداد ۳ یا بیشتر در نظر گرفته شده است.

۸ - روش عمل

۱ - ۸ - نسبت، غلظت، و مخلوط کردن ملاط :

۱ - ۸ - ۱ - نسبت ملاط استاندارد عبارتست از نسبت وزنی ۱ قسمت سیمان به ۳ قسمت شن استاندارد. وزن مواد خشک که برای ساختن ۶ بریکت لازم است حداقل ۱۰۰۰ گرم و حداکثر ۱۲۰۰ گرم باید باشد و برای ساختن ۹ بریکت حداقل ۱۵۰۰ و حداکثر ۱۸۰۰ گرم باید باشد. درصد آب لازم برای ساختن ملاط، ارتباط با آبی دارد که برای تهیه خمیر سیمان با غلظت طبیعی لازم است و در جدول شماره ۱ به آن اشاره شده است. در این جدول درصد آب لازم برای مخلوط سیمان و شن خشک، در نظر گرفته شده است. برای تعیین درصد آب لازم در یک خمیر سیمان با غلظت طبیعی از روش C ۱۸۷ استفاده نمائید.

یادآوری ۲ - نسبت های دیگری از شن درجه بندی شده، پودر سیلیس، یا دیگر مصالح مشابه می توان برای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بیشرفت در کارهای تحقیقاتی بکار برد.

۲-۱-۸- مواد خشک را وزن نمائید و آنها را روی یک سطح صاف و غیر جاذب قرار داده، به همان صورت خشک مخلوط نمائید و بصورت یک کپه در آورید و در بالای آن یک دهانه شبیه آتشفشانی ایجاد نمائید. مقدار آب لازم را که با استفاده از روش ۱۸۷ C و به کمک جدول شماره ۲ بدست آورده‌اید از یک آب تمیز بردارید. در دهانه بریزید بعد به کمک ماله، مواد خشک را از پائین به بالا بیاورید و داخل دهانه بریزید. عمل مخلوط کردن را از زمان ریختن آب، در ۳۰ ثانیه انجام دهید و پس از آن، ۳۰ ثانیه فرصت برای جذب آب بدهید البته در طول ۳۰ ثانیه دوم به کمک ماله مواد خشک پائین کپه مخروطی را به بالا بیاورید تا از تخییر آب در بالای آن جلوگیری نمائید و از طرف دیگر این مواد خشک هم بتوانند جذب آب کنند. پس از ۳۰ ثانیه دوم به مدت $1\frac{1}{4}$ دقیقه در حالیکه دستکش لاستیکی مناسب بدست دارید مخلوط را با دست شدیداً فشرده نمائید تا بصورت خمیر درآید.

۲-۸- قالب‌گیری نمونه‌های آزمایش:

۱-۲-۸- ابتدا قالب‌ها را با یک لایه نازک روغن معدنی بپوشانید و آماده بگذارید. بلافاصله پس از تکمیل عمل مخلوط کردن ملاط، قالب‌ها را در حالیکه روی یک صفحه فلزی یا شیشه‌ای بدون روغن قرار دارند پر کنید. عمل پرکردن به این طریق است که قالب‌ها را بدون فشردن ملاط، از آن سرپر نمائید. توسط دو انگشت شست ۱۲ بار به هر بریکت نیرو وارد کنید بطوریکه شامل تمام سطح آن بشود. میزان نیروی دو شست بطور همزمان باید حدود ۱۵ الی ۲۰ پوند (۶۷-۸۹ نیوتن) باشد و بیش از این حد شست‌های خود را روی ملاط نگه ندارید. پس از ۱۲ بار نیرو وارد کردن، اضافه ملاط را توسط ماله بردارید و با نیرویی معادل حداکثر ۴ پوند ($17/8$ نیوتن) روی آن را صاف نمائید. روی ملاط را با یک صفحه مسطح فلزی یا شیشه‌ای بپوشانید. صفحه مذکور، مانند قالب باید پوشیده از یک لایه نازک روغن معدنی باشد (برخلاف صفحه اولی که بدون روغن بود). قالب را با صفحات زیر و رو و با دو دست بلند کنید و حول محور طولی آن بچرخانید. در نتیجه صفحه بدون روغن اکنون در رو قرار می‌گیرد. آن را بردارید و این طرف قالب را نیز از ملاط سرپر نمائید و مانند قبل، اعمال سرپر کردن، نیرو وارد کردن، و صاف نمودن را روی آن انجام دهید. بیش از حد لازم نیرو وارد نکنید و بیش از حد لازم برای صاف نمودن از ماله استفاده نکنید.

۳-۸- نگهداری نمونه‌های آزمایش:

۱-۳-۸- بلافاصله پس از اتمام قالب‌گیری، آنها را در حالیکه روی صفحات پایه قرار دارند در اطاق یا محفظه رطوبت به مدت ۲۴ - ۲۰ ساعت قرار دهید و این در حالی است که روی آنها باز و در معرض هوای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

محفظه قرار دارند و از چکیدن آب روی آنها نیز جلوگیری می شود. پس از مدت مذکور نمونه ها را بیرون بیاورید و از قالب خارج نمائید. آنهایی را که یک روزه هستند آزمایش نمائید و بقیه را در تانک " آب اشباع از آهک " نگهداری نمائید تا زمان آزمایش آنها فرا رسد. آب تانک را، با تعویض آن، دائماً تمیز نگهدارید. تانک از موادی ساخته شده است که در آن خوردگی ایجاد نشود.

۴-۸- تعیین مقاومت کششی :

۱-۴-۸- بریکت ها را بلافاصله پس از خروج از محفظه رطوبت یا تانک آب آزمایش نمائید (آزمایش نمونه بلافاصله پس از خروج از محفظه در مورد نمونه های ۲۴ ساعته است). مدت زمان قابل اغماض در آزمایش نمونه های هر دوره (۱ یا ۳ یا ۷ یا ۲۸ روزه) طبق جدول زیر است :

مدت زمان قابل اغماض	زمان آزمایش
$\pm \frac{1}{4}$ ساعت	۲۴ ساعت
± 1 ساعت	۳ روز
± 3 ساعت	۷ روز
± 12 ساعت	۲۸ روز

اگر بیش از یک نمونه از محفظه خارج می کنید آنها را با یک پارچه مرطوب بپوشانید تا نوبت آزمایش هر یک فرا رسد. همچنین اگر بیش از یک نمونه از تانک آب بیرون می آورید آنها را تا زمان آزمایش در یک ظرف آب $1/7^{\circ}\text{C} + 23$ قرار دهید. ظرف مذکور باید دارای عمق کافی باشد بطوریکه روی نمونه ها را آب بپوشاند.

۲-۴-۸- هر بریکت را از سطح خارجی خشک نمائید و اگر روی سطحی از نمونه که در تماس با گیره است دانه های شن یا پوسته خارجی مشاهده می نمائید آنها را جدا سازید. سطوح گیره ها که در تماس با نمونه است نیز باید عاری از شن باشد. میله گیره ها باید به خوبی روغن کاری شده باشد تا بتواند آزادانه نوسان نماید. رکاب های حاصل گیره ها بدون هر نوع آلودگی باشند و محور آنها بطور صحیح تنظیم شده باشد بطوریکه گیره ها روی محورهای خود آزادانه نوسان کنند بدون اینکه در رکاب ها حالت قفل شدگی پیدا کنند. به دقت هر بریکت را بین دو گیره جای دهید و یک بار پیوسته به میزان 25 ± 600 پوند ($0/11 \pm 2/67$) در دقیقه به آن وارد نمائید.

۹- بریکت های معیوب و تکرار آزمایشات

۱-۹- نمونه هایی که بطور آشکار معیوب هستند و یا آنهایی که مقاومت شان بیش از ۱۵٪ از معدل سایر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نمونه‌های مربوط به همان دوره تفاوت دارد کنار بگذارید. پس از آنکه چند نمونه مربوط به یک دوره معین (مثلاً ۳ روزه) را رد کردید، اگر فقط یک بریکت برای تعیین مقاومت باقی ماند، آزمایش را تکرار نمایید.
یادآوری ۳ - نتایج مقاومت کششی قابل اطمینان متکی به رعایت دقیق روش کارها و مشخصات داده شده می‌باشد. نتایج نامنظم در یک آزمایش دلیل بر آنست که بعضی از مشخصات و روش عمل‌ها به دقت رعایت نشده است بعنوان مثال رعایت نکردن موارد خواسته شده در ردیف ۲ - ۴ - ۸

۱۰ - محاسبه

۱ - ۱۰ - حداکثر باری را که دستگاه نشان می‌دهد یادداشت و آنرا بر حسب پوند بر اینچ مربع یا کیلو پاسکال محاسبه نمایید. اگر سطح مقطع هر بریکت بیش از ۲ درصد از مقدار اسمی آن تفاوت داشته باشد، سطح مقطع واقعی آنرا در محاسبات بکار ببرید. مقاومت کششی تمام بریکت‌های قابل قبول را (طبق بخش ۹) که از یک نمونه و در یک زمان ساخته شده است معدل‌گیری و با تقریب ۵ پوند بر اینچ مربع (۳۴/۵ کیلو پاسکال) گزارش نمایید.

۱۱ - دقت

۱ - ۱۱ - گزارشات دقیق زمانی عملی هستند که یک نتیجه آزمایش، معدل مقاومت کششی سه بریکت قالب‌گیری شده از یک پیمانان و در یک زمان باشد که می‌توان بر روی سیمانهای نوع I، IA، I (هوازا)، II، یا III در زمانهای ۳ و ۷ روز انجام داد (در مورد سیمان نوع III ۱ و ۳ روز) (یادآوری ۴).
یادآوری ۴ - گاهی اوقات حدود مشخص شده برای یک روزه قدری کمتر و برای بیشتر از ۷ روزه قدری زیاده‌تر می‌شود. توضیح اینکه اگر به جدول شماره ۳ مراجعه نمایید، ملاحظه می‌شود که بعضی سیمانها مانند نوع V مقاومت ۱ و ۳ روزه ندارند. علت اینست که آنها گاهی اوقات برای ۱ روزه کمتر و برای ۳ روزه خیلی بیشتر از حد مشخص شده، مقاومت نشان می‌دهند. بنابراین برای ۱ و ۳ روزه آنها حدودی در نظر گرفته نمی‌شود.

۱ - ۱ - ۱۱ - دقت چند آزمایشگاهی - انحراف استاندارد چند آزمایشگاه ۳۲ پوند بر اینچ مربع (۲۲/۰۶ کیلو پاسکال) تعیین شده است. بنابراین نتایج آزمایش دو آزمایشگاه مختلف که بطور صحیح روی یک نمونه آزمایش کرده‌اند نباید بیش از ۹۰ پوند بر اینچ مربع (۶۲۰/۵ کیلو پاسکال) از یکدیگر تفاوت داشته باشند (یادآوری ۵).

یادآوری ۵ - این ارقام طبق فصل ۶۷۰ C محاسبه شده است.

۲ - ۱ - ۱۱ - دقت یک آزمایشگاه - انحراف استاندارد یک آزمایشگاه ۲۱ پوند بر اینچ مربع (۱۴۴/۷ کیلو پاسکال) تعیین شده است. بنابراین، نتایج دو سری آزمایش که هر سری از یک پیمانان ملاط، ظرف یک روز یا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

یک هفته با مواد یکسان ساخته شده باشند نباید بیش از ۵۹ پوند بر اینچ مربع (۲۰۶/۷ کیلو پاسکال) تفاوت داشته باشند (یادآوری ۵).

جدول شماره ۱ - درصد آب برای ساختن ملاط استاندارد

درصد آب برای تهیه خمیر با غلظت طبیعی درصد آب برای ساختن ملاطی شامل *

یک قسمت سیمان و سه قسمت شن استاندارد

۱۵	۹/۰
۱۶	۹/۲
۱۷	۹/۳
۱۸	۹/۵
۱۹	۹/۷
۲۰	۹/۸
۲۱	۱۰/۰
۲۲	۱۰/۲
۲۳	۱۰/۳
۲۴	۱۰/۵
۲۵	۱۰/۷
۲۶	۱۰/۸
۲۷	۱۱/۰
۲۸	۱۱/۲
۲۹	۱۱/۳
۳۰	۱۱/۵

* چنانچه در جدول شماره ۱ نسبت سیمان به شن غیر از ۱ به ۳ باشد، مقدار آب لازم برای تهیه ملاط از فرمول زیر بدست می آید.

$$y = 2/3 [P / (n + 1)] + K$$

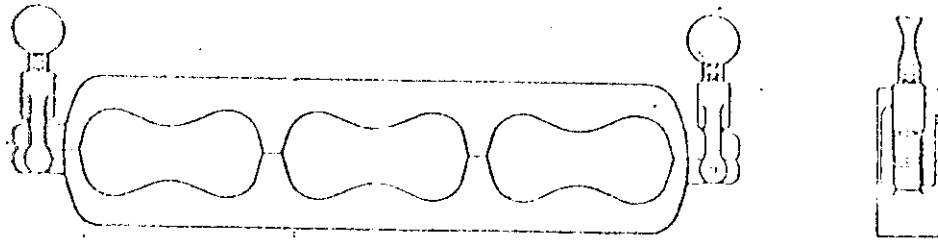
y = درصد آب لازم برای تهیه ملاط با نسبت مورد نظر
 P = درصد آب لازم برای تهیه خمیر سیمان با غلظت طبیعی
 n = تعداد قسمت شن به یک قسمت سیمان (نسبت وزنی)
 K = عدد ثابت که برای شن استاندارد ۶/۵ می باشد

جدول شماره ۲ مقاومت کششی *

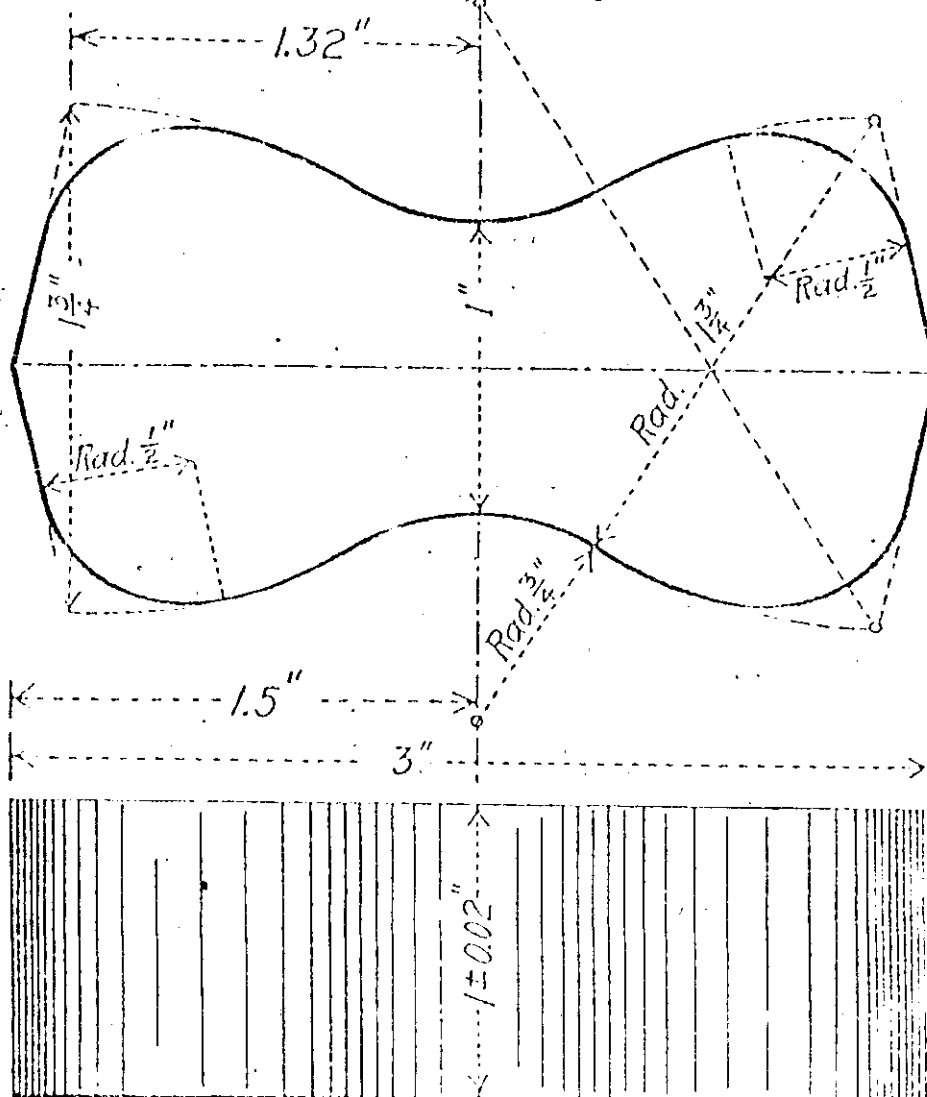
نوع سیمان

V	IV	III	II	I	شرایط آزمایش
۰۰۰	۰۰۰	۲۷۵(۱۸۹۶)	۰۰۰	۰۰۰	۱ روز در محفظه رطوبت، بوند بر اینج مربع (کیلوپاسکال)
۰۰۰	۰۰۰	۳۷۵(۲۵۸۶)	۱۲۵(۸۶۲)	۱۵۰(۱۰۳۴)	۱ روز در محفظه رطوبت، ۲ روز در آب، بوند بر اینج مربع (کیلوپاسکال)
۲۵۰(۱۷۲۴)	۷۵(۱۲۰۷)	۰۰۰	۲۵۰(۱۷۲۴)	۲۷۵(۱۸۹۶)	۱ روز در محفظه رطوبت ۶ روز در آب، بوند بر اینج مربع (کیلوپاسکال)
۳۲۵(۲۲۴۱)	۳۰۰(۲۰۶۸)	۰۰۰	۳۲۵(۲۲۴۱)	۳۵۰(۲۴۱۳)	۱ روز در محفظه رطوبت، ۲۷ روز در آب، بوند بر اینج مربع (کیلوپاسکال)

* از ۵۸ - ۱۵۰ ASTM C گرفته شده است.



شکل ۱ - قالب سه تایی بریکت



شکل ۲ - نمونه بریکت برای آزمایش مقاومت کششی

ASTM : C ۱۹۱

روش استاندارد برای تعیین زمان گیرش سیمان هیدرولیک بوسیله سوزن و یکات

۱- هدف

۱-۱- این روش شامل تعیین زمان گیرش سیمان هیدرولیک توسط سوزن و یکات است. یادآوری - برای تعیین زمان گیرش بوسیله سوزنهای گیل مور، ASTM : C ۲۶۶ را ملاحظه نمایید.

۲- مدارک موجود:

۱- ۲- استانداردهای ASTM:

C ۳۰۵ دستورالعمل برای مخلوط کردن مکانیکی خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری

C ۴۹۰ مشخصات لازم برای دستگاه اندازه گیری تغییرات طولی خمیر، ملاط، و بتن سخت شده.

C ۶۷۰ دستورالعمل برای دقت آزمایشات مصالح ساختمانی.

۳- دستگاه:

۱- ۳- مشخصات ترازو، وزنه‌ها، ظروف مدرج، و دستگاه و یکات عیناً همان است که در استاندارد C ۱۸۷،

روش استاندارد برای غلظت طبیعی سیمان هیدرولیک، شرح داده شده است.

۴- درجه حرارت و رطوبت:

۱- ۴- درجه حرارت هوای مجاور مخلوط مصالح، سیمان خشک، قالب‌ها و پایه آنها مانند آزمایش غلظت

طبیعی می باشد.

۲- ۴- رطوبت نسبی آزمایشگاه نباید کمتر از ۵۰٪ باشد. محفظه‌ها یا اطاقهای رطوبت باید به شکلی ساخته

شده باشند تا بتوان به سادگی نمونه‌ها را در آنها جای داد. رطوبت نسبی آنها نباید کمتر از ۹۰٪ باشد.

۵- تهیه خمیر سیمان:

۱- ۵- ۶۵۰ گرم سیمان را با مقدار آب غلظت طبیعی، که در استاندارد C ۱۸۷ تعیین نموده‌اید، طبق روش

C ۳۰۵ مخلوط نمایید. آب متظر برای تمام آزمایشات مبنا ترجیح داده می شود.

۲- ۵- از نمونه‌ای که برای آزمایش غلظت طبیعی ساخته‌اید می‌توانید برای تعیین زمان گیرش طبق ردیف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲ - ۶ از این بخش استفاده نمائید.

۶ - روش آزمایش:

۱ - ۶ - قالب‌گیری نمونه آزمایش - خمیر تهیه شده را مانند ۱۸۷ C در حلقه G جای دهید و اعمال پرکردن و صاف کردن را عیناً انجام دهید. بلافاصله پس از قالب‌گیری، در حالی که نمونه در حلقه G و روی صفحه II قرار دارد در محفظه رطوبت قرار دهید تا زمان آزمایش فرا رسد.

۲ - ۶ - تعیین زمان گیرش - ۳۰ دقیقه پس از قرار گرفتن نمونه در محفظه رطوبت، آنرا خارج و با سوزن ۱ میلی متری و یکات آزمایش نمائید و بعداً هر ۱۵ دقیقه یکبار انجام دهید. (برای سیمانهای تیپ III هر ۱۰ دقیقه یکبار) تا اینکه به نفوذ ۲۵ میلی متر یا کمتر برسید. برای آزمایش نفوذ، سوزن D را در تماس با سطح ملاط بیاورید، پیچ E را محکم نمائید و نشانه F را روی O یا هر نقطه ابتدایی دیگر قرار دهید. پیچ E را شل نمائید تا میله روی سطح خمیرها شود. ۳۰ ثانیه پس از رها شدن میله میزان نفوذ را از روی مقیاس بخوانید. اگر خمیر بطور کامل نرم بنظر می رسد، از رها کردن میله توسط پیچ E خودداری نمائید، در غیر این صورت سوزن خم خواهد شد. بنابراین زمانی میله را رها سازید که مطمئن باشید سوزن به صفحه H اصابت نمی نماید. می توانید در مراحل ابتدایی میله را با دست کنترل نمائید. محل سوزن خوردن نمونه باید $6/4$ میلی متر از نقاط قبلی فاصله داشته باشد. هم چنین نقاطی که سوزن می خورد باید $9/5$ میلی متر از جدار داخلی قالب فاصله داشته باشد. همانطور که قبلاً اشاره شد گیرش ابتدایی زمانی است که سوزن ۲۵ میلی متر یا کمتر در خمیر فرو رود. گیرش انتهایی زمانی است که سوزن به اندازه قابل رویت در خمیر فرو نرود. تا انتهای آزمایش، هر بار که سوزن زدید نمونه را به محفظه رطوبت برگردانید.

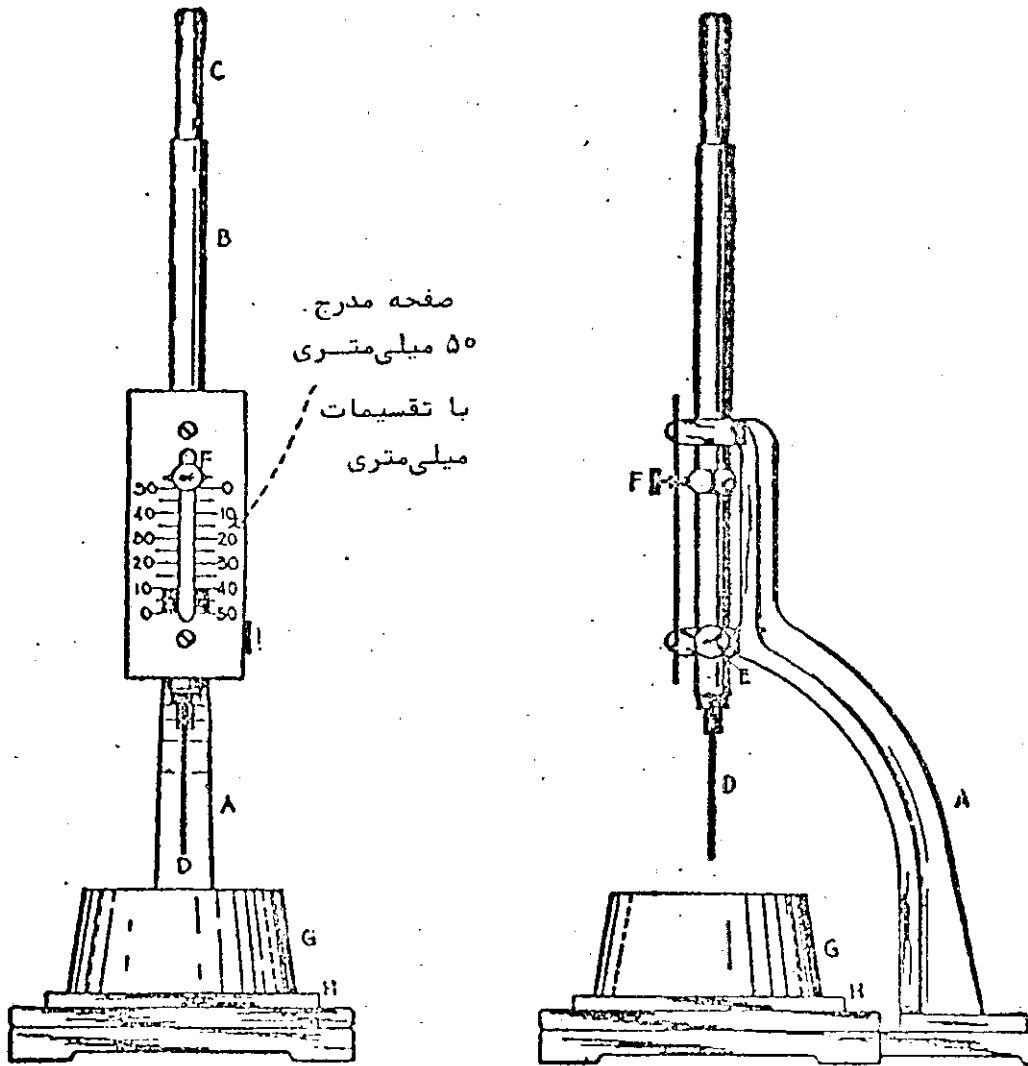
۳ - ۶ - احتیاطات - دستگاه و یکات در طول آزمایش باید عاری از ارتعاش باشد. دقت زیاد نمائید تا سوزن کج نشود و آنرا در تمام طول تمیز نگه دارید زیرا جمع شدن سیمان در نوک سوزن باعث ازدیاد نفوذ و در طول آن باعث تعویق نفوذ میشود. زمان گیرش تحت تاثیر درصد و درجه حرارت آب و هم چنین درجه حرارت و رطوبت هوا و طریق صحیح قالب‌گیری قرار می گیرد بنابراین تعیین آن تقریبی است.

۷ - گزارش

۱ - ۷ - گیرش ابتدایی و انتهایی را از زمان تماس آب با سیمان بر حسب دقیقه یادداشت و گزارش نمائید.

جدول ۱ - اختلاف مجاز برای وزنه‌ها

وزن بر حسب گرم	اختلاف مجاز برای وزنه‌های مورد استفاده، \pm
500	0.18
300	0.15
250	0.13
200	0.10
100	0.07
50	0.04
20	0.02
10	0.02
5	0.01
2	0.01
1	0.01



شکل ۱ - دستگاه ویکات از روبرو و کنار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : C ۲۰۴

روش استاندارد برای نرمی سیمان پرتلند توسط دستگاه نفوذپذیری هوا

۱- هدف

این روش شامل تعیین نرمی سیمان پرتلند بوسیله دستگاه "نفوذپذیری هوا" می باشد. نرمی برحسب سطح مخصوص می باشد که عبارتست از سطح کلی برحسب تعداد سانتیمتر مربع برای یک گرم یا تعداد مترمربع برای یک کیلوگرم نمونه. گرچه این روش برای اندازه گیری نرمی مصالح مختلف بکار رفته و می رود ولی باید دانست که این نرمی نسبی می باشد و نسبت به یک نرمی مطلق تعیین شده است.

۱-۲ - مقادیری که در سیستم متریک بیان میشوند بعنوان استاندارد تلقی میگردند.

۱-۳ - این استاندارد متضمن مواد، عملیات، و وسائل مخاطره آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی نماید. آزمایش کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲ - مدارک موجود:

۱-۲ - استاندارد ASTM:

C ۶۷۰ دستورالعمل برای دقت آزمایشات مصالح ساختمانی

۲-۲ - مدارک دیگر:

مشخصات فدرال P - 236 - UU برای کاغذ؛ صافی شماره ۱۱۴ موسسه ملی استانداردها و تکنولوژی.

۳ - دستگاه:

۱-۳ - ماهیت دستگاه - دستگاه نفوذپذیری هوا که به نام "بلین" معروف است اساساً دارای یک وسیله برای کشیدن مقداری معین هوا از میان یک بستر سیمان است که تخلخل بستر معین می باشد. تعداد و اندازه منافذ در یک بستر با تخلخل معین تابعی از اندازه اجزاء نمونه است که میزان عبور هوا از میان بستر را تعیین می نماید. دستگاه که در شکل ۱ نشان داده شده است دارای اجزائی است که در ردیف های ۲ - ۳ تا ۸ - ۳ شرح داده شده است.

۲-۳ - سلول نفوذپذیری هوا - استوانه ای است با قطر داخلی $10/1 \pm 0/12/7$ میلی متر و از یک نوع استیل ضد زنگ ساخته شده است. داخل سلول دارای درجه صیقلی $0/81$ میکرومتر است. بالای سلول با مجور اصلی در زاویه قائمه است پائین آن باید با انتهای بالایی فشارسنج ارتباط "غیر قابل نفوذ با هوا" برقرار نماید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بطوریکه میزان نشت هوا از آن صفر باشد. یک لبه به عرض $0/5$ تا 1 میلی متر، جزئی از این سلول است که دو فاصله 10 ± 55 میلی متر از بالای آن قرار دارد. این لبه نگه دارنده دیسک میباشد. بالای سلول نیز دارای یک لبه است که برداشتن آن را از روی فشارسنج آسان می نماید.

۳-۳-۳ - دیسک - صفحه ای است از فلزی که خورده نمیشود و ضخامت آن $0/1 \pm 0/9$ میلی متر است. دارای 30 الی 40 سوراخ به قطر 1 میلی متر است که در سطح آن بطور منظم پخش شده اند. اندازه دیسک مناسب برای سلول است تا به راحتی داخل آن شود. یک طرف دیسک دارای علامت یا نوشته ای در مرکز آن است که آزمایش کننده باید همیشه این وجه را بطرف پائین قرار دهد. این علامت یا نوشته با سوراخهای دیسک برخورد نمی نماید.

۳-۴ - پیستون - از یک نوع استیل ضدزنگ ساخته شده است و اندازه آن مناسب برای سلول است. تفاوت قطر آن با سلول نباید بیش از $0/1$ میلی متر باشد. ته آن باید تماس کامل با سطح افقی برقرار نماید و در زاویه قائمه با محور اصلی باشد. یک مجرای هوا به عرض $0/3 \pm 3/0$ میلی متر در طول پیستون تعبیه شده است. بالای پیستون دارای یک لبه است که با بالای سلول تماس حاصل می کند و بیش از آن پائین نمی رود. ته پیستون تا صفحه مشبک (دیسک) 1 ± 15 میلی متر فاصله دارد.

۳-۵ - کاغذ صافی - از نوع بافت متوسط میباشد که بر طبق نوع ۱ از درجه B (UU - P - 236) میباشد. باید کاملاً دایره ای و قطر آن به اندازه داخل سلول باشد (یادآوری ۱)

یادآوری ۱: اگر کاغذ صافی بیش از حد کوچک باشد. مقداری از نمونه به دیواره داخل سلول می چسبد و اگر بیش از حد بزرگ باشد نتایج نامنظم خواهد داد.

۳-۶ - فشارسنج (مانومتر) - فشارسنج به شکل U که قطر خارجی لوله آن 9 میلی متر و از جنس شیشه استاندارد ساخته شده است. یکی از دو بازوی آن ارتباط "غیر قابل نفوذ هوا" با سل ایجاد می نماید. در روی بازوی مذکور یک نشان که بصورت خط مدور است وجود دارد که این نشان در فاصله $145 - 125$ میلی متر زیر مجرای خروجی است. خطوط مدور دیگری نیز به فواصل 1 ± 15 و 1 ± 70 و 1 ± 110 میلی متر در بالای خط اولی قرار دارد. بازوی دیگر فشارسنج به طول $305 - 250$ میلی متر جهت تخلیه سازی است. یک شیر یا گیره در فاصله (حداکثر) 50 میلی متری بازوی متصل به سلول است که در موقع بسته بودن باید جریان هوا را بطور کامل قطع نماید. فشارسنج به شکلی سوار شده است که در جای خود محکم و دو بازوی آن بطور عمودی قرار گیرند.

۳-۷ - مایع فشارسنج - فشارسنج باید با یک مایع تا وسط دو بازو پر شود. این مایع غیر فرار، غیر جاذب الرطوبه، و با وزن مخصوص و ویسکوزیته پائین مانند دی بوتیل فتالات (دی بوتیل ۲ و ۱ - بنزن -

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دی کربوکسیلات) یا یک روغن معدنی سبک است.

۸-۳- زمان سنج (کرونومتر) - دارای مکانیزم معین برای قطع و وصل (شروع و توقف) می باشد و باید تا ۱ ثانیه یا کمتر را اندازه گیری نماید. خطای مجاز برای یک فاصله زمانی ۶۰ ثانیه، ۱/۴ ثانیه یا کمتر و خطای آن برای فواصل زمانی ۶۰ تا ۳۰۰ ثانیه باید ۱٪ یا کمتر باشد.

۴- کالیبراسیون دستگاه:

۱-۴- نمونه - کالیبراسیون دستگاه بلین توسط نمونه شماره ۱۱۴ اداره ملی استانداردهای آمریکا انجام می شود. نمونه در موقع آزمایش باید حرارت محیط را داشته باشد.

۲-۴- حجم پودر متراکم شده - این حجم توسط جابجائی جیوه بر طبق روش زیر معین میشود:

۱-۲-۴- دیسک را در حالیکه طرف علامت دار آن رو به پائین است بصورت تخت در داخل سلول قرار دهید. دو عدد کاغذ صافی که مشخصات آن قبلاً اشاره شد روی دیسک قرار دهید. و توسط پیستون آنها را پرس نمائید. سلول را از جیوه (با درجه خلوط بالا) پر نمائید و برای نگه داشتن سلول در دست از پنس استفاده نمائید. سپس توسط یک صفحه شیشه ای با بکار بردن یک فشار اندک سطح جیوه را با بالای سلول تراز نمائید. بطوریکه بین سطح جیوه و صفحه شیشه ای هیچ گونه حباب هوا یا فضای خالی، باقی نماند. در صورتیکه جنس سلول از ماده ای است که با جیوه تولید ملقمه می نماید، قبلاً جدار داخل آن را با یک لایه نازک روغن بپوشانید. پس از تراز کردن جیوه، آنرا خارج نموده، وزن نمائید. حال یکی از دو کاغذ صافی را خارج نمائید و مقدار آزمایشی ۲/۸ گرم سیمان به سلول اضافه نمائید. (یادآوری ۲) و چند ضربه آهسته به بدنه سلول بزنید تا سیمان در آن مسطح شود. یکی از دو کاغذ صافی را که برداشته بودید روی سیمان قرار دهید و توسط پیستون، سیمان را به اندازه ای که دسته پیستون با بالای سلول تماس حاصل نماید تحت فشار قرار دهید (یادآوری ۳). پیستون را یک فاصله کوتاه بالا بیاورید، ۹۰ درجه بچرخانید، و مجدداً پرس نمائید و به آرامی خارج نمائید فضای روی کاغذ صافی را تا بالای سلول از جیوه پر و مانند بار اول تراز نمائید. سلول را خالی کرده، مجدداً جیوه را وزن نمائید.

۲-۲-۴- محاسبه حجم مطابق معادله ۱ انجام می گیرد:

$$V = (W_A - W_B) / D$$

معادله ۱

$V =$ حجم توده سیمان بر حسب سانتیمتر مکعب

$W_A =$ وزن جیوه هنگامیکه سل بدون سیمان است، بر حسب گرم

$W_B =$ وزن جیوه هنگامیکه سل دارای سیمان است، بر حسب گرم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

D = وزن مخصوص جیوه در درجه حرارت آزمایشگاه برحسب $\frac{\text{گرم}}{\text{سانتیمتر مکعب}}$
(جدول شماره ۱ را ملاحظه نمائید.)

۳-۲-۴ - حداقل دو آزمایش "تعیین حجم پودر متراکم شده" انجام دهید و برای هر آزمایش کاغذ صافی جدید بکار ببرید و از نمونه متراکم شده قبلی استفاده ننمائید بلکه مجدداً نمونه وزن نمائید. حجمی که در محاسبه بعدی بکار میرود معدل دو اندازه گیری است که با اختلاف 0.005 سانتیمتر مکعب با هم مطابقت داشته باشند. درجه حرارت محیط مجاور سل را در ابتداء و انتهای آزمایش یادداشت نمائید.

یادآوری ۲ - در تعیین حجم بستر سیمان، لازم نیست حتماً نمونه استاندارد بکار ببرید.

یادآوری ۳ - بستر سیمان تهیه شده باید محکم باشد. اگر خیلی سست است و یا اینکه نمی توان آنرا فشرد باید مقدار سیمان را برای یک بستر محکم تنظیم نمائید.

۳-۴ - تهیه نمونه - محتویات یک آمپول سیمان استاندارد را به یک ظرف مناسب (مثلاً بستر ۱۲۰ میلی لیتری) اضافه کنید و به مدت ۲ دقیقه تکان دهید تا نرم و هرگونه ذره متراکم شده از هم باز شود. بعد از مدت فوق در حالیکه روی بشر شیشه ساعت قرار داده اید ۲ دقیقه آنرا ساکن بگذارید سپس به آرامی بهم بزنید تا نمونه در ته بشر پخش شود.

۴-۴ - وزن نمونه - وزن نمونه استاندارد که برای کالیبراسیون بکار میرود مقداری است که یک بستر سیمان با تخلخل 0.005 ± 0.0005 ایجاد نماید و به طریق زیر محاسبه میشود:

$$W = \rho V (1 - \epsilon) \quad \text{معادله ۲}$$

W = وزن نمونه برحسب گرم

ρ = دانسیته نمونه که برای سیمان پرتلند ۳/۱۵ گرم بر سانتیمتر مکعب است

V = حجم بستر سیمان که طبق ردیف ۲-۴ تعیین شده است

ϵ = تخلخل خواسته شده برای بستر سیمان (0.005 ± 0.0005) (یادآوری ۴)

یادآوری ۴: تخلخل عبارتست از نسبت حجم فضاهاى خالی در یک بستر سیمان به حجم کل بستر، V.

۵-۴ - تهیه بستر سیمان - بر طبق ردیف ۱-۲-۴ انجام میشود.

۶-۴ - آزمایش نفوذپذیری:

۱-۶-۴ - سلول را به لوله فشارسنج متصل و اطمینان حاصل نمائید که ارتباط "غیر قابل نفوذ هوا" برقرار شده است. (یادآوری ۵). دقت نمائید سلول محتوی بستر سیمان از ارتعاش و تکان مصون بماند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۶-۴ - به آرامی هوا را در یک بازوی فشارسنج "U شکل" تخلیه نمائید وقتی مایع داخل آن به خط بالایی رسید شیر را محکم ببندید. زمانی که مایع به خط دوم رسید زمان سنج را بکار اندازید. وقتی به خط سوم رسید آنرا متوقف و زمان را برحسب ثانیه یادداشت نمائید. درجه حرارت محیط را در زمان آزمایش برحسب سلسیوس ثبت نمائید.

۳-۶-۴ - در کالیبراسیون دستگاه حداقل ۳ آزمایش "زمان عبور" انجام دهید و هر آزمایش روی بستر جداگانه انجام گیرد (یادآوری ۶). کالیبراسیون توسط شخصی انجام گیرد که آزمایش نرمی را انجام می دهد. **یادآوری ۵:** اگر برای وصل کردن سلول به فشارسنج از اتصالات سنباده ای استفاده شده است کمی گریس مخصوص آب بندی شیر مصرف نمائید و اگر اتصالات لاستیکی مصرف شده است آن را با آب مرطوب نمائید. برای اینکه عدم نشت هوا را امتحان نمائید، سلول را با یک در، محکم ببندید سپس جزئی عمل تخلیه انجام دهید و شیر را محکم ببندید. اگر هیچ گونه افت فشار مشاهده نشد دلیل بر آنست که اتصال، غیر قابل نفوذ بوسیله هوا است. در غیر اینصورت عیب آنرا جستجو و رفع نمائید.

یادآوری ۶: نمونه فشرده شده را میتوانید مجدداً نرم نمائید و برای کالیبراسیون بعدی مورد استفاده قرار دهید مشروط براینکه اولاً خشک نگه داری شده باشد ثانیاً از زمان بازکردن آمپول بیش از ۴ ساعت نگذشته باشد.

۷-۴ - **کالیبراسیون مجدد** - دستگاه به علت وقوع اتفاقات زیر مجدداً کالیبره میشود:

۱-۷-۴ - در فواصل زمان معین برای تصحیح، در صورت وجود فرسودگی در پیستون یا سلول.

۲-۷-۴ - در صورتیکه افتی در مایع فشارسنج پیش آید.

۳-۷-۴ - در صورتیکه تغییری در نوع یا کیفیت کاغذ صافی رخ دهد.

یادآوری ۷: پیشنهاد میشود یک نمونه ثانوی تهیه شود و به عنوان نرمی استاندارد، بین کالیبراسیون های عادی (با سیمان استاندارد) مورد استفاده قرار گیرد تا به این ترتیب دستگاه مورد رسیدگی قرار گیرد (کنترل شود).

۵- روش آزمایش

۱-۵ - **درجه حرارت سیمان** - سیمان در زمان آزمایش باید درجه حرارت محیط را داشته باشد.

۲-۵ - **اندازه ذرات نمونه آزمایش** - وزن نمونه (یادآوری ۸) برای آزمایش، برابر وزن نمونه در آزمایش کالیبراسیون است. بجز در تعیین نرمی سیمان نوع III یا دیگر انواع سیمان که ریز آسیاب شده اند، بطوریکه حجم آنها برای چنین وزنی آنقدر زیاد است که فشار شست معمولی نمی تواند لبه پیستون را با بالای سلول تماس دهد. در چنین وضعی وزن سیمان به مقداری است که بتواند یک بستر با تخلخل 0.05 ± 0.530 ایجاد نماید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

یادآوری ۸: هنگامیکه این روش برای موادی غیر از سیمان پرتلند بکار میرود و یا برای سیمان پرتلندی که نمیتوان برای آن تخلخل خواسته شده در ردیف ۲-۵ را بدست آورد، وزن سیمان باید طوری تنظیم شود که یک بستر محکم و ثابت بوسیله فشردن بدست آورد. بهرحال در هیچ صورت نبایستی فشار بیش از شست دست یا فشاری که پس از آن پیستون بطرف بیرون جهش کند اعمال کرد.

۲-۵- تهیه بستر نمونه سیمان - بستر مورد آزمایش را مانند ردیف ۵-۴ تهیه نمایید.

۴-۵- آزمایش نفوذپذیری نمونه - این آزمایش را برطبق ردیف ۶-۴ انجام دهید به استثناء اینکه بیش از یک تعیین "زمان عبور" روی هر بستر انجام ندهید.

۶- محاسبه:

۱-۶- مقادیر سطح مخصوص را برطبق معادلات زیر محاسبه نمایید:

$$S = \frac{S_S \sqrt{T}}{\sqrt{T_S}} \quad \text{معادله شماره ۳}$$

$$S = \frac{S_S \sqrt{\eta_S} \sqrt{T}}{\sqrt{T} \sqrt{\eta}} \quad \text{معادله شماره ۴}$$

$$S = \frac{S_S (b - \epsilon_S) \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{T}}{\sqrt{\epsilon_S^3} \sqrt{T_S} (b - \epsilon)} \quad \text{معادله شماره ۵}$$

$$S = \frac{S_S (b - \epsilon_S) \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{\eta} \sqrt{T}}{\sqrt{\epsilon_S^3} \sqrt{T_S} \sqrt{\eta} (b - \epsilon)} \quad \text{معادله شماره ۶}$$

$$S = \frac{S_S \rho_S (b - \epsilon_S) \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (b - \epsilon) \sqrt{\epsilon_S^3} \sqrt{T_S}} \quad \text{معادله شماره ۷}$$

$$S = \frac{S_S \rho_S (b - \epsilon_S) \sqrt{\eta_S} \sqrt{\epsilon^3} \sqrt{T}}{\rho (b - \epsilon) \sqrt{\epsilon_S^3} \sqrt{T_S} \sqrt{\eta}} \quad \text{معادله شماره ۸}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

یادآوری ۹: مقادیر $\sqrt{1}$ ، $\sqrt{E^3}$ ، \sqrt{T} را می‌توانید به ترتیب از جدولهای شماره ۱، ۲ و ۳ بدست آورید. معادلات ۳ و ۴ در محاسبه نرمی سیمانهای پرتلندی بکار می‌روند که به اندازه تخلخل سیمان استاندارد فشرده شده‌اند. معادله ۳ وقتی بکار می‌رود که اختلاف درجه حرارت نمونه در زمان آزمایش با درجه حرارت نمونه استاندارد در زمان کالیبراسیون $\pm 3^\circ\text{C}$ باشد. معادله ۴ وقتی بکار می‌رود که اختلاف درجه حرارت بیش از $\pm 3^\circ\text{C}$ باشد. معادلات ۵ و ۶ در محاسبه نرمی سیمانهای پرتلندی بکار می‌رود که با تخلخل غیر از سیمان استاندارد در آزمایش کالیبراسیون فشرده شده‌اند. اختلاف معادلات ۵ و ۶ مربوط به درجه حرارت است و مانند شرایط معادلات ۳ و ۴ می‌باشد. معادلات ۷ و ۸ در محاسبه نرمی موادی غیر از سیمان پرتلند بکار می‌رود. اختلاف دو معادله مانند (۳ و ۴) و (۵ و ۶) است. توصیه می‌شود مقادیر b ، ρ و ρ_s را برای هر نمونه تعیین شود که هر نمونه با حداقل ۴ تخلخل متفاوت تهیه گردد که تغییرات تخلخلها بین بالاترین و پائین‌ترین، حداقل ۰/۰۶ باشد. ضرایب ارتباطی بایستی بیش از ۰/۹۹۷ برای ارتباط $\sqrt{E^3 T}$ در مقابل E برای هر نمونه باشند (ضمیمه XI را ملاحظه نمایید).

۲-۶- برای تبدیل سطح مخصوص از سانتیمتر مربع بر گرم به مترمربع بر کیلوگرم کافیست آنرا در ضریب ۰/۱ ضرب نمایید.

بطوریکه:

S = سطح مخصوص نمونه مورد آزمایش، سانتیمتر مربع بر گرم

S_s = سطح مخصوص نمونه استاندارد که در کالیبراسیون دستگاه بکار رفته، سانتیمتر مربع بر گرم

T = فاصله زمانی اندازه‌گیری شده توسط زمان سنج برای نمونه، ثانیه (یادآوری ۹)

T_s = فاصله زمانی اندازه‌گیری شده برای نمونه استاندارد در کالیبراسیون دستگاه، ثانیه (یادآوری ۹)

η = ویسکوزیته هوا در درجه حرارت آزمایش نمونه، پواز (یادآوری ۹)

η_s = ویسکوزیته هوا در درجه حرارت آزمایش نمونه استاندارد، پواز (یادآوری ۹)

E = تخلخل بستر نمونه (یادآوری ۹)

E_s = تخلخل بستر نمونه استاندارد در آزمایش کالیبراسیون (یادآوری ۹)

ρ = وزن مخصوص نمونه آزمایش (برای سیمان پرتلند مقدار ۳/۱۵ گرم بر سانتیمتر مکعب بکار می‌رود)

ρ_s = وزن مخصوص نمونه استاندارد که در کالیبراسیون دستگاه بکار رفته است (۳/۱۵ گرم بر سانتیمتر مکعب فرض می‌شود)

(فرض می‌شود)

b = ضریب ثابت (برای سیمان پرتلند مقدار ۰/۹ بکار می‌رود)

۳-۶- مقادیر نرمی (سطح مخصوص) بر حسب سانتیمتر مربع بر گرم را تا ۱۰ و بر حسب مترمربع بر کیلوگرم را

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تا ۱ گرد نمائید.

مثال: ۳۴۴۷ سانتیمتر مربع بر گرم به ۳۴۵۰ سانتیمتر مربع بر گرم یا ۳۴۵ مترمربع بر کیلوگرم گرد میشود.

۷- گزارش

۷-۱- برای سیمانهای پرتلند و پرتلند مخلوط، نتیجه آزمایش روی یک بستر را گزارش نمائید (روی یک بستر دوبار آزمایش نکنید).

۷-۲- برای سیمانهای با نرمی خیلی بالا که در نتیجه زمان عبور آنها طولانی است، معدل دو آزمایش را گزارش نمائید مشروط بر اینکه با اختلاف ۲٪ یا یکدیگر تطبیق نمایند. اگر نمودند، آزمایش را تکرار نمائید (یادآوری ۱۰).

یادآوری ۱۰: عدم تطبیق جوابها نشان دهنده لزوم بررسی در روش کار و دستگاه است. در تهیه بستر صحیح سیمان، تمرین زیاد نمائید و پیش بینی های لازم را برای اطمینان از هوابندی بین سلول و فشارسنج بکار ببرید.

۸- دقت

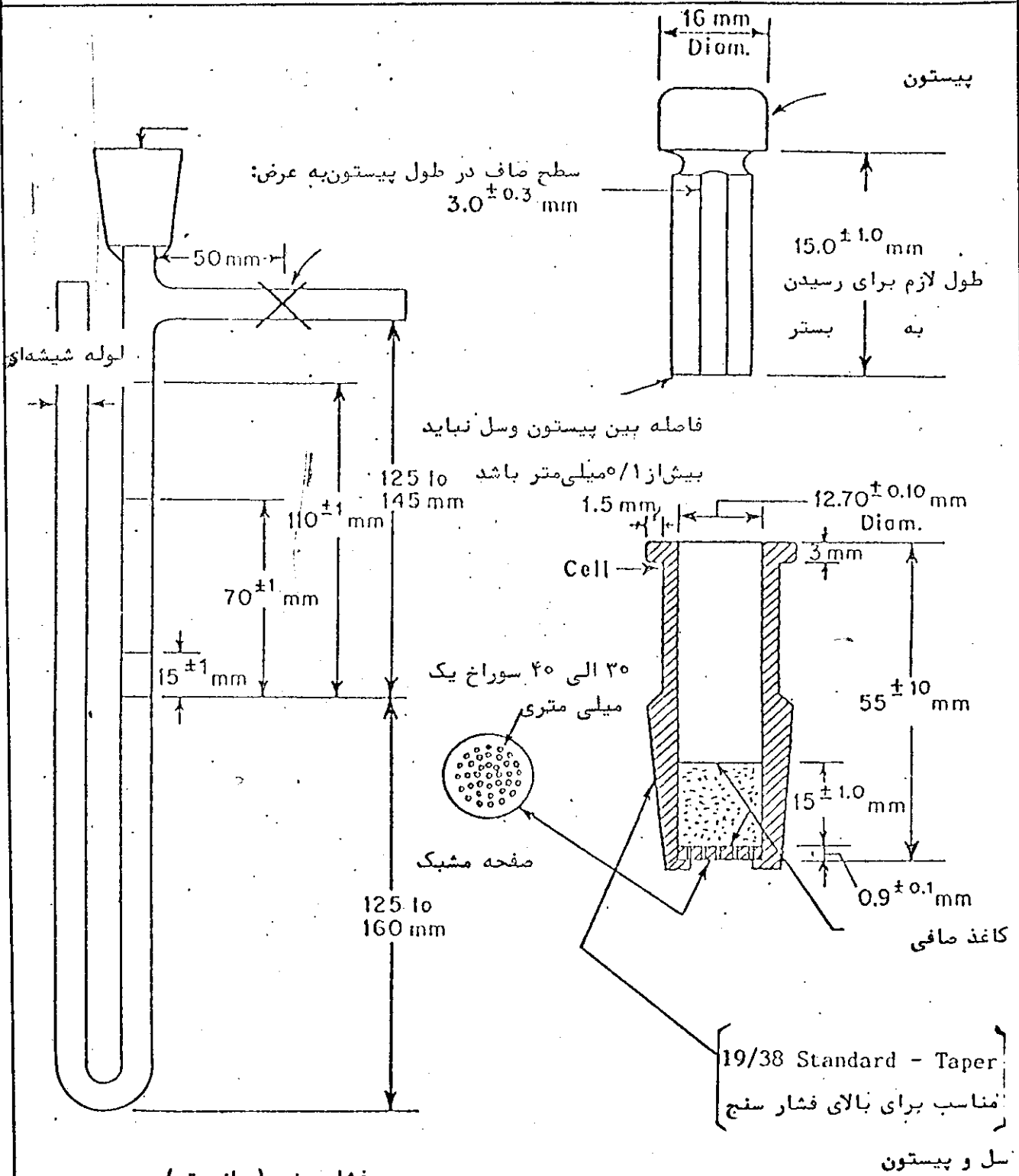
۸-۱- دقت یک آزمایش کننده - نتایج دو آزمایش که توسط یک نفر بر روی یک نمونه و بطور صحیح انجام شده باشد نباید بیش از ۳/۴٪ از معدلشان تفاوت داشته باشد. (یادآوری ۱۱)

۸-۲- دقت چند آزمایشگاه - نتایج دو آزمایش بر روی یک نمونه که توسط دو آزمایشگاه مختلف انجام شده است نباید بیش از ۶/۰٪ از معدلشان تفاوت داشته باشد. (یادآوری ۱۱)
یادآوری ۱۱: محاسبه این اعداد بر طبق A.S.T.M C ۶۷۰ می باشد.

درجه حرارت محیط °C	وزن مخصوص جیوه g/cm ³	ویسکوزیته هوا، η	$\sqrt{\eta}$
16	13.56	0.0001788	0.01337
18	13.55	0.0001798	0.01341
20	13.55	0.0001808	0.01345
22	13.54	0.0001818	0.01348
24	13.54	0.0001828	0.01352
26	13.53	0.0001837	0.01355
28	13.53	0.0001847	0.01359
30	13.52	0.0001857	0.01363
32	13.52	0.0001867	0.01366
34	13.51	0.0001876	0.01370

جدول شماره ۱ - وزن مخصوص جیوه، ویسکوزیته هوا (η) و $\sqrt{\eta}$ در درجه حرارت های مشخص

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



فشار سنج (مانومتر)

شکل ۱ - دستگاه نفوذپذیری (بلین)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تخلخل بسترسر، e	$\sqrt{e^3}$
0.495	0.348
0.496	0.349
0.497	0.350
0.498	0.351
0.499	0.352
0.500	0.354
0.501	0.355
0.502	0.356
0.503	0.357
0.504	0.358
0.505	0.359
0.506	0.360
0.507	0.361
0.508	0.362
0.509	0.363
0.510	0.364
0.525	0.380
0.526	0.381
0.527	0.383
0.528	0.384
0.529	0.385
0.530	0.386
0.531	0.387
0.532	0.388
0.533	0.389
0.534	0.390
0.535	0.391

جدول شماره ۲ - جذر توان ۳ تخلخل برای استفاده در محاسبات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

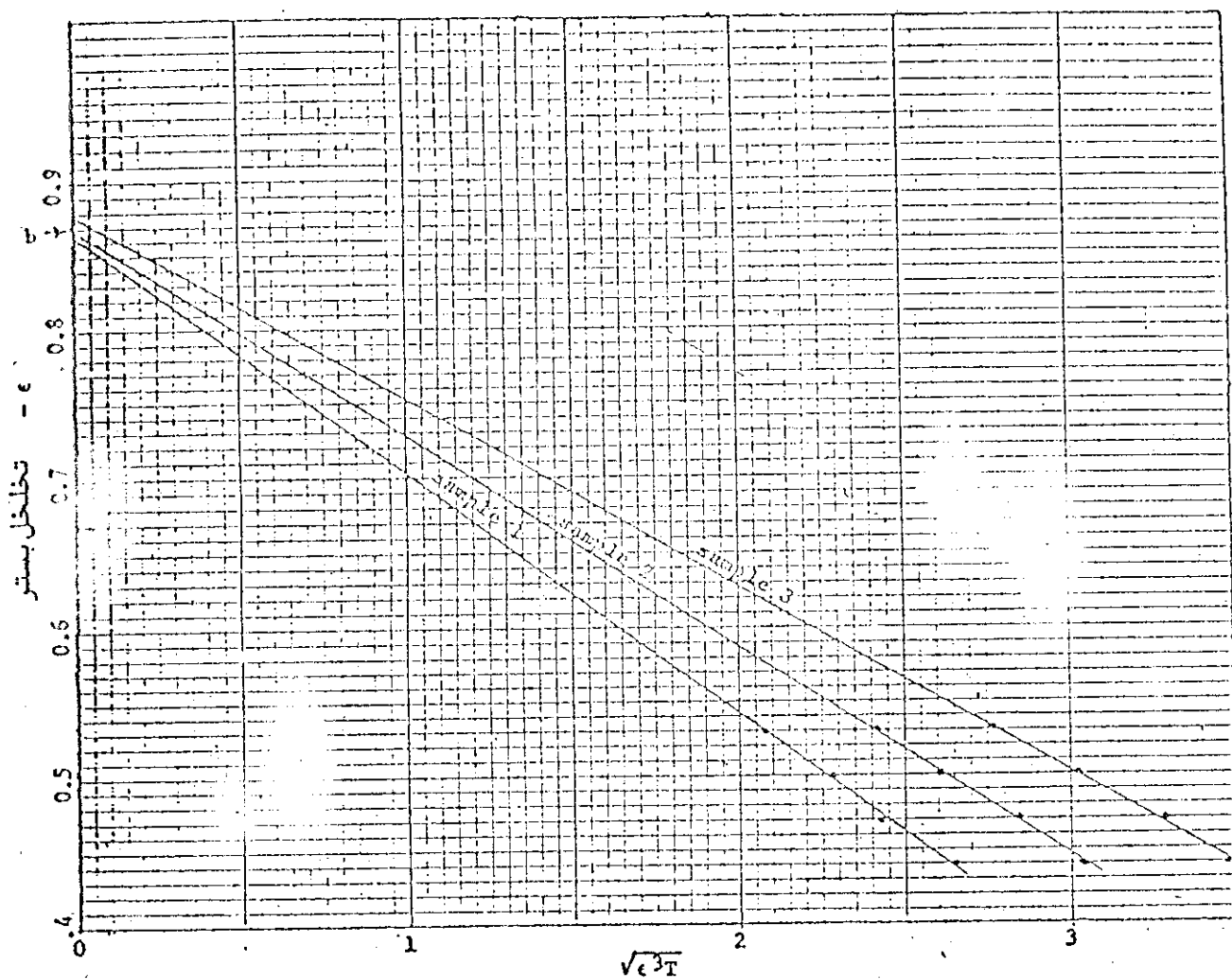
T	\sqrt{T}	T	\sqrt{T}	T	\sqrt{T}	T	\sqrt{T}	T	\sqrt{T}	T	\sqrt{T}
26	5.10	51	7.14	76½	8.72	101	10.05	151	12.29	201	14.18
26½	5.15	51½	7.18	76	8.75	102	10.10	152	12.33	202	14.21
27	5.20	52	7.21	77½	8.77	103	10.15	153	12.37	203	14.25
27½	5.24	52½	7.25	77	8.80	104	10.20	154	12.41	204	14.28
28	5.29	53	7.28	78	8.83	105	10.25	155	12.45	205	14.32
28½	5.34	53½	7.31	78½	8.86	106	10.30	156	12.49	206	14.35
29	5.39	54	7.35	79	8.89	107	10.34	157	12.53	207	14.39
29½	5.43	54½	7.38	79½	8.92	108	10.39	158	12.57	208	14.42
30	5.48	55	7.42	80	8.94	109	10.44	159	12.61	209	14.46
30½	5.52	55½	7.45	80½	8.97	110	10.49	160	12.65	210	14.49
31	5.57	56	7.48	81	9.00	111	10.54	161	12.69	211	14.53
31½	5.61	56½	7.52	81½	9.03	112	10.58	162	12.73	212	14.56
32	5.66	57	7.55	82	9.06	113	10.63	163	12.77	213	14.59
32½	5.70	57½	7.58	82½	9.08	114	10.68	164	12.81	214	14.63
33	5.74	58	7.62	83	9.11	115	10.72	165	12.85	215	14.66
33½	5.79	58½	7.65	83½	9.14	116	10.77	166	12.88	216	14.70
34	5.83	59	7.68	84	9.17	117	10.82	167	12.92	217	14.73
34½	5.87	59½	7.71	84½	9.19	118	10.86	168	12.96	218	14.76
35	5.92	60	7.75	85	9.22	119	10.91	169	13.00	219	14.80
35½	5.96	60½	7.78	85½	9.25	120	10.95	170	13.04	220	14.83
36	6.00	61	7.81	86	9.27	121	11.00	171	13.08	222	14.90
36½	6.04	61½	7.84	86½	9.30	122	11.05	172	13.11	224	14.97
37	6.08	62	7.87	87	9.33	123	11.09	173	13.15	226	15.03
37½	6.12	62½	7.91	87½	9.35	124	11.14	174	13.19	228	15.10
38	6.16	63	7.94	88	9.38	125	11.18	175	13.23	230	15.17
38½	6.20	63½	7.97	88½	9.41	126	11.22	176	13.27	232	15.23
39	6.24	64	8.00	89	9.43	127	11.27	177	13.30	234	15.30
39½	6.28	64½	8.03	89½	9.46	128	11.31	178	13.34	236	15.36
40	6.32	65	8.06	90	9.49	129	11.36	179	13.38	238	15.43
40½	6.36	65½	8.09	90½	9.51	130	11.40	180	13.42	240	15.49
41	6.40	66	8.12	91	9.54	131	11.45	181	13.45	242	15.56
41½	6.44	66½	8.15	91½	9.57	132	11.49	182	13.49	244	15.62
42	6.48	67	8.19	92	9.59	133	11.53	183	13.53	246	15.68
42½	6.52	67½	8.22	92½	9.62	134	11.58	184	13.56	248	15.75
43	6.56	68	8.25	93	9.64	135	11.62	185	13.60	250	15.81
43½	6.60	68½	8.28	93½	9.67	136	11.66	186	13.64	252	15.87
44	6.63	69	8.31	94	9.70	137	11.70	187	13.67	254	15.94
44½	6.67	69½	8.34	94½	9.72	138	11.75	188	13.71	256	16.00
45	6.71	70	8.37	95	9.75	139	11.79	189	13.75	258	16.06
45½	6.75	70½	8.40	95½	9.77	140	11.83	190	13.78	260	16.12
46	6.78	71	8.43	96	9.80	141	11.87	191	13.82	262	16.19
46½	6.82	71½	8.46	96½	9.82	142	11.92	192	13.86	264	16.25
47	6.86	72	8.49	97	9.85	143	11.96	193	13.89	266	16.31
47½	6.89	72½	8.51	97½	9.87	144	12.00	194	13.93	268	16.37
48	6.93	73	8.54	98	9.90	145	12.04	195	13.96	270	16.43
48½	6.96	73½	8.57	98½	9.92	146	12.08	196	14.00	272	16.49
49	7.00	74	8.60	99	9.95	147	12.12	197	14.04	274	16.55
49½	7.04	74½	8.63	99½	9.97	148	12.17	198	14.07	276	16.61
50	7.07	75	8.66	100	10.00	149	12.21	199	14.11	278	16.67
50½	7.11	75½	8.69	100½	10.02	150	12.25	200	14.14	280	16.73

جدول شماره ۳ - زمان عبور هوا

$T =$ زمان عبور هوا بر حسب ثانیه و

$\sqrt{T} =$ جذر زمان برای استفاده در محاسبات

ضمیمه X₁



شکل ۲ - تغییرات تخلخل بستر بر حسب $\sqrt{\epsilon^3 T}$

نوع مصالح = پودر سیلیس

ρ = وزن مخصوص نمونه آزمایش، ۲/۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب

V = حجم بستر نمونه، ۱/۸۸۷ سانتیمتر مکعب

ϵ = تخلخل مورد نظر

$$W = \rho V (1 - \epsilon)$$

W = وزن نمونه مورد نیاز، گرم

T = فاصله زمانی اندازه گیری شده بر حسب ثانیه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مقادیر محاسبه شده برای b توسط خطوط رسم شده:

$b = 0/863$ برای نمونه شماره ۱ (ضریب ارتباطی برابر با $0/9980$)

$b = 0/869$ برای نمونه شماره ۲ (ضریب ارتباطی برابر با $0/9993$)

$b = 0/879$ برای نمونه شماره ۳ (ضریب ارتباطی برابر با $0/9973$)

$b =$ میانگین برابر با $0/870$

اطلاعات برای رسم منحنی شماره ۲

ε	W	T	$\sqrt{\varepsilon^3 T}$	
0/530	2/350	29/0	2/078	نمونه شماره ۱
0/500	2/500	42/0	2/291	
0/470	2/650	57/5	2/443	
0/440	2/800	82/5	2/651	
0/530	2/350	39/0	2/410	نمونه شماره ۲
0/500	2/500	55/5	2/610	
0/470	2/650	79/0	2/846	
0/440	2/800	108/5	3/040	
0/530	2/350	51/5	2/769	نمونه شماره ۳
0/500	2/500	73/0	3/021	
0/470	2/650	104/0	3/286	
0/440	2/800	141/5	3/472	

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : C ۲۳۱ - ۹۱b

روش آزمایش استاندارد برای تعیین مقدار هوای مخلوط بتن تازه با روش فشار

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین مقدار هوای مخلوط بتن تازه را با مشاهده تغییر حجم بتن با تغییر حجم فشار را شرح می دهد.

۱-۲- این روش آزمایش برای بتن ها و ملتهایی که با مصالح نسبتاً متراکم ساخته شده اند، تنظیم شده است. ضریب تصحیح مصالح سنگی به طور مطلوبی می تواند با روش شرح داده شده در بخش ۶ تعیین شود. این روش برای بتنهایی که با مصالح سنگی سبک، سرباره کوره آهن گدازی یا مصالح سنگی بسیار متخلخل ساخته شده، کاربرد ندارد. در چنین مواردی باید از روش آزمایش C ۱۷۳ استفاده شود. همچنین این روش آزمایش را نمی توان برای بتن غیر خمیری که در کارخانه برای ساخت بلوک و لوله استفاده می شود، به کار برد.

۱-۳- مقادیر برحسب واحدهای اینچ - پوند به عنوان استاندارد می باشد.

۱-۴- این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در بر نمی گیرد. مسئولیت استفاده کننده این استاندارد است که مسائل ایمنی و سلامتی مربوطه را در نظر گرفته و محدودیتهای عملی آن را قبل از استفاده تعیین نماید. توجه ۷ - A₁ بیان عامل خاص را ملاحظه کنید.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C ۱۳۸ روش آزمایش وزن مخصوص، تسلیم و مقدار هوا (ثقل سنجی) بتن

C ۱۷۲ دستورالعمل نمونه گیری از مخلوط بتن تازه

C ۱۷۳ روش آزمایش برای تعیین مقدار هوای مخلوط بتن تازه با روش حجم پهنجی

C ۱۹۲ دستورالعمل ساخت و عمل آوری نمونه های آزمایشی بتن در آزمایشگاه

C ۶۷۰ دستورالعمل آماده سازی دقت و انحراف برای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

E ۱۷۷ دستورالعمل استفاده از اصطلاحات دقت و انحراف روشهای آزمایش ASTM.

۳- اهمیت و موارد کاربرد

۳-۱- این روش آزمایش برای تعیین مقدار هوای بتن تازه استفاده می شود. این آزمایش برای تعیین مقدار هوای مخلوط بتن تازه به جز هوایی که می تواند داخل حفرات درون ذرات مصالح سنگی وارد شود، طرح ریزی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شده است. به همین دلیل این روش برای بتنی که با مصالح سنگی نسبتاً متراکم ساخته شده و نیاز به تعیین ضریب تصحیح مصالح سنگی دارد، قابل استفاده است. (بند ۶-۱ و ۹-۱ را ملاحظه نمایید).

۳-۲- این روش آزمایش و روشهای آزمایش C ۱۳۸ و C ۱۷۳ به ترتیب روشهای فشار، ثقل سنجی و حجم سنجی را برای تعیین مقدار هوای مخلوط بتن تازه ایجاد می نمایند. روش فشار در این روش آزمایش اساساً همان مقدار هوای دو روش آزمایش دیگر برای بتن ساخته شده با مصالح سنگی متراکم را بدست می دهد.

۳-۳- مقدار هوای بتن سخت شده ممکن است از آنچه با این روش آزمایش تعیین می شود بیشتر یا کمتر باشد. این کمیت به روشها و مقدار انرژی تحکیمی اعمال شده به بتن که نمونه بتن سخت شده گرفته شده، یکنواختی و پایداری حبابهای هوا در بتن تازه و سخت شده، دقت بررسی میکروسکوپی، در صورتی که استفاده شده است، مدت مقایسه، در معرض محیط بودن، مرحله تحویل، روند جای دادن و تحکیم که مقدار هوای بتن سخت شده تعیین می شود، بدین معنی که قبل و بعد از اینکه بتن پمپاژ می شود و عوامل متعدد دیگر بستگی دارد.

۴- وسایل آزمایش

۴-۱- وسیله اندازه گیری هوا - بدین منظور دو نوع وسیله مناسب ساخته شده است که براساس قانون بویل عمل می کنند، در اینجا تحت عنوان نوع A و B موسوم می باشند.

۴-۱-۱- وسیله اندازه گیری هوا از نوع A - این وسیله از یک ظرف و یک درپوش ساخته شده است. (شکل ۱) مشخصات آن در بندهای ۴-۲ و ۴-۳ آمده است. نمونه بتن با حجم معینی در ظرف مخصوص دستگاه آزمایش ریخته می شود و روی آن تا ارتفاع مشخصی با آب پر می گردد. سپس آب را تحت فشار معینی قرار می دهند. در نتیجه آب به داخل خلل و فرج نمونه بتن نفوذ می کند و سطح آن پایین می آید. دستگاه طوری مدرج شده است که از روی آن می توان با توجه به پایین رفتن سطح آب درصد هوا در نمونه بتن را قرائت کرد.

۴-۱-۲- وسیله اندازه گیری هوا از نوع B - این وسیله از یک ظرف اندازه گیری و درپوش تشکیل می شود. (شکل ۲) که مشخصات آنها در بندهای ۴-۲ و ۴-۳ توضیح داده شده است. دستگاه براساس تعادل حجم مشخصی از هوا تحت فشار معین در یک ظرف در بسته کار می کند. در داخل ظرف نمونه بتن که حاوی حجم نامشخصی هوا می باشد، قرار دارد. صفحه مدرج فشارسنج، بر حسب درصد هوا در فشار حالت تعادل مدرج شده است. فشار مطلوب کار دستگاه بین ۷/۵ تا ۳۰ پوند بر اینچ مربع (۵۱ تا ۲۰۷ کیلو پاسکال) می باشد.

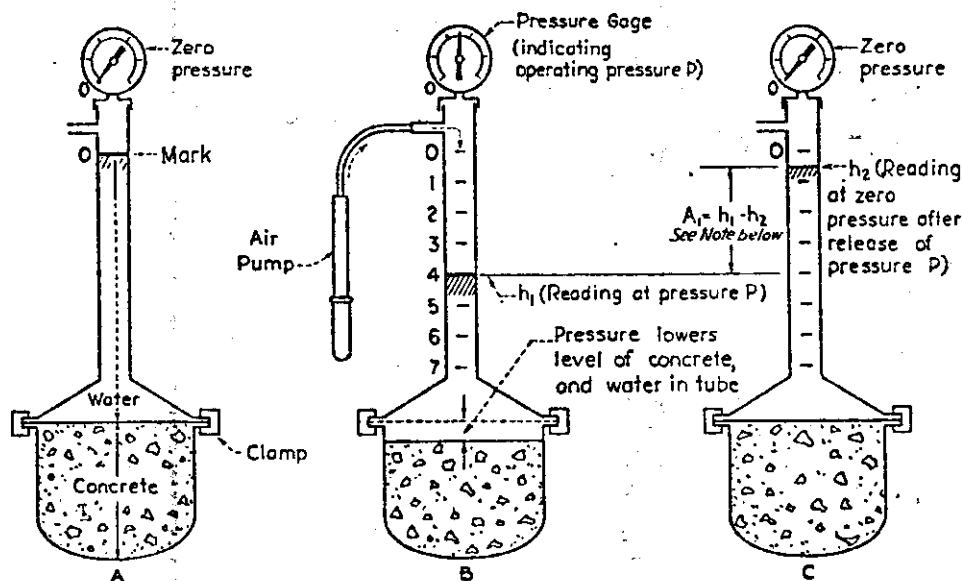
۴-۲- ظرف اندازه گیری - ظرف اندازه گیری باید به شکل استوانه و از جنس فولاد، فلز سخت یا ماده سخت دیگری که چسبندگی آن به سیمان کم است، ساخته شده باشد. قطر ظرف باید حداقل ۷/۵۰ تا ۱/۲۵ برابر ارتفاع آن بوده و ظرفیت آن حداقل ۲۰٪ فوت مکعب (۰/۰۰۶ متر مکعب) باشد. لبه ظرف باید به صورت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تخت یا به شکل مناسب دیگری درآورده شده باشد تا به نحو مطمئنی با درپوش ظرف جفت شده و محکم گردد. سطوح داخلی ظرف و سطوح طوقه، لبه‌های تخت و قسمت‌های دیگر که با یکدیگر جفت می‌شوند باید صیقلی و صاف شده باشند. ظرف اندازه‌گیری و درپوش آن باید به اندازه کافی صلب باشند تا ضریب انبساط، D ، دستگاه را به کمتر از $1/10$ درصد حجم هوایی که دستگاه تحت فشار نرمال نشان می‌دهد، محدود نمایند. (ضمیمه ۵ - A_1 را ببینید).

۴-۳- درپوش

۴-۳-۱- درپوش باید از جنس فولاد، فلز سخت یا مصالح سخت دیگری که چسبندگی آن به خمیر سیمان کم است، ساخته شده باشد. لبه درپوش باید به صورت تخت یا به شکل مناسب دیگری درآورده شده باشد تا به نحو مطمئنی با ظرف جفت شده و محکم گردد. لازم است درپوش به شکل کاسه‌ای بوده و دارای تقعر باشد تا فضای لازم برای تجمع هوا در بالای ظرف را تأمین نماید. درپوش باید به اندازه کافی صلب باشد تا ضریب انبساط دستگاه مطابق بند ۴-۲ محدود گردد.



توجه - وقتی ظرف حاوی بتن است $A_1 = h_1 - h_2$ می‌باشد و وقتی ظرف حاوی آب و سنگدانه است $h_1 - h_2 = G$ می‌باشد (ضریب تصحیح مصالح سنگی). $A_1 - G = A$ (مقدار هوای داخل شده در بتن)

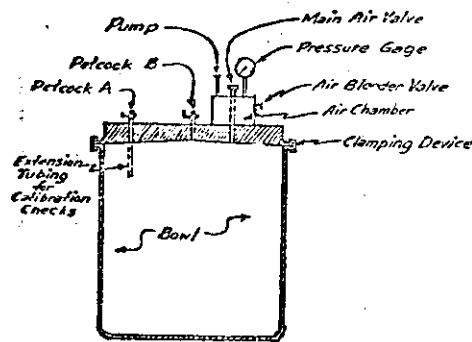
شکل ۱ - نمایش روش فشار برای تعیین مقدار هوا - دستگاه نوع A

۴-۳-۲- درپوش باید به یک وسیله مناسب برای قرائت مقدار هوا مجهز باشد. درپوش از نوع A باید دارای یک لوله قائم باشد. این لوله می‌تواند در یک لوله شفاف یا یک لوله فلزی سوراخدار که به آن یک لوله آب‌نمای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مدرج متصل گردیده، تشکیل شده باشد. در دستگاه نوع B، صفحه مدرج باید طوری درجه بندی شده باشد که درصد هوا را مشخص کند. درجه بندی باید به گونه ای باشد که محدوده ای از درصد هوا که حداقل آن ۸ درصد است قابل قرائت تا دقت ۰/۱ درصد باشد. این کار به وسیله آزمایش کالیبراسیون تحت یک فشار هوای مناسب صورت می گیرد.

۳-۳-۴- درپوش باید به شیرهای هوا، شیرهای تخلیه هوا و شیرهایی برای خروج آب اضافی یا ورود آن که در بعضی از دستگاههای مخصوص اندازه گیری پیش بینی شده است، مجهز باشد، لازم است یک بست مناسب برای محکم کردن درپوش به ظرف طرح شده باشد که بخوبی تحت فشار آبنند بوده و بعلاوه هوا را در بین لبه های اتصال درپوش و ظرف محبوس نکند. درپوش باید به یک پمپ دستی مناسب که به آن متصل است یا به عنوان یک وسیله فرعی می تواند به آن متصل شود، مجهز باشد.



شکل ۲- تصویر شماتیک دستگاه نوع B

۴-۴- مخزن کالیبراسیون - مخزنی است که حجم داخلی آن درصدی از حجم ظرف اندازه گیری است، این درصد متناظر با درصد تقریبی هوای بتن در نمونه مورد آزمایش است، یا اگر کمتر باشد، امکان این باید وجود داشته باشد که کنترل دستگاه نشان دهنده هوا در درصد تقریبی هوای بتن مورد آزمایش با پر کردن اندازه گیری انجام شود. وقتی که طراحی اندازه گیر قرار دادن مخزن کالیبراسیون را در ظرف اندازه گیری برای کنترل کالیبراسیون نیاز دارد، اندازه گیر باید استوانه ای شکل و عمق داخلی آن $\frac{1}{4}$ اینچ (۱۳ میلیمتر) کمتر از ظرف باشد. اندازه گیر مطلوب از این نوع ممکن است از لوله برنجی ۱۶ گیج ساخته شده باشد با قطری که حجم مورد نظر را بدست دهد که بدین منظور دیسک برنجی با $\frac{1}{4}$ اینچ ضخامت لحیم شده که تشکیل انتها را بدهد. وقتی که طراحی دستگاه خروج آب از ظرف پر شده با آب و مجموعه درپوش را لازم دارد. اندازه گیری ممکن است یک قسمت جمعی از مجموعه درپوش یا ممکن است اندازه گیر استوانه ای جداگانه مشابه با استوانه توصیف شده در بالا باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۵ - طرز کار دستگاههای تعیین مقدار هوای بتن با یکدیگر فرق می کند، بنابراین تمام موارد ذکر شده در بندهای ۴-۶ تا ۴-۱۶ لازم نمی باشد. موارد لازم باید آنچه که برای کاربرد با طرح خاص دستگاه لازم است استفاده شود تا تعیین مناسبی از مقدار هوا مطابق با روشهای توصیف شده در اینجا صورت پذیرد.

۴-۶ - فنر مارپیچ یا وسیله دیگری برای نگه داشتن استوانه کالیبراسیون در محل خود.

۴-۷ - لوله آبپاش - لوله ای برنجی با قطر مناسب که ممکن است جزئی از درپوش بوده یا به طور مجزا به آن اضافه شود. این وسیله باید طوری ساخته شده باشد که وقتی از طریق آن آب به طرف اضافه می شود، آن را به دیواره های درپوش بپاشد به گونه ای که آب از دیواره های ظرف به پائین جریان یابد تا حداقل دستخوردگی را روی بتن ایجاد نماید.

۴-۸ - ماله - ماله مخصوص بنایی

۴-۹ - تخماق میله ای - تخماق میله ای باید میله مستقیم فولادی به قطر $\frac{5}{8}$ اینچ (۱۶ میلیمتر) و طول آن حداقل ۱۶ اینچ (۴۰۰ میلیمتر) باشد. انتهای تخماق باید گرد و به صورت نیمکره ای به قطر $\frac{5}{8}$ اینچ (۱۶ میلیمتر) باشد.

۴-۱۰ - چکش - چکشی (با سر لاستیکی یا چوبی) به وزن تقریبی $0.50 \pm 1/25$ پوند (0.23 ± 0.57 کیلوگرم) جهت استفاده اندازه گیری با حجم 0.5 فوت مکعب (۱۴ دسیمتر مکعب) یا کمتر و چکشی به وزن تقریبی $0.5 \pm 2/25$ پوند (0.23 ± 1.02 کیلوگرم) برای استفاده از اندازه گیری با حجم بیشتر از 0.5 فوت مکعب.

۴-۱۱ - میله مخصوص ضربه زدن - میله مستقیم تختی از فولاد یا فلز مناسب دیگر با حداقل ضخامت $\frac{1}{8}$ اینچ (۳ میلیمتر) و عرض $\frac{3}{4}$ اینچ (۲۰ میلیمتر) در طول ۱۲ اینچ (۳۰۰ میلیمتر).

۴-۱۲ - صفحه مخصوص ضربه زدن - یک صفحه فلزی مستطیلی تخت با حداقل ضخامت $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلیمتر) یا صفحه آلومینیم یا شیشه ای با حداقل ضخامت $\frac{1}{4}$ اینچ (۱۲ میلیمتر) و حداقل طول و عرض ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) بیشتر از قطر اندازه گیری که استفاده می شود. لبه های صفحه باید مستقیم و صاف با دقت $\frac{1}{16}$ اینچ ($1/5$ میلیمتر) باشد.

۴-۱۳ - قیف با یک مجرا که در داخل لوله آبپاش جفت می شود.

۴-۱۴ - ظرف برای آب که ظرفیت آن برای پر کردن لوله مدرج با آب از سطح نمونه بتن تا علامت صفر کافی باشد.

۴-۱۵ - لرزاننده که مطابق با دستورالعمل ۱۹۲ C باشد.

۴-۱۶ - الکهای $\frac{1}{4}$ اینچ ($37/5$ میلیمتر) که سطح آن کمتر از ۲ فوت مربع (0.19 مترمربع) نباشد.

۵- کالیبراسیون دستگاه

۵-۱- آزمایشهای کالیبراسیون را مطابق با روشهای شرح داده شده در ضمیمه انجام دهید. حرکات شدید در هنگام جابجایی روی کالیبراسیون هر دو نوع دستگاه A و B اثر می گذارد. تغییرات فشار جو بر روی کالیبراسیون دستگاه نوع A اثر می گذارد ولی بر روی دستگاه نوع B اثری ندارد. مراحل شرح داده شده در ضمیمه ۲- A_۱ تا ۶- A_۱، برحسب اینکه کدام نوع دستگاه مدنظر باشد، شرایط لازم برای کالیبراسیون نهایی دستگاه می باشد. آزمایش کالیبراسیون دستگاه نوع A، فشار کار دستگاه، P، که بر روی فشارسنج دستگاه ملاحظه می گردد مطابق آنچه در بند ۷- A_۱ ضمیمه توصیف شده، تعیین می شود، یا تعیین دقیق جایی که مقدار هوا را بر روی صفحه فشارسنج دستگاه نوع B مشخص می کند. به طور طبیعی مراحل شرح داده شده در ضمیمه ۲- A_۱ تا ۶- A_۱ لازم است فقط یکمرتبه (در زمان اولین کالیبراسیون) یا گاهگاهی برای کنترل حجم استوانه کالیبراسیون و ظرف اندازه گیری انجام شوند. به عبارت دیگر آزمایش کالیبراسیون توصیف شده در بند ۷- A_۱ و ۹- A_۱ ضمیمه برحسب نوع دستگاه مورد استفاده غالباً برای اطمینان از صحت فشار، P، در دستگاه نوع A یا صحت مقدار هوایی که فشارسنج دستگاه نوع B نشان می دهد، لازم است. در مورد دستگاه نوع A در صورتی که ارتفاع محل قرارگرفتن دستگاه بیش از ۶۰۰ فوت (۱۸۳ متر) تغییر کند، نیاز به کالیبراسیون مجدد آن مطابق با بند ۷- A_۱ ضمیمه می باشد.

۶- تعیین ضریب تصحیح مصالح سنگی

۶-۱- روش کار - ضریب تصحیح مصالح سنگی را در نمونه ای که مخلوطی از مصالح ریزدانه و درشت است مطابق با بندهای ۶-۲ تا ۶-۴ تعیین نمائید. این ضریب بطور مستقل با اعمال فشار کالیبره شده بر روی نمونه ای از مخلوط ریزدانه و درشت دانه که بر روی آن آب قرار گرفته و رطوبت آن با رطوبت واقعی در نمونه بتن مورد آزمایش تقریباً یکسان است، تعیین می گردد.

۶-۲- اندازه نمونه مصالح سنگی - وزن مصالح ریزدانه و درشت دانه موجود در نمونه بتن تازه را که مقدار هوای آن تعیین می شود را به صورت زیر تعیین کنید:

$$F_s = (S/B) \times F_b \quad (1)$$

$$C_s = (S/B) \times C_b \quad (2)$$

که در آن:

F_s = وزن مصالح ریزدانه در نمونه بتن مورد آزمایش، برحسب پوند (کیلوگرم)،

S = حجم نمونه بتن (که با حجم ظرف اندازه گیری برابر است)، برحسب فوت مکعب (مترمکعب)،

B = حجم بتن تولید شده در محل تولید بتن (توجه ۱)، برحسب فوت مکعب (مترمکعب)،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

F_b = وزن کل مصالح ریزدانه با رطوبتی که در محل تولید دارند، برحسب پوند (کیلوگرم)،

C_s = وزن مصالح سنگی درشت دانه در نمونه بتن تحت آزمایش، برحسب پوند (کیلوگرم)، و

C_b = وزن کل مصالح سنگی درشت دانه با رطوبتی که در محل تولید دارند، برحسب پوند (کیلوگرم).

توجه ۱ - حجم بتن تولید شده در محل تولید می‌تواند مطابق با شرایط کاربردی روش آزمایش C ۱۳۸ تعیین شود.

توجه ۲ - «عبارت وزن» موقتاً در این استاندارد استفاده شده، زیرا به رسم تجارتنی چاپ شده است. لغت مورد استفاده معنای هم نیرو و هم جرم را می‌دهد، دقت در تعیین آن باید انجام شود که در هر حالت چه معنی دارد. (در سیستم SI واحد نیرو برابر با نیوتن و واحد جرم برابر با کیلوگرم می‌باشد).

۳-۶ - ریختن مصالح در ظرف اندازه‌گیری - نمونه‌های معرفی از مصالح ریزدانه F_s و مصالح درشت دانه C_s را مخلوط کرده و در ظرف اندازه‌گیری که یک سوم آن با آب پر شده است، بریزید. هر بار کمی از مصالح مخلوط شده را در ظرف اندازه‌گیری بریزید، در صورت لزوم، آب اضافی طوری که همه مصالح مستغرق باشند اضافه کنید. هر بار کمی از مصالح را به صورت تدریجی و به حالتی در ظرف بریزید که تا حد ممکن هوای کمتری در بین دانه‌ها محبوس شود. به اطراف ظرف ضربات ملایم زده و به آرامی در حدود ۱۰ مرتبه از ۱ اینچی (۲۵ میلیمتر) بالای مصالح میله بزنید، بعد از هر بار افزودن مصالح ظرف را تکان دهید تا هوا خارج شود.

۴-۶ - تعیین ضریب تصحیح مصالح سنگی :

۴-۶-۱ - مرحله مقدماتی آزمایش برای دستگاههای نوع A و B - وقتی که تمام مصالح سنگی در داخل ظرف اندازه‌گیری ریخته شد، حبابها و کف‌های روی آن را برداشته و مصالح را در فاصله زمانی تقریباً برابر با زمان بین ریختن آب به داخل مخلوط کن و انجام آزمایش تعیین مقدار هوا مستغرق نگه دارید، قبل از آنکه مطابق با بندهای ۴-۶-۲ یا ۴-۶-۳ تعیین شود.

۴-۶-۲ - دستگاه نوع A - آزمایش را مطابق با آنچه در بندهای ۴-۶-۱ و ۴-۶-۲ شرح داده شده است، کامل کنید. ضریب تصحیح مصالح سنگی، G ، برابر با $h_1 - h_2$ می‌باشد. (شکل ۱ را ملاحظه فرمائید) (توجه ۳).

۴-۶-۳ - دستگاه نوع B - روش‌هایی را که در بند ۴-۶-۱ شرح داده شده است اجرا نمایید. مقداری از حجم آب دستگاه را که تقریباً معادل با حجم هوای یک نمونه بتن معمولی است نمونه‌ای به اندازه حجم ظرف، را خالی کنید. خالی کردن آب باید مطابق با روش شرح داده شده در بند ۴-۶-۱ برای آزمایش کالیبراسیون انجام شود. آزمایش را مطابق با آنچه در بند ۴-۶-۲ شرح داده شده، کامل کنید. ضریب تصحیح مصالح سنگی، G ، برابر است با تفاضل قرائت مقدار هوا از حجم آب تخلیه شده از ظرف که به صورت درصدی از حجم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ظرف بیان می شود. (شکل ۱ را ملاحظه نمایید).

توجه ۳- ضریب تصحیح مصالح سنگی با مصالح مختلف فرق می کند. ضریب تصحیح فقط با آزمایش می تواند تعیین شود، چونکه ظاهراً، بطور مستقیم نمی تواند با جذب آب ذرات ارباط داشته باشد. آزمایش به آسانی می تواند انجام شود و نباید از آن صرف نظر کرد. بطور معمول، ضریب به دلایلی برای مصالح مشخص ثابت باقی می ماند اما کنترل موردی آزمایش توصیه می گردد.

۷- آماده کردن نمونه آزمایشی بتن

۷-۱- مطابق با روشهای عملی دستورالعمل C ۱۷۲ نمونه ای از مخلوط بتن تازه تهیه کنید. اگر بتن دارای ذرات درشت تر از الک ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) باشد، مقدار کافی از نمونه معرف را مطابق با دستورالعمل C ۱۷۲ بوسیله شستن از روی الک $1 \frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) عبور دهید، تا نهایتاً مقدار مصالحی بیش از آنچه برای پرکردن ظرف اندازه گیری لازم است، بدست آورده شود. عمل شستن نمونه بتن تازه از روی الک را با حداقل مقدار ممکنه برهم زدن ملات انجام دهید. سعی نکنید ملات چسبیده به مصالح درشت دانه باقی مانده روی الک را برطرف کنید.

۸- روش تعیین مقدار هوای بتن

۸-۱- ریختن و تراکم نمونه :

۸-۱-۱- قسمت داخلی ظرف اندازه گیری و محل آن را که یک سطح محکم، تراز، صاف می باشد را مرطوب کنید. نمونه معرف بتن را که طبق بخش ۷ تهیه شده را در لایه های مساوی در ظرف اندازه گیری بریزید. هر لایه را بوسیله روش میله (طبق بند ۸-۱-۲) یا از طریق لرزاندن (طبق بند ۸-۱-۳) متراکم نمایید. لایه متراکم شده نهایی را صاف کنید. (بند ۸-۱-۴) بتنهای با اسلامپ بیش از ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) را میله بزنید. بتن با اسلامپ ۱ تا ۳ اینچ (۲۵ تا ۷۵ میلیمتر) را میله بزنید یا بلرزانید. بتنهای با اسلامپ کمتر از ۱ اینچ (۲۵ میلیمتر) را با لرزاندن، متراکم کنید.

۸-۱-۲- **میله زدن** - بتن را در سه لایه با حجم تقریباً مساوی در ظرف اندازه گیری بریزید. هر لایه بتن را با ۲۵ ضربه میله تخمق که به طور یکنواخت روی تمام سطح بتن توزیع گردیده، متراکم کنید. بعد از میله زدن هر لایه، بوسیله چکش چوبی به طور ملایم ۱۰ تا ۱۵ بار به جوانب ظرف ضربه بزنید تا منافذی را که در اثر میله زدن باقی مانده یا حبابهای هوای محبوس شده آزاد گردند. لایه زیرین را طوری میله بزنید که میله در تمام عمق آن نفوذ کند، اما شدت میله زدن نباید به نحوی باشد که میله به ته ظرف برخورد کند. میله زدن دومین لایه و لایه نهایی باید نیرو به قدری باشد که میله حدود ۱ اینچ (۲۵ میلیمتر) در لایه قبلی نفوذ کند. آخرین لایه بتن را به صورتی در ظرف بریزید که از پرشدن اضافی جلوگیری شود. (بند ۸-۱-۴)

شرکت ستهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۱-۳- لرزاندن - بتن را در دو لایه با حجم تقریباً مساوی در ظرف اندازه گیر بریزید. تمام بتن هر لایه را قبل از شروع و بیره در ظرف بریزید. هر لایه را با سه بار وارد کردن و بیراتور که به طور یکنواخت روی سطح توزیع گردیده، متراکم کنید. آخرین لایه بتن را به صورتی در ظرف بریزید که از پرشدن اضافی جلوگیری شود (بند ۸-۱-۴). در متراکم کردن لایه زیرین، اجازه تماس و بیراتور با کف یا جوانب ظرف را ندهید. در موقع بیرون کشیدن و بیراتور از نمونه دقت کنید که هیچ هوایی جایگزین نشود. با توجه به نوع بتن، و بیراتور و ظرف اندازه گیری مدت زمان استاندارد را برای زمان و بیراسیون رعایت کنید. مدت زمان لازم برای و بیراسیون به کارایی بتن و قدرت و بیراتور بستگی دارد. لرزاندن را فقط تا حدی ادامه دهید تا بتن به تراکم مناسبی برسد. لرزاندن بیش از اندازه ممکن است سبب جدا شدن دانه ها و خروج هوایی که عملاً در بتن داخل گردیده است، بشود. معمولاً لرزاندن را تا آنجا ادامه دهید که سطح بتن نسبتاً نرم شده و لعابدار شود. هرگز نباید و بیره کردن را آنقدر ادامه داد که موجب خروج کف از بتن شود.

۸-۱-۴- پرداخت کردن سطح بتن - بعد از تراکم بتن، سطح بالایی را بوسیله لغزاندن میله پرداخت در امتداد بالای ظرف یا حرکت برشی میله ظرف اندازه گیری تا اینکه سطح بتن کاملاً تراز شود، پرداخت کنید. برای تراکم کامل ظرف نباید حاوی بتن اضافی یا کسری بتن باشد. بهترین حالت این است که در موقع صاف کردن سطح بتن تقریباً $\frac{1}{8}$ اینچ (۳ میلیمتر) از بتن برداشته شود. برای رفع کسری بتن می توان مقدار کمی بتن معرف به نمونه اضافه کرد. اگر در ظرف اندازه گیر بتن اضافی وجود دارد، قبل از صاف کردن بتن اضافی را با یک کاردک بردارید. هنگامی که از صفحه پرداخت استفاده می شود بتن را مطابق روش آزمایش تشریح شده در C ۱۳۸ پرداخت کنید. توجه ۴ - استفاده از صفحه پرداخت از آلومینیم یا فلز نسبتاً نرم دیگری برای تعیین هوا ممکن است که باعث پوشش سریع زهوار شود و نیاز به نگهداری، کالیبراسیون و در نهایت جایگزینی دارد.

۸-۱-۵- بکار بردن روش آزمایش - هر قسمت از روش آزمایش که به طور خاص به دستگاه نوع A یا B مربوط نمی شود باید برای هر دو نوع دستگاه بکار برده شود.

۸-۲- روش آزمایش - دستگاه نوع A

۸-۲-۱- آماده کردن برای آزمایش - لبه ها و زه ظرف و درپوش آن را کاملاً تمیز کنید. طوری که وقتی در آن بسته می شود کاملاً در مقابل فشار، آب بندی شود. دستگاه را سوار کنید و از طریق لوله آن روی بتن آب اضافه کنید تا آب داخل لوله به نصف ارتفاعی که علامتگذاری شده، برسد. دستگاه را ۳۰ درجه از حالت قائم خارج کنید و به حالت مایل نگه دارید و با استفاده از کف ظرف به عنوان یک محور، دستگاه را چندین دور کامل بگردانید و همزمان به درپوش ضربات آرامی بزنید تا همه حبابهای هوای محبوس بالای نمونه بتن خارج شود. دستگاه را به حالت قائم برگردانید و در حالی که به جوانب ظرف ضربات آرامی می زنید، ستون آب را کمی بالاتر

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

از علامت صفر برگردانید. قبل از بستن سوپراخ بالای ستون آب (شکل ۱ - A ملاحظه گردد) تراز آب را به علامت صفر روی لوله مدرج برگردانید.

توجه ۵ - بعضی از انواع دستگاههای نوع A علامت شروع پرشدن کالیبره شده ای بالای نشانه صفر دارند. معمولاً این علامت شروع نباید استفاده شود چنانچه در بخش ۸ - ۲ - ۳ متذکر گردید، مقدار هوای ظاهری، اختلاف بین قرائت تراز آب H در فشار P و تراز آب h_2 در فشار صفر بعد از حذف فشار P می باشد.

۸ - ۲ - ۲ - سطح داخلی در تجهیزات باید تمیز و عاری از روغن یا گریس نگهداشته شود، سطح باید مرطوب باشد تا مانع از حضور حبابهای هوا که ممکن است در هنگام خروج بعد از نصب دستگاه مشکل ایجاد کند، گردد.

۸ - ۲ - ۳ - روش آزمایش - به کمک یک پمپ دستی کوچک، فشاری کمی بیش از فشار مطلوب آزمایش، P، (در حدود بیش از ۰/۲ پوند بر اینچ مربع (۱۳۸۰ پاسکال)) به بتن اعمال کنید. برای از بین بردن قیود موضعی به جوانب ظرف ضرباتی بزنید و وقتی که فشارسنج، فشار واقعی آزمایش، P، را نشان می دهد (مطابق با بند ۷ - A₁ تعیین می شود)، تراز آب، h_1 را قرائت کنید. با دقت کوچکترین تقسیمات روی لوله یا نصف درجات میله یادداشت کنید. (شکل ۱ - B ملاحظه گردد.) برای مخلوطهایی که بسیار ناهنجار بوده، ممکن است لازم باشد ضربات بیشتری به ظرف زده شود تا حجم هوایی که مشخص می شود، تغییر نکند. بوسیله خروج هوا از بالای ستون آب و زدن ضربات ملایم به جوانب ظرف بمدت یک دقیقه بتدریج فشار هوا را آزاد کنید. سطح آب، h_2 را با دقت کوچکترین تقسیمات لوله یا نصف این تقسیمات ثبت کنید (شکل ۱ - C ملاحظه گردد). مقدار ظاهری هوا را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$A_1 = h_1 - h_2 \quad (3)$$

که در آن:

A_1 = مقدار ظاهری هوا

h_1 = قرائت سطح آب در فشار P، (توجه ۶ ملاحظه شود)، و

h_2 = قرائت سطح آب در فشار صفر بعد از آزاد کردن فشار P.

۸ - ۲ - ۴ - آزمایش کنترل - مراحل تشریح شده در بند ۸ - ۲ - ۳ را بدون اضافه کردن آب برای رساندن تراز آن به علامت صفر، تکرار کنید. دو مقدار متوالی تعیین مقدار هوای ظاهری باید با اختلاف کمتر از ۰/۲ درصد هوا با هم تطابق داشته باشد و میانگین گیری می شود تا مقدار A_1 که باید در محاسبه مقدار هوا، A_s ، استفاده شود. مطابق با بخش ۹ بدست آید.

۸ - ۲ - ۵ - در حالتی که مقدار هوا از دامنه نمایش هواسنج دستگاه تجاوز کند، زمانی که در فشار کاربرد معمولی P، فشار آزمایش را به فشار آزمایش P₁ کاهش می دهید و مراحل شرح داده شده در بندهای ۸ - ۲ - ۲ و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۲-۳ را تکرار کنید.

توجه ۶- بند ۷-۱ را برای روشهای کالیبراسیون دقیق ملاحظه نمایید. مقدار تقریبی فشار P_1 که مقدار هوای ظاهری در آن دو برابر قرائت هواسنج خواهد بود می تواند از رابطه زیر محاسبه شود:

$$P_1 = P_a P / (\gamma P_a + P) \quad (4)$$

که در آن:

P_1 = فشار آزمایش تقلیل یافته برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)،

P_a = فشار جو برحسب پوند بر اینچ مربع (تقریباً ۱۴/۷ پوند بر اینچ مربع (۱۰۱ کیلو پاسکال)) که برحسب شرایط آب و هوایی و ارتفاع محل تغییر می کند.

P = فشار کارکرد فشارسنج یا فشار معمولی آزمایش برحسب پوند بر اینچ مربع (یا کیلو پاسکال)

۸-۳-۳ روش آزمایش

۸-۳-۱ آماده سازی برای آزمایش - لبه ها یا زه ظرف و درپوش آن را کاملاً تمیز کنید، بطوری که وقتی در آن بسته می شود کاملاً آبیندی گردد. دستگاه را سوار کنید. شیر هوای بین محفظه هوا و ظرف اندازه گیری را ببندید و شیرهای هواگیری روی درپوش را باز کنید. با استفاده از یک سرنگ لاستیکی آب را از یکی از شیرهای هواگیری بدخل ظرف تزریق کنید تا اینکه از شیر هواگیری دیگر آب بیرون بزنند. به آرامی کنتور را تکان دهید تا همه هوا از این شیر هوا خارج گردد.

۸-۳-۲ روش آزمایش - شیر هواگیری روی درپوش را ببندید و تا وقتی فشار مخزن روی خط فشار اولیه است به داخل مخزن هوا پمپ کنید. چند ثانیه صبر کنید تا اینکه دمای هوای پمپ شده به دمای طبیعی برسد. با بازکردن پیچ هوا یا پمپاژ بیشتر هوا، درجه فشارسنج را بر روی خط فشار اولیه تثبیت کنید. در این حال به آرامی به فشارسنج ضربه بزنید. هر دو شیر هواگیری روی درپوش را ببندید. شیر هوای بین مخزن هوا و ظرف اندازه گیری را باز کنید. برای از بین بردن مقاومتهای موضعی، به بدنه ظرف ضرباتی بزنید. به آرامی به فشارسنج ضربه بزنید تا درجه فشار تثبیت شود. درصد هوا را از روی عقربه فشارسنج قرائت کنید. تصور در بستن شیر هوای اصلی قبل از آزاد کردن فشار ظرف یا مخزن هوا، سبب وارد شدن آب به درون ظرف هوا و بروز خطا در اندازه گیریهای بعدی می گردد. هرگاه آب به داخل ظرف هوا وارد گردد باید از طریق شیر هواگیری آن را خارج نمود. برای خارج کردن آخرین ذرات آب باید چندین مرتبه از پمپ استفاده کرد. قبل از برداشتن درپوش ظرف، با بازکردن هر دو شیر (شکل ۱ A و B) فشار را آزاد کنید.

۹- محاسبات

۹-۱ - مقدار هوای نمونه آزمایش شده - مقدار هوای بتن درون ظرف اندازه گیری را به صورت زیر

شرکت ستهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

محاسبه کنید.

$$A_s = A_1 - G \quad (5)$$

که در آن:

A_s = مقدار هوای نمونه آزمایش شده، برحسب %،

A_1 = مقدار هوای ظاهری نمونه آزمایش شده، برحسب % (بند ۷-۲-۲ و ۷-۲-۳ - ۲ ملاحظه گردد)، و

G = ضریب تصحیح مصالح سنگی، برحسب % (بخش ۶)،

۹-۲ - مقدار هوای مخلوط کامل - وقتی نمونه آزمایشی حاوی ذرات مصالح سنگی بزرگتر از الک $\frac{1}{4}$

اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) است که با شستن روی الک بدست آمده اند حجم هوای مخلوط کامل به صورت زیر

محاسبه می شود:

$$A_1 = 100 A_s V_c (100 V_1 - A_s V_a) \quad (6)$$

که در آن (توجه ۷):

A_1 = مقدار هوای مخلوط کامل، برحسب درصد،

V_c = حجم مطلق اجزاء مخلوط که از الک $\frac{1}{4}$ اینچ می گذرند با حذف هوا که از وزنهای مرحله ساخت اولیه

تعیین می شود، برحسب فوت مکعب (مترمکعب)، و

V_1 = حجم مطلق همه اجزاء مخلوط، بدون هوا، برحسب فوت مکعب (مترمکعب)، و

V_a = حجم مطلق مصالح سنگی درشت تر از الک $\frac{1}{4}$ اینچ در مخلوط که از وزنهای مرحله ساخت اولیه تعیین

می شود، برحسب فوت مکعب (مترمکعب).

۹-۳ - مقدار هوای جزء خمیر سیمان - وقتی که تعیین مقدار هوای جزء خمیر مخلوط بتن مورد نظر

باشد، از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$A_m = 100 A_s V_c / [100 V_m + A_s (V_c - V_m)] \quad (7)$$

که در آن (توجه ۷):

A_m = مقدار هوای خمیر سیمان، برحسب درصد، و

V_m = حجم مطلق اجزاء خمیر سیمان مخلوط، بدون هوا، برحسب فوت مکعب (مترمکعب).

توجه ۷ - مقادیر مورد استفاده در معادلات ۶ و ۷ اکثراً براحتی از اطلاعات روی مخلوط بتن جدول بندی

شده به شرح زیر برای مرحله ساخت با هر اندازه بدست می آید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

حجم مطلق فوت مکعب (مترمکعب)		سیمان
V_c	V_m	آب
V_a		مصالح سنگی ریزدانه
V_t		مصالح سنگی درشت دانه (شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) تا $1\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) مصالح سنگی درشت دانه ($1\frac{1}{4}$ اینچ)
		کل
		۱۰- دقت و انحراف
		۱۰-۱- دقت

۱۰-۱-۱- دقت آزمایش کننده تکی - انحراف استاندارد آزمایش کننده تکی به دلیل شرایط نمونه گیری برای این آزمایش نمی تواند بیان شود، چنانچه در دستورالعمل ۱۷۲ C بیان شد آزمایش کننده تکی مجاز به انجام بیش از یک آزمایش روی یک نمونه نمی باشد.

۱۰-۱-۲- دقت چند آزمایشگاهی - انحراف استاندارد چند آزمایشگاهی بیان نشده است.

۱۰-۱-۳- دقت چند آزمایش کننده - انحراف استاندارد چند آزمایش کننده نتایج یک آزمایش منفرد ۰/۲۸ درصد هوا در حجم بتن با روش دستگاه از نوع A می باشد طوری که مقدار هوا از ۷ درصد تجاوز نکند. بنابراین نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط آزمایش کننده های مختلف روی همان مواد بیش از ۰/۸ درصد هوا در حجم بتن تفاوت نمی کند. (دستورالعمل ۱۷۷ E، توجهات ۸ و ۹ ملاحظه گردد).

توجه ۸ - این اعداد بترتیب حدود (IS) و (d_{۵S}) که در دستورالعمل ۶۷۰ C تشریح شده اند را نشان می دهد. بیانات دقت براساس اختلافات در آزمایشات روی سه نمونه مختلف بتن می باشد که هر کدام توسط یازده آزمایش کننده مختلف انجام شده است.

توجه ۹ - دقت این روش آزمایش با استفاده از دستگاه نوع B تعیین نشده است.

۱۰-۲- انحراف - این روش آزمایش انحرافی ندارد زیرا که مقدار هوای مخلوط بتن تازه فقط با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اصطلاحات این روش‌های آزمایش می‌تواند تعریف شود.

۱۱- لغات راهنما

۱۱-۱- مقدار هوا، کالیبراسیون، بتن، ضریب تصحیح، ظرف اندازه‌گیری، متر، فشار، پمپ، وزن مختصر

ضمیمه

اطلاعات اختیاری

A₁ - کالیبراسیون وسایل

۱ - A₁ - آزمایشهای کالیبراسیون مطابق با روشهای زیر که برای هر دو نوع دستگاه قابل استفاده است، انجام می‌گیرد.

۲ - A₁ - کالیبره کردن ظرف کالیبراسیون - وزن آب، ω ، لازم برای پرکردن ظرف کالیبراسیون را با استفاده از یک ترازو تا ۱/۰ درصد وزن ظرف پر از آب بدقت تعیین کنید. این مرحله باید برای هر دو دستگاه نوع A و B انجام شود.

۳ - A₁ - کالیبره کردن ظرف اندازه‌گیری - وزن آب، W ، لازم برای پرکردن ظرف اندازه‌گیری را با یک ترازو تا ۱/۰ درصد وزن ظرف پر از آب تعیین کنید. یک صفحه شیشه‌ای را بدقت روی در ظرف بلغزانید تا اطمینان حاصل کنید که ظرف کاملاً با آب پر شده است. لایه نازک گریس روی لبه ظرف بمالید تا اتصال بین صفحه شیشه‌ای و بالای ظرف آبیندی گردد. این مرحله باید برای هر دو دستگاه نوع A و B انجام شود.

۴ - A₁ - حجم مؤثر ظرف کالیبراسیون، R - ثابت R ، حجم مؤثر ظرف کالیبراسیون را نشان می‌دهد که به صورت درصدی از حجم ظرف اندازه‌گیری بیان می‌شود.

۱ - ۴ - A₁ - برای دستگاه نوع A، R را به صورت زیر محاسبه کنید (توجه A₁):

$$R = 0.98 \omega / W \quad (A_1 - 1)$$

که در آن:

ω = وزن آب لازم برای پرکردن ظرف کالیبراسیون، و

W = وزن آب لازم برای پرکردن ظرف اندازه‌گیری.

توجه ۱ - A₁ - ضریب ۰/۹۸ برای تصحیح کاهش حجم هوا در ظرف کالیبراسیون وقتی که توسط

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ارتفاعی از آب برابر با ارتفاع ظرف اندازه گیر فشرده می شود، استفاده می گردد. این ضریب تقریباً $0/98$ برای ظرف اندازه گیری به ارتفاع 8 اینچ (203 میلیمتر) در تراز دریا می باشد. مقدار آن به تقریباً $0/975$ در 5000 فوتی (1524 متر) بالای تراز دریا و $0/970$ در 13000 فوتی (3962 متر) بالای تراز دریا کاهش پیدا می کند. مقدار این ثابت در حدود $0/01$ برای هر 4 اینچ (102 میلیمتر) افزایش در ظرف اندازه گیر کاهش می یابد. ارتفاع ظرف اندازه گیر و فشار جو در حجم مؤثر ظرف کالیبراسیون برای دستگاه نوع B اثری ندارند.

$2-4-A_1$ - برای دستگاه نوع B مقدار R را بشرح زیر محاسبه کنید (توجه $1-A_1$):

$$R = \omega/W \quad (A_1 - 2)$$

$5-A_1$ - تعیین یا کنترل ضریب انبساط مجاز، D :

$1-5-A_1$ - برای مجموعه دستگاه نوع A ، ضریب انبساط، D (توجه $2-A_1$) را با برگردن دستگاه با آب (اطمینان پیدا کنید که هوا کاملاً از آب خارج شده و تراز آب دقیقاً روی علامت صفر قرار گرفته است «توجه $3-A_1$ ») و اعمال فشاری تقریباً برابر با فشار کار دستگاه، P ، را تعیین کنید. فشار کار دستگاه را با آزمایش کالیبراسیون تشریح شده در بند $7-A_1$ تعیین می کنند. مقدار پایین رفتن ستون آب معادل با ضریب انبساط، D ، برای دستگاهها و فشار خاص است. (توجه $5-A_1$)

توجه $2-A_1$ - گرچه ظرف، درپوش و مکانیزم گیره زدن دستگاه باید ضرورتاً سخت ساخته شود که در مقابل فشار آیند باشد، اعمال فشار داخلی افزایش کوچکی را در حجم نتیجه خواهد داد. این انبساط در نتایج آزمایش اثر نخواهد گذاشت، زیرا که با روشن تشریح شده در بخشهای 6 و 8 مقدار انبساط برابر با همان مقدار برای آزمایش تعیین مقدار هوا در بتن، آزمایش ضریب تصحیح مصالح سنگی روی مصالح سنگی درشت و ریز و بنابراین بطور اتوماتیک حذف می شود. گرچه در آزمایش کالیبراسیون تعیین فشار هوا که باید در آزمایش بتن تازه استفاده شود، وارد نمی شود.

توجه $3-A_1$ - ستون آب در تعدادی از دستگاههای نوع A با تراز اولیه آب علامتگذاری شده و علامت صفر، اختلاف بین دو علامت ضریب انبساط مجاز می باشد. این مجوز به همان اهمیت برای دستگاههای علامتگذاری نشده و چنین حالتی باید کنترل شود. ضریب انبساط باید در محاسبه قرائتهای کالیبراسیون در بند $7-A_1$ وارد شود.

توجه $4-A_1$ - بقدر کافی برای این منظور استفاده از مقدار تقریبی برای P تعیین شده توسط آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کالیبراسیون مقدماتی تشریح شده در بند ۷ - A_1 دقیق خواهد بود مگر اینکه مقدار تقریبی برای ضریب کالیبراسیون، K ، باید استفاده شود. برای این آزمایش $K = 0.98 R$ که همان معادله ۲ - A_1 است به جز اینکه قرائت انبساط، D ، هنوز نامعلوم است، که صفر فرض می شود.

۲ - ۵ - A_1 - برای دستگاه از نوع B ، روش تعیین ضریب انبساط، D ، در رابطه با فشار اولیه مشخص شده روی فشارسنج و علامت درصد صفر روی درجه هوای روی فشارسنج اختلاف وجود دارد. در این مورد دستگاه را با آب پر کرده (اطمینان حاصل کنید که هوای داخل آب کاملاً از آن خارج شده است) و هوا را به داخل مخزن هوا پمپ کنید تا عقربه فشار روی خط فشار اولیه قرار گیرد و سپس هوا را به داخل ظرف اندازه گیری رها کنید. (توجه ۵ - A_1). اگر خط فشار اولیه درست قرار داده شده باشد، درجه باید درصد صفر را نشان دهد. خط فشار اولیه باید تنظیم باشد، اگر دو درجه یا بیشتر از درصد صفر منحرف شود، آزمایش باید تکرار شود تا خط فشار اولیه تنظیم شود.

توجه ۵ - A_1 - این روش ممکن است با آزمایش کالیبراسیون بند ۹ - A_1 ترکیب شود.
۶ - A_1 - قرائت کالیبراسیون، K - قرائت کالیبراسیون، K ، آخرین قرائت درجه وقتی دستگاه اندازه گیری فشار کالیبراسیون صحیح کار می کند، می باشد.

۱ - ۶ - A_1 - برای دستگاه نوع A ، قرائت کالیبراسیون، K ، بشرح زیر است:

$$K = R + D \quad (A_1 - 3)$$

که در آن:

$$R = \text{حجم مؤثر وسیله کالیبراسیون (1 - 4 - } A_1\text{)، و}$$

$$D = \text{ضریب انبساط (1 - 5 - } A_1\text{ و توجه 6 - } A_1\text{)}$$

۲ - ۶ - A_1 - برای دستگاه نوع B ، قرائت کالیبراسیون، K ، برابر است با حجم مؤثر وسیله کالیبراسیون (۲ - A_1) که بشرح زیر است:

$$K = R \quad (A_1 - 4)$$

توجه ۶ - A_1 - اگر نشاندهنده ستون آب براساس تراز آب اولیه و نشانه صفر درجه بندی شود، اختلاف بین دو علامت معادل با ضریب انبساط است و عبارت D از معادله ۳ - A_1 حذف خواهد شد.

۷ - A_1 - آزمایش کالیبراسیون برای تعیین فشار کار دستگاه، P ، روی فشارسنج نوع A - اگرزه درب استوانه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کالیبراسیون فرورفتگی یا برآمدگی ندارد، آن را با تعداد سه عدد یا بیشتر بالشتک که در اطراف آن قرار گرفته اند محکم کنید. استوانه را برگردانید و آن را در مرکز کف خشک ظرف اندازه گیری قرار دهید. بالشتکها فاصله ای را برای جریان آب بداخل استوانه کالیبراسیون وقتی فشار اعمال می شود را تأمین می کنند. سیلندر وارونه را محکم کنید تا جابجا نشود و به دقت درپوش را پایین آورده، و روی ظرف قرار دهید. بعد از این که درپوش در جای خودش محکم گردید، مجموعه دستگاه را به دقت به حالت قائم تنظیم کرده و به کمک لوله و قیف، آبی با دمای هوای محیط در داخل دستگاه بریزید یا سطح آب تا علامت صفر در داخل لوله قائم بالا بیاید. سوراخ خروج هوا را ببندید و به وسیله پمپ در دستگاه هوا وارد کنید تا فشار تقریباً به فشار کار دستگاه برسد. مجموعه دستگاه را حدوداً ۳۰ درجه از حالت قائم منحرف کنید، با استفاده از کف ظرف یه عنوان یک پاشنه و انتهای فوقانی لوله قائم ظرف را چند دور کامل بگردانید، همزمان با این کار به پهلوها و در ظرف به آرامی ضربه بزنید تا هوای محبوس و چسبیده به سطوح داخلی ظرف آزاد شود. دستگاه را به وضع قائم برگردانید، بتدریج فشار را آزاد کنید. (از هدر رفتن هوا از ظرف کالیبراسیون اجتناب ورزید) و سوراخ خروج هوا را باز کنید. با باز کردن شیر خروج آب در بالای درپوش مخروطی شکل، سطح آب را به طور دقیق تا علامت صفر پائین بیاورید. بعد از بستن سوراخ خروج هوا، فشار را اعمال کنید تا سطح آب به مقداری معادل $0/1$ تا $0/2$ درصد هوا بیشتر از مقدار قرائت کالیبراسیون، K ، پائین بیاید. تعیین K در ضمیمه ۶ - A_1 شرح داده شده است. برای از بین بردن مقاومتهای موضعی به آرامی به پهلوهای ظرف ضربه بزنید و وقتی تراز آب دقیقاً در مقدار قرائت کالیبراسیون، K ، قرار دارد، فشار، P ، را از روی فشارسنج قرائت نموده و با دقت $0/1$ پوند بر اینچ مربع (۶۹۰ کیلو پاسکال) ثبت نمائید. بتدریج فشار را آزاد نمائید و سوراخ هوا را باز کنید تا تعیین گردد آیا تراز آب به علامت صفر برمی گردد، همزمان به پهلوهای ظرف با آرامی ضربه بزنید. (در صورتی که تراز آب به علامت صفر برنگردد، نشانه این است که یا هوا از ظرف کالیبراسیون نشت کرده است یا آب از دستگاه به خارج نفوذ کرده است). اگر سطح آب کمتر از $0/05$ درصد حجم هوا در زیر علامت صفر قرار گیرد و بیش از چند قطره نشت آب از دستگاه ملاحظه نشود، احتمالاً مقداری هوا از استوانه کالیبراسیون هدر رفته است. در این حالت روش کالیبراسیون را مرحله به مرحله از شروع این قسمت تکرار کنید. در صورتی که نشت آب بیش از چند قطره بود، قبل از تکرار روش کالیبراسیون، اتصال آییند درب دستگاه را محکم ببندید. با پائین آوردن سطح آب دقیقاً تا علامت صفر، بستن شیر تخلیه هوا، و اعمال فشار، P ، که قبلاً تعیین شده فشار مشخص شده ای که قرائت شد را کنترل کنید. به آرامی با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

انگشت به فشارسنج ضربه بزنید. وقتی درجه، فشار واقعی، P را نشان می دهد، سنون آب باید مقدار ضریب کالیبراسیون، K ، را که در اولین اعمال فشار در حدود 0.05 درصد هوا به کار برده شده را قرائت نماید.

توجه ۷ - A_1 - هشدار - تا فشار اعمال شده، آب را تا یک سوم ارتفاع استوانه کالیبراسیون بالا نیاورد، نباید دستگاه را از حالت قائم حرکت داد. هرگونه هدر رفتن هوا از این استوانه موجب بهم خوردن کالیبراسیون می شود.

۸ - A_1 - آزمایش کالیبراسیون برای تعیین فشار کار دیگر، P_1 - دستگاه نوع A - دامنه مقدار هوایی که می توان با یک هواسنج مشخص کرد می تواند با تعیین یک فشار کار دیگر، P_1 ، به دو برابر برسد. در این صورت قرائت کالیبراسیون، K ، در نصف هواسنج قرار می گیرد. (معادله $3 - A_1$)، کالیبراسیون دقیق نیاز به تعیین ضریب انبساط دستگاه در فشار کاهش یافته مطابق با بند $5 - A_1$ را دارد. برای بیشتر مقاصد، تغییر در ضریب انبساط می تواند حذف شود و فشار کار دیگری در ضمن تعیین فشار کار منظم مطابق با بند $7 - A_1$ تعیین گردد.

۹ - A_1 - آزمایش کالیبراسیون برای کنترل درجه بندی حجم هوا از روی فشارسنج، دستگاه نوع B - ظرف اندازه گیری را مطابق با بند $3 - A_1$ با آب پر کنید. قطعه لوله کوتاه یا لوله ساخته شده با دستگاه را در سوراخ رزوه شده شیر هواگیری در زیر درپوش مجموعه دستگاه بپیچید. دستگاه را سوار کنید. شیر هوای بین مخزن هوا و ظرف اندازه گیری را ببندید و دو شیر هواگیری روی درپوش دستگاه را باز کنید. از طریق شیر که لوله آن در زیر در داخل ظرف امتداد یافته به داخل دستگاه آب بریزید تا همه هوا از شیر دیگر خارج گردد. هوا را به داخل مخزن آن پمپ کنید تا فشار به خط فشار اولیه برسد. چند ثانیه صبر کنید تا دمای هوای فشرده شده درون مخزن به دمای طبیعی محیط برسد. عقربه فشارسنج را با پمپ کردن هوا یا خارج کردن آن در صورت لزوم به روی خط فشار اولیه بیاورید. در این حالت آرامی به گنج ضربه زده شود. شیر هوایی که در زیر آن لوله وجود ندارد، ببندید. آب را از مجموعه دستگاه به داخل ظرف کالیبراسیون با کنترل جریان تخلیه کنید. این کار بسته به طرح دستگاه خاص با بازکردن شیر که با لوله یا انبساط لوله کار می کند و شکاف شیر هوا بین مخزن هوا و ظرف اندازه گیری یا با بازکردن شیر هوا و با استفاده از شیر کنترل جریان می تواند انجام شود. کالیبراسیون را در مقدار هوایی انجام دهید که در دامنه کاربرد متعارف قرار دارد. اگر ظرف کالیبراسیون ($2 - A_1$) ظرفیتی در دامنه کاربرد متعارف دارد، مقدار آب را بطور دقیق بردارید. در مورد بعضی دستگاهها، ظرف کالیبراسیون خیلی کوچک است و لازم خواهد بود که آب در چندین دفعه برداشته شود تا حجم هوا در دامنه کاربرد متعارف دستگاه برسد. در این

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

حالت، به دقت آب را در یک ظرف مغین جمع آوری کنید و مقدار آب برداشته شده را با دقت ۱/۰ درصد وزن کنید. مقدار هوای صحیح، R، را با استفاده از معادله ۲ - A_۱ محاسبه کنید. هوایی را که برای پرکردن ظرف کالیبراسیون استفاده نشده است را از طریق شیر هوا از دستگاه خارج کنید. شیری را که لوله به زهکش لوله برگشتی در داخل ظرف اندازه گیری وصل می شود را باز کنید. (توجه ۷ - A_۱) در این مرحله از کار ظرف، اندازه گیری حاوی درصدی از هوا می باشد که با آزمایش کالیبراسیون ظرف کالیبراسیون تعیین گردیده است. هوا را به داخل مخزن هوا پمپ کنید تا فشار به علامت خط فشار اولیه روی فشارسنج برسد. هر دو شیر هوای درپوش را ببندید و سپس شیر بین مخزن هوا و ظرف اندازه گیری را باز کنید. مقدار هوای نشان داده شده در روی فشارسنج باید با درصد هوای تعیین شده در داخل ظرف اندازه گیری مطابقت داشته باشد. اگر دو یا تعداد بیشتری از تعیین ها، تغییرات مشابهی نسبت به مقدار صحیح هوا نشان دهند، عقربه باید براساس مقدار صحیح هوا تنظیم گردد و آزمایش تکرار شود تا قرائت عقربه با مقدار هوای کالیبره شده با دقت ۱/۰ درصد مطابقت داشته باشد. اگر عقربه تنظیم گردید تا مقدار صحیح هوا را نشان دهد، دوباره علامت فشار اولیه را مطابق بند ۲ - A_۱ کنترل نمایید. اگر قرائت فشار اولیه جدید لازم می باشد، کالیبراسیون را تکرار کنید تا صحت درجه بندی روی فشارسنج کنترل گردد. اگر در رسیدن به قرائت های سازگار مشکلاتی بوجود آمد، مسئله تراوش را برای حضور آب در داخل محفظه هوا (شکل ۲ ملاحظه گردد) یا حضور حبابهای هوا را در نتیجه استفاده از آب سرد هوادار به سطح داخلی دستگاه اندازه گیری چسبیده اند را کنترل کنید. در صورت وجود حالت دوم از آب بدون هوا که می توان آن را از سرد کردن آب داغ بدست آورد، استفاده نمائید.

توجه ۸ - A_۱ - اگر ظرف کالیبراسیون مکمل قسمتی از درپوش دستگاه است، شیر مورد استفاده در پرکردن ظرف باید بلافاصله بعد از پرکردن ظرف کالیبراسیون بسته شود و تا تمام شدن آزمایش باز نماند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : C ۲۶۰ - ۹۴

مشخصات استاندارد مربوط به افزودنی های هوازا برای بتن

۱- هدف

۱-۱- این مشخصات مربوط به مواد پیشنهاد شده جهت استناد به عنوان افزودنی های هوازا می باشد که در کارگاه به مخلوط های بتن اضافه می شود.

۱-۲- مقادیر بیان شده در واحدهای اینج - پوند بعنوان استاندارد در نظر گرفته می شود.

۲- مدارک مرجع

۱-۲- استانداردهای ASTM:

C ۱۸۳ دستورالعمل نمونه گیری و میزان آزمایش سیمان هیدرولیک

C ۱۸۵ روش آزمایش مربوط به مقدار هوای ملاط سیمان هیدرولیک

C ۲۳۲ روش آزمایش مربوط به آزمایش افزودنی های هوازا برای بتن

۳- اصطلاحات

۱-۳- تشریح اصطلاح ویژه این استاندارد:

۳-۱-۱- افزودنی هوازا، برای مقصود این مشخصات، ماده ای که بعنوان جزئی از بتن به منظور هوازائی مورد استفاده قرار می گیرد، بیدرنگ قبل یا در اثنای مخلوط شدن به آن اضافه می شود.

۴- مقررات کلی

۴-۱- در موقع درخواست خریدار، سازنده باید کتباً بیان کند که افزودنی هوازای تهیه شده برای استفاده در کار اساساً در ساخت، ترکیب، و اجزاء با افزودنی هوازای مورد آزمایش تحت این مشخصات منطبق است.

توجه ۱- پیشنهاد می شود که، در صورت امکان، آزمایشهای با افزودنی هوازا، با کاربرد همه اجزاء بتن در نظر گرفته شده برای کار ویژه، اجرا گردد زیرا تاثیر حاصل از افزودنی هوازا ممکن است با خصوصیات سایر اجزاء بتن تغییر کند.

۴-۲- مقررات جهت برقراری تعادل ترکیبی یا شیمیائی بخش بعدی نسبت به بخش قبلی که در معرض آزمایشهای کیفی قرار گرفته و مطابق با مقررات بند ۵-۱ تشخیص داده شود، می تواند با توافق بین خریدار و سازنده تعیین شود. در موقع درخواست خریدار، سازنده باید طرز عمل های آزمایش مناسب را، مانند نورسنجی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

برای سنجش شدت نور مادون قرمز^(۱)، ارزش PH، و مقدار اجسام جامد را برای برقراری تعادل مواد از بخش‌های مختلف یا قسمت‌های مختلف همان بخش پیشنهاد نماید.

توجه ۲ - جذب نور ماوراء بنفش محلولها و نورسنجی مادون قرمز پس مانده‌های خشک، برای این هدف‌ها با ارزش تشخیص داده شده است. طرز عمل‌های ویژه که بایستی اعمال شود و معیارها نسبت به برقرار نمودن تعادل، باید با توجه به ترکیب و خواص نمونه قید شود.

۴ - ۳ - در موقع درخواست خریدار، سازنده باید کتباً مقدار کلرید افزودنی‌های هوازا و یا کلرید در اثنای ساختنش اضافه گردیده است یا خیر، را بیان نماید.

توجه ۳ - افزودنی‌های میکرومحتوی کلریدها می‌باشد می‌تواند پوسیدگی فلزات توی کار گذاشته شده را سرعت بخشد.

۵ - مقررات یکنواختی اختیاری

۵ - ۱ - مجموعه‌ای از دو یا بیشتر نمونه‌های از بخش ساختنی را با اندازه کافی یکنواخت فرض خواهد شد تا بطور صحیح در نمونه‌ای واحد برای آزمایش کیفی مخلوط شود مشروط بر اینکه بیش از مقادیر تعیین شده در بند ۴ - ۵ در تغییر نباشد.

۵ - ۲ - نمونه‌ای واحد از بخش بعدی یا نمونه‌ای ترکیبی با آمیختن ۲ یا بیشتر از نمونه از بخش بعدی تهیه شده را که بیشتر از مقادیر تعیین شده در بند ۴ - ۵ در تغییر نباشد می‌تواند با اندازه کافی مشابه با نمونه‌ای از بخش قبلی که در معرض آزمایشهای کیفی قرار گرفته فرض شود و مطابق مقررات بند ۶ - ۱ تشخیص داده شده است، بطوریکه می‌تواند همچنین با این مقررات مورد قبول واقع شود مشروط بر اینکه نمونه مورد آزمایش بیشتر از مقادیر تعیین شده در بند ۴ - ۵ متفاوت نباشد.

۵ - ۳ - تعیین‌های یکنواختی باید مطابق با طرز عمل‌های داده شده در فصل‌های "آزمایشهای کنترل برای یکنواختی" و "طرز عمل برای باقیمانده با اون خشک کردن" روش آزمایش ۲۳۳ C اجرا شود.

۵ - ۴ - اختلاف‌های مجاز در نتایج تعیین‌های یکنواختی نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید.

۵ - ۴ - ۱ - سازنده باید حدود تغییرات قابل قبولی از PH که از ۲/۰ تجاوز نکند را تهیه نماید. PH نمونه‌های مورد آزمایش باید داخل این حدود تغییرات قرار گیرد.

۵ - ۴ - ۲ - چگالی ویژه نمونه آزمایشی کنترلی نباید از چگالی ویژه نمونه قابل قبول تا بیش از ۱۰ درصد اختلاف بین چگالی ویژه نمونه قابل قبول و آب معرف در همان دما اختلاف داشته باشد.

1 - Infrared Spectrophotometry

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۴-۳ - مقدار هوا برحسب درصد، روش آزمایش C ۱۸۵ ملاط های تهیه شده از بخش های متوالی نباید، بیش از ۲ از نمونه قابل قبول تفاوت داشته باشد.

۵-۴-۴ - سازنده باید حدود تغییرات قابل قبول مقدار باقیمانده را پیش بینی نماید تا از ± ۱۲ % نقطه وسط حدود تغییرات تجاوز ننماید. مقدار باقیمانده نمونه های مورد آزمایش باید داخل این حدود تغییرات قرار گیرد (توجه ۴).

توجه ۴ - بعنوان مثال، یک افزودنی بطور معمولی ممکن است با مقدار باقیمانده از ۵ تا ۶/۵ تولید شود. سازنده باید حدود تغییرات قابل قبول ۵/۰۶ تا ۶/۴۴ که ± ۱۲ % نقطه وسط حدود تغییرات نمایانگر ۵/۷۵ % می باشد، تهیه نماید.

۶- مقررات اجرایی

۶-۱ - افزودنی هوازا باید با مقررات زیر مطابقت نماید:

۶-۱-۱ - آب انداختن بتن ساخته شده با افزودنی تحت آزمایش از بتن ساخته شده با افزودنی معرف نباید تا بیش از ۲ % نقاط تجاوز نماید، آب انداختن بعنوان درصدی از مقدار خالص آب مخلوط در هر بتن مورد محاسبه قرار می گیرد. آب مخلوطی خالص عبارت از آب اضافه بر درصد آب جذب شده در مصالح می باشد.

۶-۱-۲ - **زمان گیرش** - هر دو زمان ابتدائی و انتهائی گیرش بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید از بتن ساخته شده با افزودنی معرف تا بیشتر از \pm یک ساعت و ۱۵ دقیقه تجاوز نماید.

۶-۱-۳ - **مقاومت فشاری** - مقاومت فشاری در هر سن آزمایش بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید کمتر از ۹۰ % بتن مشابه محتوی افزودنی معرف در همان سن آزمایش باشد.

۶-۱-۴ - **مقاومت خمشی** - مقاومت خمشی در هر سن آزمایش بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید کمتر از ۹۰ % بتن مشابه محتوی افزودنی معرف در همان سن آزمایش باشد (توجه ۵)

۶-۱-۵ - **مقاومت در برابر یخبندان و گرما** - ضریب دوام نسبی^(۲) بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید کمتر از ۸۰ باشد. ضریب دوام نسبی بشرح زیر محاسبه می گردد.

$$DF \text{ (یا } DF_1) = PN/300$$

$$RDF = (DF/DF_1) \times 100$$

که در آن:

$$DF = \text{ضریب دوام بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش}$$

2 - relative durability factor

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D_{T1} = ضریب دوام بتن محتوی افزودنی معرف

P = مدول دینامیکی نسبی ارتجاعی^(۳) بر حسب درصد مدول دینامیکی ارتجاعی در دوره‌های صفر (متادیر P برابر ۶۰ یا بزرگتر خواهد بود).

N = تعداد دوره‌هاییکه P به ۶۰٪ می‌رسد، یا ۳۰۰ اگر قبل از پایان آزمایش (۳۰۰ دور)، P به ۶۰٪ نرسد و..

RDF = ضریب دوام نسبی

۶-۱-۶ - تغییر طول - وقتیکه بعد از ۱۴ روز خشک شدن مورد مقایسه قرار می‌گیرد تغییر طول مربوط به خشک شدن بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید بیشتر از ۱۲٪ بتن مشابه محتوی افزودنی معرف باشد. اگر تغییر طول بتن معرف در پایان ۱۴ روز خشک شدن کمتر از ۳۰٪ باشد، افزایش در تغییر طول مربوط به خشک شدن بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید بیشتر از ۰/۰۰۶ باشد، دلالت بر درصدی تغییر در طول، بیشتر از بتن معرف می‌شود.

توجه ۵ - فقط موقع نیاز ویژه، برای استفاده در سازه‌هاییکه امکان دارد مقاومت خمشی یا تغییر حجم دارای اهمیت بحرانی باشد، توسط خریدار قابل اجراست.

۷- نمونه‌گیری

۷-۱ - بطوریکه ممکن است توسط خریدار تصریح گردد، فرصت خریدار برای نمونه‌گیری و بازرسی دقیق یا در محل ساخت یا در محل کار باید پیش‌بینی شود.

۷-۲ - همانطوریکه توسط این مشخصات تصریح یا خواسته شده است نمونه‌ها باید نمونه‌های اتفافی یا ترکیبی باشد. نمونه اتفافی در عملیاتی منترد فراهم می‌گردد. نمونه ترکیبی با آمیختن سه یا بیشتر نمونه اتفافی بدست می‌آید.

۷-۳ - برای منظور این مشخصات، قابل توجه است که نمونه‌ها برای دو دلیل زیر اخذ خواهد شد:

۷-۳-۱ - آزمایشهای کیفی - نمونه برداشته شده بمنظور ارزیابی کیفیت منبعی یا بخشی از افزودنی نیاز به برآورده نمودن تمام مقررات کاربردی این مشخصات خواهد داشت. نمونه‌های مورد استفاده در تعیین تطبیق با مقررات این مشخصات باید ترکیب‌هایی از نمونه‌های اتفافی از نقاط کافی باشد تا مطمئن سازد که نمونه ترکیبی معرف بخش خواهد بود.

۷-۳-۲ - آزمایشهای یکنواختی - نمونه اخذ شده بمنظور ارزیابی یکنواختی بخش واحدی یا بخش‌های مختلف از همان منبع، بطور کلی در معرض تعداد معدودی از آزمایشهای حاصل از موافقت بین

3- relative dynamic modulus of elasticity

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خریدار و سازنده (بخش ۴ را نگاه کنید) قرار خواهد گرفت. چنین نمونه‌هایی، وقتی که بخش‌های مختلف از همان منبع مورد استفاده قرار می‌گیرد، باید نمونه‌های ترکیبی از بخش‌های جداگانه باشد. وقتی که یکنواختی بخش واحدی تعیین می‌گردد، نمونه‌های اتفاقی باید مورد استفاده قرار گیرد.

۷-۴-۱-افزودنی‌های هوازای مایع - افزودنی‌های مایع باید بیدرنگ پیش از نمونه‌گیری بطور کامل بهم زده شود. نمونه‌های اتفاقی اخذ شده برای آزمایشهای کیفی و یکنواختی نباید معرف بیش از ۲۵۰۰ گالن (۹۵۰۰ لیتر) مخلوط باشد و باید دارای حجم حداقل ۱ qt (۰/۹ لیتر) باشد. حداقل سه نمونه اتفاقی باید اخذ شود. نمونه‌های ترکیبی باید با مخلوط کردن کامل نمونه‌های اتفاقی منتخب تهیه شود و مخلوط منتج نمونه‌گیری شده تا حداقل یک گالن (۴ لیتر) برای آزمایشهای کیفی تهیه شود. نمونه‌های اتفاقی بمقداری که معرف کل باشد، از نقاط مختلف خوب توزیع شده باید برداشته شود.

۷-۴-۱-افزودنی‌ها که در تانکهای ذخیره حجیم باید نمونه‌گیری شود، بطور مساوی از سطوح بالا، وسط، و پائین بوسیله شیرهای زهکش در اطراف تانکها با بطری نمونه‌گیری وزین مجهز به سر بطری که بعد از اینکه بطری به عمق مورد نظر پائین رفت می‌تواند برداشته شود.

۷-۴-۲-نمونه در ظروف نفوذناپذیر، محفوظ از هوا که در تماس با افزودنی مقاوم باشد، باید بسته‌بندی گردد.

۷-۵-۱-افزودنی‌های هوازای غیر مایع - نمونه‌های اتفاقی اخذ شده برای آزمایشهای کیفی یا یکنواختی نباید معرف بیش از ۲ تن (۲ تن متریک) افزودنی باشد و باید حداقل ۲ پوند (یک کیلوگرم) وزن داشته باشد. حداقل ۴ نمونه اتفاقی باید اخذ شود. نمونه‌های ترکیبی باید با مخلوط کردن کامل نمونه‌های اتفاقی منتخب تهیه گردد و مخلوط منتج حداقل ۵ پوند (۲/۳ کیلوگرم) برای نمونه‌گیری شود. نمونه‌های اتفاقی بمقداری که معرف کل باشد، از نقاط مختلف خوب توزیع شده باید برداشته شود.

۷-۵-۱-همانطوریکه در دستورالعمل C ۱۸۳ شرح داده شده است نمونه‌های افزودنی بسته‌بندی شده باید بوسیله نمونه‌گیر لوله‌ای بدست آید.

۷-۵-۲-نمونه‌ها باید در ظروف رطوبت‌ناپذیر، محفوظ از هوا بسته‌بندی شود.

۷-۶-نمونه‌ها باید قبل از آزمایش بطور کامل مخلوط شوند تا نسبت به یکنواختی مطمئن شد. در صورتیکه توسط سازنده پیشنهاد شود، نمونه کامل افزودنی غیر مایع باید قبل از آزمایش در آب حل شود.

۸-روش‌های آزمایش

۸-۱-خواص شمرده شده در بخش ۶ را مطابق با روش آزمایش C ۲۳۳ تعیین نمائید. پیشنهاد می‌شود که در صورت امکان، با کاربرد سیمان در نظر گرفته شده برای کار ویژه، آزمایشها مطابق با بخش مربوط به مواد برای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آزمایشها جهت استفاده‌های ویژه در روش آزمایش ۲۳۳ C اجرا گردد.

۹- مردود

۹-۱- اگر افزودنی هوازا مقررات عملی این مشخصات را برآورده نسازد، امکان دارد مردود شود.

۹-۲- بعد از اتمام آزمایشها، هوازائی که قبل از حمل بیش از ۶ ماه در محل ساخت انبار باشد یا بیش از ۶ ماه در انبار محل در دست فروشنده‌ای باشد، می‌تواند قبل از استفاده مورد آزمایش مجدد قرار گیرد و اگر مطابق با هیچکدام از مقررات عملی این مشخصات نباشد امکان دارد مردود شود.

۹-۳- پاکت‌ها یا ظروفی که بیش از ۵٪ از وزن یا حجم مشخص شده اختلاف داشته باشد امکان دارد مردود شوند. اگر میانگین وزن یا حجم ۵۰ پاکت یا ظرف بطور تصادفی برداشته شده کمتر از آن مقدار مشخص شده باشد امکان دارد تمام محموله مردود گردد.

۱۰- بسته‌بندی و علامت‌گذاری

۱۰-۱- نام اختصاصی افزودنی هوازا و مقدار خالص برحسب پوند یا گالن (کیلوگرم یا لیتر) باید بطور واضح روی پاکت‌ها یا ظروفی که در آن افزودنی حمل می‌شود، نشان داده شود. اطلاعات مشابه باید در توصیه‌های حمل همراه با محموله‌های حجیم یا بسته‌بندی شده افزودنی‌ها فراهم گردد.

۱۱- لغات راهنما

۱۱-۱- مقدار هوا، افزودنی‌های هوازا، سیمان، بتن، PH، مواد باقیمانده، چگالی ویژه

ASTM : C ۲۶۶

روش آزمایش استاندارد برای زمان گیرش خمیر سیمان هیدرولیک توسط
سوزن‌های گیل‌مور

۱- هدف

- ۱-۱- این روش برای تعیین زمان گیرش توسط سوزن‌های گیل‌مور است.
- ۱-۲- مقادیری که در واحدهای SI بیان می‌شوند بعنوان استاندارد تلقی می‌گردند.
- ۱-۳- این استاندارد متضمن مواد، عملیات، و وسائل مخاطره‌آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی‌نماید. آزمایش‌کننده مسئول است که قبل از آزمایش، تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲- مدارک موجود (مرجع)

۲-۱- استانداردهای ASTM:

- C ۱۵۱ روش آزمایش برای انبساط اتوکلاو سیمان پرتلند
- C ۱۸۳ روش نمونه‌گیری سیمان هیدرولیک
- C ۱۸۷ روش آزمایش برای غلظت طبیعی سیمان هیدرولیک
- C ۳۰۵ دستورالعمل برای مخلوط کردن مکانیکی خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری.
- C ۴۹۰ مشخصات دستگاه اندازه‌گیری تغییرات طولی خمیر، ملاط، و بتن سخت شده
- C ۵۱۱ مشخصات محفظه‌های رطوبت، اطاقهای رطوبت، و تانکهای نگهداری نمونه که در آزمایشات سیمان هیدرولیک و بتن کاربرد دارد.
- C ۶۷۰ دستورالعمل برای دقت آزمایشات مصالح ساختمانی.
- C ۱۰۰۵ مشخصات وزنه‌ها و دستگاههای سنجش وزن که در آزمایشات فیزیکی سیمان هیدرولیک مورد استفاده قرار می‌گیرد.

D ۱۱۹۳ مشخصات لازم برای آب مصرفی در آزمایشات

۳- خلاصه روش

- ۳-۱- از نمونه مورد نظر، خمیری با غلظت طبیعی تهیه و بر روی آن گیرش ابتدایی و انتهایی انجام می‌شود. هرگاه سوزن گیرش ابتدایی اثر قابل ملاحظه‌ای بر روی خمیر سفت شده نگذاشت آن، زمان گیرش ابتدایی است و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

به همین ترتیب برای سوزن گیرش انتهایی است.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- منظور از این آزمایش این است که آیا یک سیمان با حدود مشخص شده در ۱۵۰ C مطابقت دارد یا خیر. زمان گیرش نه تنها تحت تاثیر درجه حرارت، درصد آب بکار رفته، و میزان فشاری که به خمیر آمده است، قرار دارد بلکه به درجه حرارت و رطوبت هوا نیز بستگی دارد.

۵- دستگاه

۵-۱- ماله، دارای تیغه استیل به طول ۱۰ الی ۱۵ سانتیمتر و لبه آن کاملاً صاف است.

۵-۲- مخلوط کن، جام، پره، و گل تراش طبق ۳۰۵ C است.

۵-۳- ظروف شیشه‌ای مدرج طبق ۴۹۰ C است.

۵-۴- ترازو و وزنه‌ها طبق ۱۰۰۵ C است.

۵-۵- صفحات غیر قابل خورده شدن که سطح آن 3 ± 102 میلی متر مربع است.

۵-۶- سوزنهای گیلیمور بر طبق مشخصات زیر است:

۵-۶-۱- سوزن گیرش ابتدایی به وزن $113/4 \pm 0/5$ گرم و قطر سوزن $2/12 \pm 0/05$ میلی متر است.

سوزن گیرش انتهایی به وزن $453/6 \pm 0/5$ گرم و قطر نوک سوزن $1/06 \pm 0/05$ میلی متر است. نوک سوزن‌ها استوانه‌ای به طول $4/8 \pm 0/5$ میلی متر است و انتهای آنها مسطح و در زاویه قائم با محور میله می باشد. سوزن باید همیشه تمیز نگهداری شود. سوزنهای گیلیمور بطور کامل در شکل ۱ نشان داده شده است.

۶- آب مصرفی در آزمایش

۶-۱- برای آزمایشات عادی می توان از آب سبک استفاده نمود. برای آزمایشات مبنای آب مقطر از نوع III یا IV که در ۱۱۹۳ D شرح داده شده است استفاده نمائید.

۷- نمونه گیری

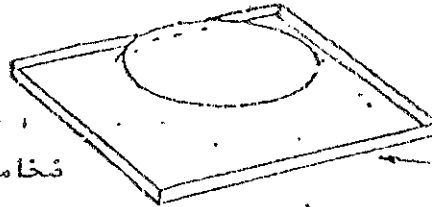
۷-۱- هرگاه این آزمایش قسمتی از آزمایشات اظهار نظر در مورد سیمان است، نمونه گیری را طبق ۱۸۳ C انجام دهید.

۸- شرایط آزمایش

۸-۱- درجه حرارت اتاق، مواد خشک، پره، جام، و صفحات غیر قابل خوردگی بین $27/5^{\circ}C - 20$ می باشد. درجه حرارت آب مصرفی باید $1/7^{\circ}C \pm 23$ باشد. رطوبت نسبی آزمایشگاه نباید کمتر از ۵۰٪ باشد. اتاق یا محفظه رطوبت بر طبق ۵۱۱ C است.

قالب خمیر سیمان

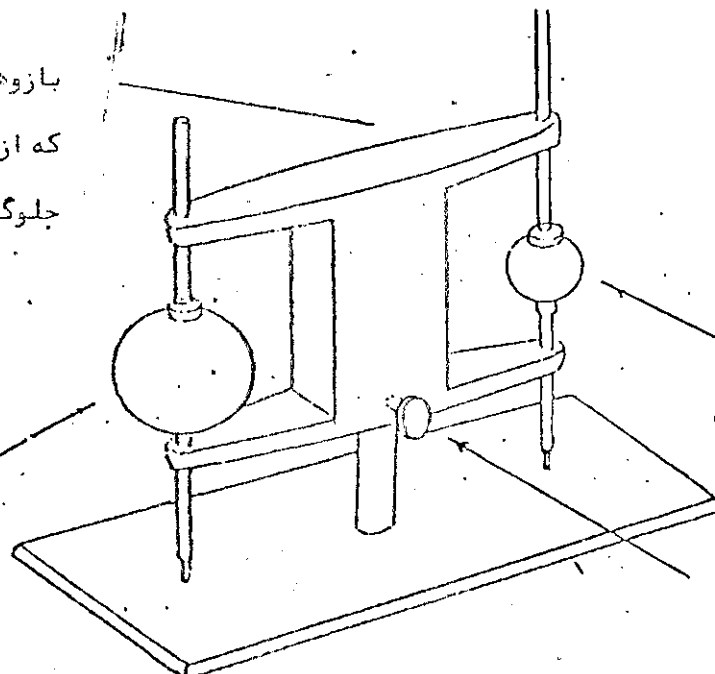
قطر پایه = 76 ± 12 میلی‌متر
 قطر بالا = 50 ± 12 میلی‌متر
 ضخامت مرکز = 13 ± 2 میلی‌متر



صفحه مسطح غیر جاذب
 102 ± 3 میلی‌متر مربع

الف - قالب برای تعیین زمان گیرش سیمان به روش گیلمور

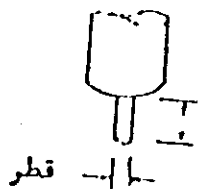
بازوهای متقاطع به شکلی طرح شده‌اند
 که از چرخش آنها به دور محور عمودی
 جلوگیری می‌شود.



سوزن گیرش انتهایی
 $452/6 \pm 0/5$ گرم

سوزن گیرش ابتدایی
 $113/4 \pm 0/5$ گرم

ب - دستگاه گیلمور



4.8 ± 0.5 mm
 (0.189 ± 0.020 in.)

نوک سوزن:

ابتدایی: $2/12 \pm 0/5$ میلی‌متر

انتهایی: $1/06 \pm 0/05$ میلی‌متر

ج - جزئیات نوک سوزن گیلمور

شکل ۱ - دستگاه گیلمور و نمونه آزمایش

۹- روش آزمایش

۱- ۹- تهیه خمیر سیمان - ۶۵۰ گرم سیمان را با مقدار آب لازم برای خمیری با غلظت طبیعی مطابق C ۱۸۷ و با استفاده از C ۳۰۵، مخلوط نمائید. می توانید از یک پیمانه خمیر برای این آزمایش و انبساط اتوکلاو استفاده نمائید. به این ترتیب که از باقیمانده خمیر گیرش بلافاصله برای اتوکلاو مصرف نمائید.

۲- ۹- قالب گیری نمونه آزمایش - یک قالب از خمیر تهیه شده مطابق ردیف ۱ - ۹ تهیه نمائید به نحویکه بالای آن مسطح و دور آن بتدریج نازک شود. این قالب روی صفحه غیرقابل خوردگی قرار دارد و مشخصات آن طبق شکل ۱ است. برای تهیه آن مقداری خمیر را روی صفحه مذکور قرار دهید و آنرا پهن نمائید و توسط ماله بصورت یک قالب درآورید. به این ترتیب که ماله را از لبه خارجی خمیر بطرف مرکز آن بکشید و بعد بالای قالب را صاف نمائید. سپس آنرا در محفظه رطوبت قرار دهید و فقط هنگام سوزن زدن خارج نمائید. زمان گیرش ابتدایی وقتی است که سوزن مورد نظر اثر قابل ارزیابی روی قالب نگذارد. این زمان را از هنگام تماس آب با سیمان تا زمان گیرش ابتدایی برحسب دقیقه یادداشت نمائید. هنگامیکه سوزن گیرش انتهایی اثر قابل ارزیابی بر روی قالب نگذاشت زمان گیرش انتهایی فرا رسیده است. آنرا از هنگام تماس آب با سیمان تا فرارسیدن گیرش انتهایی برحسب دقیقه یادداشت نمائید.

۱۰- گزارش

۱۲- ۱۰- گزارش باید زمان گیرش را به ترتیب زیر نشان دهد:

گیرش ابتدایی گیل مور — دقیقه

گیرش انتهایی گیل مور — دقیقه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : C ۳۰۵

روش استاندارد برای مخلوط کردن خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری

۱- هدف

۱-۱- این روش به منظور مخلوط کردن خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک است که مورد آزمایشات فیزیکی سیمان قرار می‌گیرند.

۱-۲- این استاندارد متضمن مواد و عملیات و وسائل مخاطره‌آمیز است. این استاندارد به تمام موارد ایمنی مربوط به آن اشاره نمی‌نماید. آزمایش‌کننده مسئول است که قبل از آزمایش تمام مسائل ایمنی و سلامتی کار را در نظر بگیرد.

۲- اهمیت و کاربرد

۱-۲- این دستورالعمل به منظور مخلوط کردن مکانیکی خمیر و ملاط برای آزمایش سیمانهای هیدرولیک در نظر گرفته شده است.

۳- دستگاه

۱-۳- عبارتست از مخلوط کن (میکسر) الکتریکی که دارای یک پره از جنس استیل ضدزنگ می‌باشد. پره مذکور دارای حرکت چرخشی و سیاره‌ای است (مانند حرکت زمین به دور خورشید). دستگاه حداقل دو " دور " (دو سرعت) دارد که اصطلاحاً به آن دنده ۱ و ۲ نیز می‌گویند. (تنظیم سرعت توسط رتوستا قابل قبول نمی‌باشد). دور ۱ یا سرعت آهسته دارای 5 ± 140 دور در دقیقه حرکت چرخشی و در همین حال بطور تقریبی ۶۲ دور در دقیقه حرکت سیاره‌ای نیز دارد. دور ۲ یا سرعت متوسط که پره 10 ± 285 دور در دقیقه حرکت چرخشی و تقریباً ۱۲۵ دور در دقیقه حرکت سیاره‌ای دارد. پره به سادگی از بدنه جدا می‌شود. موتور دستگاه حداقل ۱۲۴ وات است.

۲-۳- جام (Mixing Bowl)

دارای حجم اسمی $4/73$ لیتر می‌باشد. جام در طول حرکت پره بطور ثابت قرار دارد. هم چنین دارای سرپوش از جنس غیر جاذب است که توسط سیمان مورد واکنش شیمیایی قرار نگیرد.

۳-۳- گل تراش (Scraper)

دارای تیغه لاستیکی نیمه سخت به طول $7/5$ سانتیمتر و عرض ۵ سانتیمتر و دسته آن به طول ۱۵ سانتیمتر می‌باشد. لبه تیغه دارای ضخامت ۲ میلی‌متر است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۳- وسایل مکمل

مشخصات ترازوها، وزنه‌ها، ظروف مدرج و هر وسیله مکمل دیگر و هم چنین شن استاندارد و مقدار آب لازم در هر روش کار مشخص شده است.

۴- درجه حرارت و رطوبت

۴-۱- درجه حرارت مواد خشک، پره و جام باید بین $27/5^{\circ}\text{C}$ - 20 و برای آب $1/7 \pm 23$ سانتیگراد باشد.

۴-۲- رطوبت نسبی آزمایشگاه کمتر از ۵۰٪ نباشد.

۵- مواد، نسبت، و غلظت

۵-۱- نوع مواد و نسبت امتزاج آنها با یکدیگر همانست که در هر روش کار شرح داده شده است و طبق آنها مواد در مخلوط کن آمیخته می‌شوند.

۶- روش عمل برای تهیه خمیر سیمان

۶-۱- پره و جام را که قبلاً تمیز و خشک کرده‌اید در جای خود در دستگاه قرار دهید و به طریق زیر عمل نمائید:

۶-۱-۱- آب لازم را در جام بریزید.

۶-۱-۲- سیمان را به آب اضافه نمائید و ۳۰ ثانیه فرصت برای جذب دهید.

۶-۱-۳- دستگاه را روی دور ۱ به مدت ۳۰ ثانیه روشن نمائید.

۶-۱-۴- دستگاه را به مدت ۱۵ ثانیه خاموش نمائید و ظرف این مدت توسط گل تراش هر چه خمیر به دیوار جام چسبیده است بطرف پائین بتراشید.

۶-۱-۵- دستگاه را روی دور ۲ (285 ± 10 دور در دقیقه) به مدت ۱ دقیقه روشن نمائید.

۷- روش عمل برای تهیه ملاط سیمان

۷-۱- پره و جام را که قبلاً تمیز و خشک کرده‌اید در جای خود در دستگاه قرار دهید و به طریق زیر عمل نمائید:

۷-۱-۱- مقدار آب لازم را در جام بریزید.

۷-۱-۲- سیمان را به آب اضافه نمائید و دستگاه را به مدت ۳۰ ثانیه روی دور ۱ (140 ± 5 دور در دقیقه) روشن نمائید.

۷-۱-۳- بعد از ۳۰ ثانیه بالا در حالیکه دستگاه روی دور ۱ روشن است تمام شن استاندارد را به آرامی در طول مدت ۳۰ ثانیه به مخلوط اضافه نمائید.

۷-۱-۴- دستگاه را خاموش نمائید و روی دور ۲ به مدت ۳۰ ثانیه روشن نمائید.

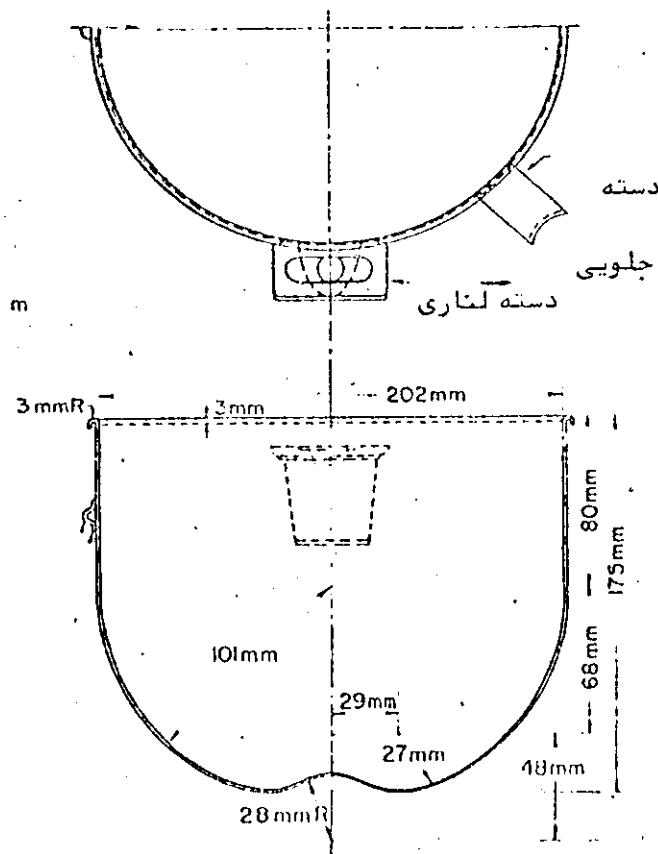
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۱-۷- دستگاه را به مدت $1\frac{1}{3}$ دقیقه خاموش نمائید. در ۱۵ ثانیه اول این مدت هر چه ملاط به دیوار جام چسبیده است با گل تراش بطرف پائین بتراشید و بقیه مدت روی جام در پوش قرار دهید.

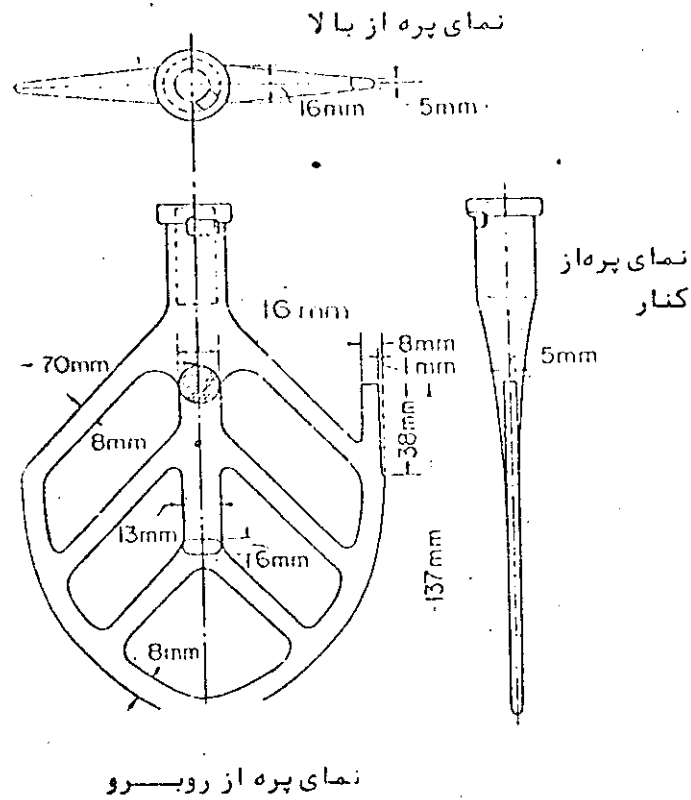
۶-۱-۷- بعد از مدت بالا دستگاه را ۱ دقیقه روی دور ۲ (سرعت متوسط) روشن نمائید. بعد از مدت مذکور عمل تمام می شود.

۷-۱-۷- بطور کلی قبل از هر فاصله زمانی که مخلوط کن را برای بهم زدن روی دورهای مختلف روشن می نمائید مواد چسبیده به دیوار جام را به سرعت بطرف پائین بتراشید.

تذکره - فاصله ته جام و انتهای پره حداکثر $\frac{2}{5}$ میلی متر و حداقل $\frac{1}{8}$ میلی متر است این فاصله برای قطر تقریبی شن استاندارد ۳۰ - ۲۰ اتاوا (Ottawa) در نظر گرفته شده است. چنانچه بخواهید مصالح درشت را در دستگاه مخلوط کنید باید فاصله را طوری تنظیم نمائید تا به جام و پره صدمه وارد نیاید.



شکل ۱ - جام مخلوط کن



شکل ۲ - پره

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: C۳۴۸ - ۹۳

روش آزمایش استاندارد برای تعیین مقاومت خمشی ملاتهای سیمان هیدرولیکی

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین مقاومت خمشی ملاتهای سیمان هیدرولیکی را شامل می‌شود.
۱-۲- مقادیر برحسب واحدهای اینچ - پوند استاندارد می‌باشد. مقادیر داخل پرانتز فقط جهت اطلاع می‌باشد.

۱-۳- این روش آزمایش تمام مسائل ایمنی مربوط به آن را در بر نمی‌گیرد و هرگونه مسئولیتی بر عهده استفاده‌کننده از آن است. مسئولیت استفاده‌کننده از این استاندارد است که دستورالعمل‌های سلامتی و ایمنی مربوطه را تهیه و محدودیتهای عملی کاربرد آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- مدارک مرجع

۱۲- استانداردهای ASTM:

C ۱۰۹ روش آزمایش برای تعیین مقاومت فشاری ملاتهای سیمان هیدرولیکی (با استفاده از نمونه‌های مکعبی اینچی یا ۵۰ میلیمتری)

C ۱۹۰ روش آزمایش برای تعیین مقاومت کششی ملاتهای سیمان هیدرولیکی

C ۲۳۰ مشخصه‌ای برای جدول روانی جهت استفاده در آزمایشهای سیمان هیدرولیکی

C ۳۴۹ روش آزمایش برای تعیین مقاومت فشاری ملاتهای سیمان هیدرولیکی (با استفاده از بخشهایی از نمونه که در خمش شکسته می‌شوند).

C ۶۷۰ دستورالعمل تهیه دقت و انحراف برای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

C ۷۷۸ مشخصه ماسه استاندارد

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- ملات مورد استفاده از یک قسمت و $\frac{2}{75}$ قسمت وزنی سیمان ساخته می‌شود. سیمانهای پرتلند یا پرتلند هوازا با نسبتهای آب به سیمان مشخصی مخلوط می‌شوند. مقدار آب سیمانهای دیگر باید به اندازه‌ای باشد که روانی 5 ± 110 را در ۲۵ ضربه میزسیلان بدست دهد. نمونه‌های آزمایش منشورهایی به ابعاد $6/3 \times 1/575 \times 1/575$ اینچ ($160 \times 40 \times 40$ میلیمتر) می‌باشند که در دو لایه قالب‌گیری و کوبیده می‌شوند. نمونه‌ها یک روز در قالب و سپس تا موقع آزمایش خارج از قالب نگهداری می‌شوند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- این روش آزمایش، وسیله‌ای را برای تعیین مقاومت خمشی ملاتهای سیمان هیدرولیکی فراهم می‌آورد. بخشهایی از نمونه‌های ملات که در خمش مطابق با این روش آزمایش می‌شوند ممکن است برای تعیین مقاومت فشاری مطابق با روش آزمایش C ۳۴۹ مورد استفاده قرار گیرند.

۴-۲- مقادیر تعیین شده از این روش آزمایش صرفاً بمنظور تحقیق می‌باشد و برای تطبیق با مشخصات خاصی به کار نمی‌روند.

۵- وسایل آزمایش

۵-۱- خط کش، ترازو، الک، ظروف شیشه‌ای مدرج، مخلوط کن، پیاله و بیلچه که باید به لوازم مورد نیازی که در روش آزمایش C ۱۰۹ مشخص گردید، اضافه شود.

۵-۲- میزسیلان و قالب روانی که مطابق با مشخصات C ۲۳۰ باشد.

۵-۳- قالبهای ساخت نمونه - قالبها برای ساخت نمونه‌های منشوری $۱۶۰ \times ۴۰ \times ۴۰$ میلیمتر $۱/۵۷۵ \times ۱/۵۷۵ \times ۶/۳$ اینچ

($۱۶۰ \times ۴۰ \times ۴۰$ میلیمتر) طرح شده است. هر قالب باید دارای سه قسمت برای ساخت سه نمونه منشوری بوده و طوری طراحی شده باشد که محورهای طولی نمونه‌های قالب‌گیری شده در حالت افقی قرار گیرند. قالبها باید از فلز سختی ساخته شده باشند که به ملات سیمان نچسبند. عدد سختی را کول فلز نباید کمتر از ۵۵ HRB باشد.

قسمتهای قالب باید بخوبی به یکدیگر جفت و محکم شوند. اضلاع قالب باید به قدر کافی صلب باشند تا از خمیدگی یا تابیدگی آن جلوگیری شود. سطوح داخلی قالب باید صاف و مسطح باشد، طوری که در روی خطی

به طول ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) برای قالبهای نو $۰/۰۰۱$ اینچ ($۰/۰۳$ میلیمتر) و برای قالبهای مستعمل $۰/۰۰۲$ اینچ

($۰/۰۵$ میلیمتر) تغییرات وجود داشته باشد. فاصله بین وجوه مقابل در قالبهای نو $۱/۵۷۵ \pm ۰/۰۰۵$ اینچ

($۴۰ \pm ۰/۱۳$ میلیمتر) و در قالبهای مستعمل $۱/۵۷۵ \pm ۰/۰۱$ اینچ ($۴۰ \pm ۰/۳$ میلیمتر) می‌باشد. ارتفاع

قالبها $۱/۵۷۵$ اینچ با خطای مجاز $۰/۰۱ +$ اینچ و $۰/۰۰۵ -$ اینچ برای قالبهای نو و $۰/۰۱ +$ اینچ و $۰/۰۱۵ -$

برای قالبهای مستعمل می‌باشد. طول داخلی قالبها باید $۶/۳ \pm ۰/۱۰$ اینچ ($۱۶۰ \pm ۲/۵$ میلیمتر) باشد. زاویه

بین وجوه داخلی مجاور و سطوح بالا و پایین قالب که به فاصله کمی از محل برخورد آنها اندازه‌گیری می‌شود

$۹۰ \pm ۰/۵$ درجه است. صفحه تحتانی (پایه) قالب باید دارای ضخامت تقریبی $۳/۸$ اینچ ($۹/۵$ میلیمتر) بوده و

ابعاد صفحه ۸×۷ اینچ (۲۰۳×۱۷۸ میلیمتر) است که خطای مجاز در روی خطی به طول ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر)

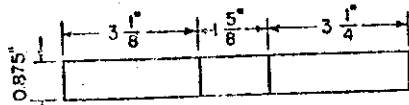
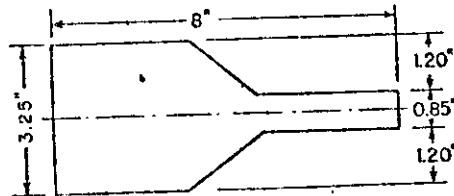
برابر با $۰/۰۰۱$ اینچ می‌باشد.

۵-۴- تخماق - تخماق (شکل ۱ را ملاحظه نمایید) از ماده‌ای نفوذناپذیر و مقاوم در برابر سائیدگی مانند

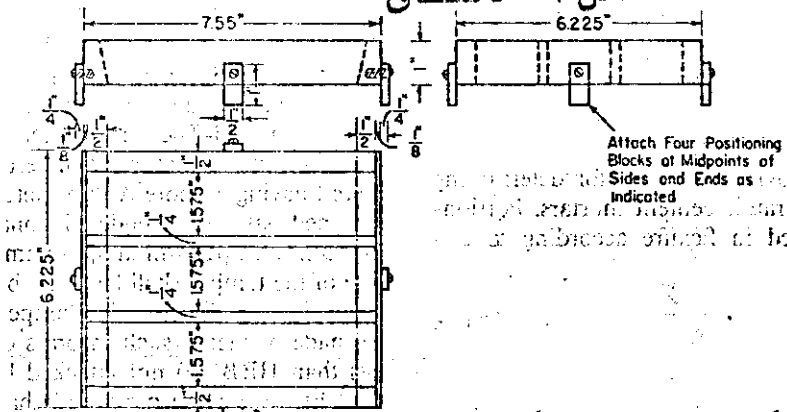
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ترکیبات لاستیک که سختی آن را با دورومتر^(۱) 10 ± 80 یا چوب بلوط پوست شده غیرجاذب که با غرقاب آن به مدت ۱۵ دقیقه در پارافین با دمای $20.0^\circ C$ ($392^\circ F$) اندود شده است. سطح تخمناق باید ابعاد $\frac{1}{4} \times \frac{3}{8}$ اینچ (۲۲ × ۸۳ میلیمتر) داشته باشد.

۵-۵ - راهنمای تخمناق - راهنمای تخمناق (شکل ۲ را ملاحظه نمایید) از فلزی که به ملات سیمان نچسبد ساخته می شود. (همانند برنج که سختی راگول کمتر از HRB ۵۵ ندارد). راهنمای تخمناق به صورت تخت روی قالب قرار می گیرد. راهنمای تخمناق نباید بیش از $0.15/0$ اینچ (0.38 میلیمتر) از لبه های داخلی قالب بیرون بزند. ارتفاع راهنمای تخمناق $1/0$ اینچ (۲۵ میلیمتر) می باشد.



شکل ۱ - تخمناق



شکل ۲ - نحوه قرارگیری راهنمای تخمناق

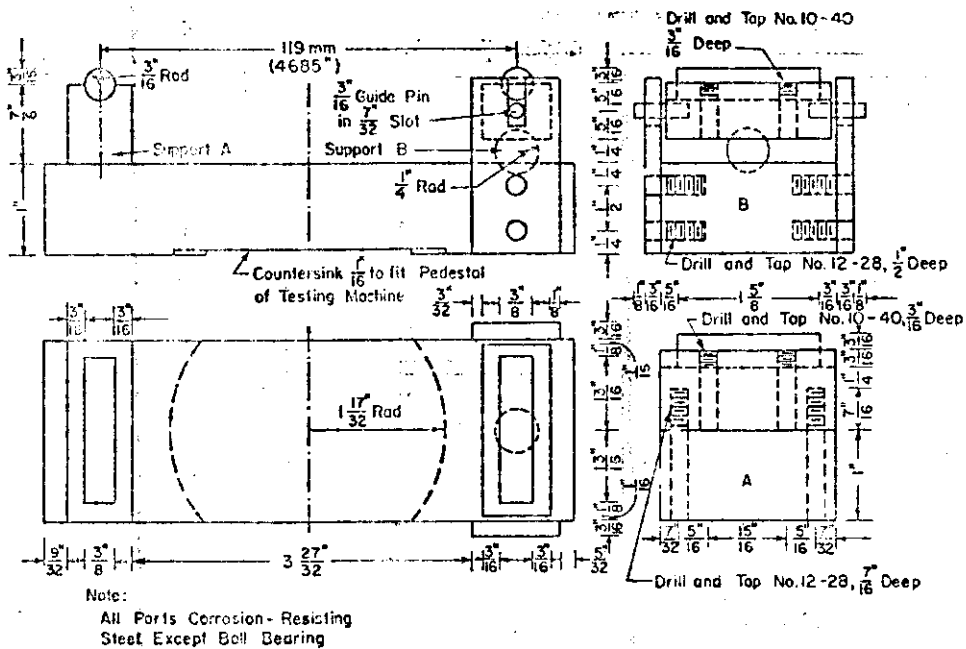
۵-۶ - ماله - ماله باید سطح فلزی $10 \times \frac{1}{4}$ اینچ (254×114 میلیمتر) داشته و لبه های آن مستقیم باشد.

۵-۷ - دستگاه آزمایش خمش - روش بارگذاری در وسط نمونه برای ایجاد خمش روی نمونه های منشوری استفاده می شود. دستگاه باید طوری طراحی شود که نیروها به طور قائم و بدون خروج از مرکزیت به

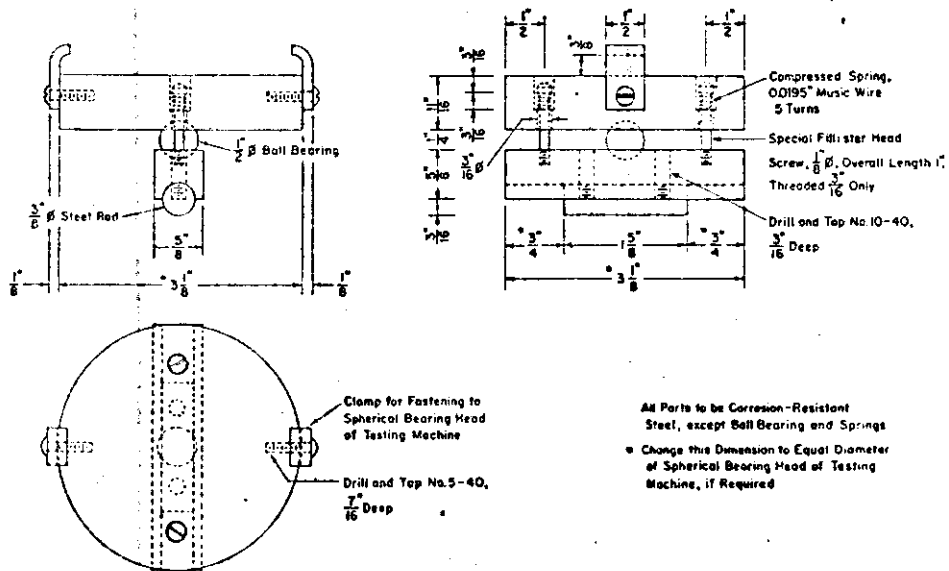
1 - durometer

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نمونه اعمال شود. بدین منظور دو نوع دستگاه وجود دارد، یکی از آنها ماشینی است که در آزمایش فشار به کار می رود و دیگری ماشین آزمایش briquet که در اشکال ۳ و ۴ نشان داده شده است. دستگاهی که برای آزمایش خمش ملات سیمان به کار می رود باید مطابق با اصول زیر طراحی شده باشد.



(a) Base Plate and Support Edges.



(b) Center-Point Loading Component.

شکل ۳ - قطعات خاصی که برای استفاده از دستگاه فشار در آزمایش خمش نمونه های منشوری ۴۰ × ۴۰ × ۱۶۰ میلی متر به کار می رود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۷-۱ - فاصله بین تکیه گاهها و نقاط اعمال بار باید در دستگاه بارگذاری ثابت بماند.
۵-۷-۲ - بار باید عمود بر سطح بارگذاری شده نمونه و به نحوی که خروج از مرکزیت پیدا نکند، اعمال شود.

۵-۷-۳ - جهت عکس العملها باید در تمام طول آزمایش موازی بار اعمال شده باشد.

۵-۷-۴ - بار باید با سرعت یکنواخت و بدون تغییرات ناگهانی اعمال شود.

۵-۸ - ماشین آزمایش فشار - ماشین آزمایش فشار که برای آزمایش خمش بکار می رود، چنانچه در شکل ۳ نشان داده شده است باید از نوع هیدرولیکی بوده و فاصله بین فکهای آن (سطح تکیه گاه بالا و پایین) کافی باشد.

توجه ۱ - اکثر ماشینهای فشاری هیدرولیکی برای شکستن نمونه های مکعبی ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) طراحی شده اند که قطر نسبتاً کوچکتری از صفحه تکیه گاهی پایینی دارند و مستقیماً در زیر مرکز نشیمنگاه کروی بالایی قرار می گیرند، بطوری که پدالهایی با ارتفاع مناسب برای شکستن نمونه های مکعبی ۲ اینچ و ۴ × ۲ اینچ (۱۰۰ × ۵۰ میلیمتر) یا استوانه های ۶ × ۳ اینچ (۱۵۰ × ۷۵ میلیمتر) گذاشته می شود. صفحه تحتانی دستگاه آزمایش خمشی در شکل ۳ نشان داده شده است. این صفحه برای قرار گرفتن پدال پایینی که برای آزمایشات استوانه های ۶ × ۳ اینچ می باشد، طراحی شده است.

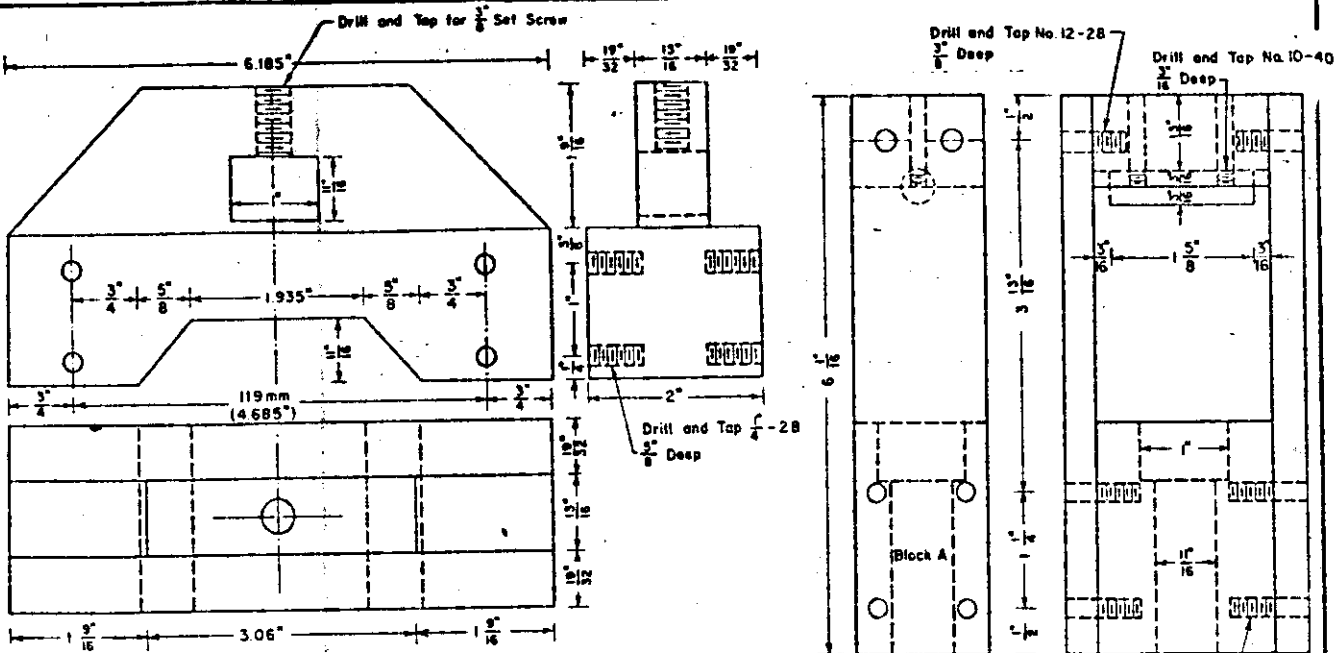
توجه ۲ - عدم داشتن تجهیزات خود مرکز کردن در ماشینهای با سطوح تکیه گاهی پائین تر بزرگ، مرکز این سطح مستقیماً زیر مرکز نشیمنگاه کروی بالایی با دقت قرار داده خواهد شد. یک دایره یا دوار متحدالمرکز با اقطار مناسب باید روی سطح تکیه گاهی پائینی اطراف این نقطه حکاکی شود. پدال استوانه ای با قطر و ارتفاع مناسب ایجاد می شود. رویه های انتهایی پدال باید صفحه ای و موازی و زاویه ۹۰ درجه با محور استوانه داشته باشد. رویه بالایی باید قطری برابر با ۳/۰۵ اینچ (۷۷/۵ میلیمتر) داشته باشد.

۵-۹ - ماشین آزمایش بریکت تغییر یافته (۲) - این ماشین که به همراه وسایل آزمایش خمشی به کار می رود باید دارای مشخصات توصیف شده در بند ۴-۶ روش آزمایش ۱۹۰ C باشد که تغییراتی مطابق شکل ۴ در آن داده شده است.

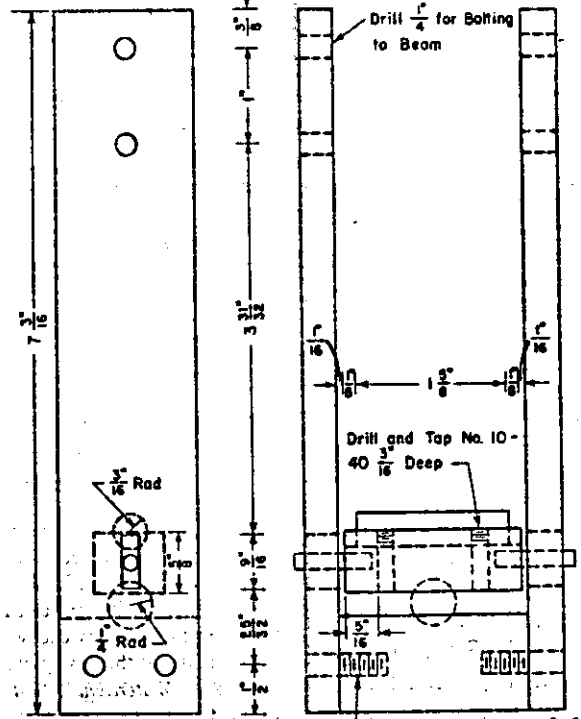
توجه ۳ - تعدادی از انواع ماشینهای آزمایش بریکت فضای کافی بین گیره های ماشین بریکت و قاب ماشین جهت تجهیزات عریض تر که برای آزمایش خمش نمونه های منشوری لازم است را دارانمی باشند، چنانچه در شکل ۴ نشان داده شده است. تمایل آزمایشگاهها برای تبدیل ماشینهای بریکت جهت این استفاده باید این ابعاد قبل از درخواست باتجهیزات قابل انطباق کنترل شوند.

2 - Altered Briquet Testing Machine

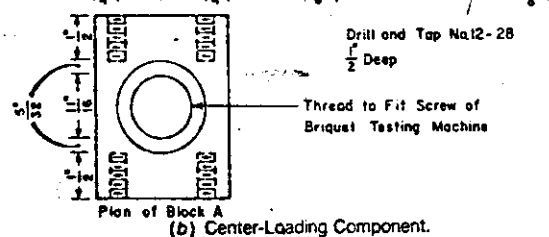
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



(a) Beam Component.



(c) Hanger Component (Two Required).



شکل ۴ - قطعات لازم برای تغییر ماشین آزمایش بریکت جهت تعیین مقاومت خمشی نمونه‌های ملات منشوری $40 \times 40 \times 160$ میلیمتر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶- مصالح

۶-۱- ماسه استاندارد دانه بندی شده

۶-۱-۱- ماسه مورد استفاده برای ساخت نمونه های آزمایش باید ماسه سیلیکاتی طبیعی با مشخصات C ۷۸۸ ماسه استاندارد دانه بندی شده باشد.

۷- تعداد نمونه ها

۷-۱- برای هر سنی باید سه نمونه یا بیشتر ساخته شود.

۸- آماده کردن قالبهای نمونه

۸-۱- سطوح داخلی قالب که با ملات در تماس است و سطوحی از قالب که با هم در تماس هستند را با قشر نازکی از روغن معدنی یا گریس پوشش دهید. بعد از سوار کردن قطعات قالب، روغن یا گریس اضافی را از روی سطوح داخلی قالبها و بالا و پایین آنها پاک نمایید. قالبها را روی صفحات پایه غیرجاذب رطوبت که با قشر نازکی از روغن یا گریس پوشیده شده اند، قرار دهید. برای آب بندی کردن درزهای بین قالب و صفحه پایه، مخلوطی از سه قسمت وزنی پارافین و پنج قسمت رزین یا واکس میکروکریستالی که در دمای بین ۲۳۰ و ۲۴۸ درجه فارنهایت (۱۱۰ و ۱۲۰ درجه سانتیگراد) گرم شده است، مورد استفاده قرار می گیرد. مواد مزبور را بر روی درزهای خارجی بین قالب و صفحه پایه بمالید.

توجه ۴- قید اصلاحی و آب بندی نمودن بین قالب و صفحه تحتانی ممکن است با نگهداری ته قالب و صفحه تحتانی دور از روغن یا گریس تا بعد از استفاده با مخلوط پارافین - رزین حاصل شود، اما باید دقت شود در روغن مالی صفحه تحتانی بعد از اتمام روغن اضافی در گوشه های زوایای بین جوانب قالب و صفحه تحتانی پاک شود.

توجه ۵- قالبهای آبیند شده - مخلوط پارافین و رزین مشخص شده برای آبیندی نمودن درز بین قالبها و صفحه تحتانی ممکن است مشکلاتی در برداشتن آنها زمانی که قالبها تمیز می شوند، وجود داشته باشد. استفاده از پارافین خالص اگر درز آبیند تأمین شود، مجاز می باشد، اما چونکه مقاومت پارافین کم است، باید فقط وقتی که قالب با صفحه تحتانی توسط پارافین تنها جای نمی گیرد، استفاده شود. درز آبیند ممکن است با پارافین تنها توسط گرم نمودن تدریجی قالب و صفحه تحتانی قبل از پاک کردن درز تأمین شود. قالبهایی که اینچنین مرمت می شوند باید قبل از استفاده اجازه داده شود به دمای مشخص شده برگردند.

۹- روش آزمایش

۹-۱- نسبت های اجزاء، غلظت و اختلاط ملات - نسبت های اجزاء، غلظت و نحوه اختلاط ملات استاندارد باید مطابق با روش آزمایش C ۱۰۹ باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

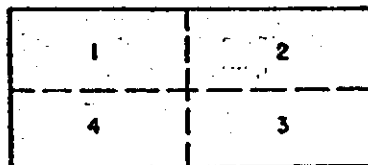
۹-۲- تعیین سیلان - سیلان باید مطابق با روش آزمایش ۱۰۹ C باشد.

۹-۳- قالب گیری نمونه ها:

۹-۳-۱- فوراً بعد از اتمام آزمایش سیلان، ملات را از میز سیلان به داخل جام مخلوط کن برگردانید. سرعت ملات اطراف ظرف را به داخل آن بتراشید و سپس به مدت ۱۵ ثانیه ملات را با دور متوسط مخلوط نمایید. بعد از اتمام مخلوط کردن، پره های مخلوط کن باید لرزانده شوند تا ملات اضافی را به داخل جام مخلوط کن برگرداند.

۹-۳-۲- وقتی برای تهیه نمونه های بیشتر مجدداً ملات می سازید، می توانید آزمایش سیلان را حذف کنید. در این مورد مدت ۹۰ ثانیه ملات را بدون سرپوش در داخل مخلوط کن بهم بزنید و طی این مدت هر ۱۵ ثانیه یکمرتبه ملات جمع شده در اطراف ظرف را به داخل آن پاک کنید. سپس مدت ۱۵ ثانیه ملات را با سرعت متوسط مخلوط نمایید.

۹-۳-۳- بعد از مخلوط کردن ملات، لایه ای به ضخامت $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلی متر) از آن را در هر سه قالب به طور یکنواخت پخش کنید. در این حالت راهنمای تخماق را روی قالب قرار دهید و سپس به کمک تخماق ملات را با ۱۲ ضربه و طی سه مرحله، چهار ضربه ای مطابق شکل ۵ بکوبید. ۱۲ ضربه را حدوداً باید در ۱۵ ثانیه اعمال نمایید. برای هر ضربه، سر تخماق را به حالت افقی در فاصله حدود ۱ اینچی (۲۵ میلی متر) بالای سطح ملات قرار داده و آن را مستقیماً به طرف پائین پرتاب کنید. نیروی پرتاب باید به اندازه ای باشد که مقدار کمی از ملات از زیر تخماق بیرون بزند. بقیه قالب را نیز با یک لایه دیگر مثل لایه اول پر کرده و بکوبید. سپس راهنمای تخماق را از روی قالب برداشته و با لایه تخت ماله روی قالبها را یکمرتبه در جهت (با بالا آمدن تدریجی لایه) طولی قالبها صاف کنید. ملات بالای قالبها را با لایه مستقیم ماله (ماله تقریباً عمود بر قالبها نگهداشته می شود) با یک حرکت برشی در طول قالبها بردارید. برای ترمیم بریدگیهایی که در سطح فوقانی ملات ایجاد شده با دو یا سه ضربه سبک ماله بر روی سطح ملات، سطح آن را صاف نمایید.



شکل ۵- ترتیب کوبیدن نمونه ها در قالب (سه دور)

۹-۴- نگهداری نمونه ها - نمونه های آزمایش باید مطابق با روش آزمایش ۱۰۹ C نگهداری شوند.

۹-۵- تعیین مقاومت خمشی:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۵-۱ - نمونه‌هایی که باید در سن ۲۴ ساعته آزمایش شوند، به محض خارج کردن از اطاق رطوبت و نمونه‌های دیگر را بعد از بیرون آوردن از مخزن آب، مورد آزمایش قرار دهید. تغییرات مجاز زمان شکستن نمونه‌ها که باید در سن مشخصی شکسته شوند، بصورت زیر می‌باشد.

سن آزمایش	تغییرات مجاز، ساعت
۲۴ ساعت	± 1
۳ روز	± 12
۷ روز	± 3
۲۸ روز	± 12

وقتی که قسمتهائی از نمونه‌های منشوری که مورد آزمایش قرار گرفته‌اند، بصورت مکعبیایی مطابق با روش آزمایش C ۳۴۹ درآورده می‌شوند، باید منشورها زودتر آزمایش شوند تا مکعبیای اصلاح شده در محدوده زمانهای فوق شکسته شوند. اگر بیش از یک نمونه برای آزمایش ۲۴ ساعته از اطاق رطوبت خارج شود، نمونه‌ها را تا هنگام آزمایش زیر یک پوشش پلاستیکی نگهداری کنید. در مورد نمونه‌هایی که برای آزمایش در سن‌های بیشتر از منبع آب خارج می‌شوند، اگر تعداد نمونه‌ها بیش از یکی باشد، نمونه‌ها را تا هنگام آزمایش در آبی با دمای $73/4 \pm 3$ درجه فارنهایت ($1/7 \pm 23$ درجه سانتیگراد) و عمق کافی که هر نمونه تا هنگام آزمایش کاملاً مستغرق باشد.

توجه ۶- مقاومت خمشی نمونه‌های منشوری سریعاً با خشک کردن تغییر می‌کنند بطوری که پوسته کششی در نمونه‌ها ایجاد می‌شود و منجر به مقاومت‌های پایین می‌گردد. بنابراین نمونه‌های برای آزمایش ۲۴ ساعته ترجیحاً در همان سن باید از قالبها بیرون آورده شده و فوراً آزمایش شوند. اگر تأخیری در آزمایش باشد، نمونه‌ها باید در پلاستیک ضد آب قراردادده شده و در اطاق مرطوب تا بلافاصله قبل از آزمایش قرار گیرند. بعد از شکستن دوباره در پلاستیک قرار گیرند تا زمانی که آزمایش فشاری انجام شود.

۹-۵-۲ - نمونه‌های منشوری را خشک نموده و دانه‌ها و ذرات سست چسبیده به سطوحی از نمونه را که با تکیه‌گاهها و نقاط اعمال بار تماس پیدا می‌کنند، پاک نمایید. به وسیله یک تیغه مستقیم صاف، سطوح را کنترل کنید. اگر انحنا قابل توجهی روی سطوح وجود دارد با سمباده ناصافی آنها را برطرف نموده یا نمونه را از رده خارج کنید. پارچه‌هایی که برای خشک کردن نمونه‌های ۲۴ ساعته استفاده می‌شود نباید بیش از حد کمی مرطوب باشند.

شرکت سبهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۵-۳- پایه (۳) را در مرکز صفحه تکیه گاهی دستگاه در امتداد محور قسمت کروی فوقانی آن قرار داده و صفحه تکیه گاهی را مجموعاً روی پایه سوار کنید. سپس دستگاه بارگذاری مرکزی را به قسمت کروی متصل نمایید. نمونه را روی وجوهش بچرخانید تا سطوح صافی که مجاور دیواره‌های قالب بوده‌اند با فکهای دستگاه تماس پیدا کنند. خط مرکزی طولی نمونه باید مستقیماً در بالای نقطه وسط دو تکیه‌گاه قرار بگیرد. دستگاه بارگذاری مرکزی را طوری تنظیم نمایید که تیغه بارگذاری آن دقیقاً عمود بر طول منشور و موازی با سطح فوقانی آن باشد. مرکز تیغه بارگذاری دستگاه باید مستقیماً در بالای خط مرکزی نمونه منشوری و در وسط دهانه آن قرار داده شود. باید اطمینان حاصل نمود که تماس تیغه بارگذاری دستگاه و نمونه هنگام اعمال بار پیوسته است. بارگذاری را با سرعت 25 ± 600 پوند (110 ± 2640 نیوتن) در دقیقه انجام دهید. دقت قرائت بار از روی دستگاه در حدود $1 \pm$ درصد صفحه نمایشگر مدرج می‌باشد. فاصله بین درجات نباید بیش از ۱۰ پوند (۴۴ نیوتن) باشد. حداکثر باری که نمونه تحمل می‌کند را با دقت ۵ پوند (۲۲ نیوتن) تخمین بزنید.

۱۰- محاسبات

۱-۱- حداکثر بار مشخص شده بوسیله ماشین آزمایش را ثبت کنید و مقاومت خمشی (برای نمونه‌ای با ابعاد و شرایط مشخص شده در این آزمایش) را به صورت زیر برحسب پوند بر اینچ مربع محاسبه کنید:

$$S_f = 1/8 P$$

که در آن:

S_f = مقاومت خمشی برحسب پوند بر اینچ مربع، و

P = حداکثر بار اعمال شده برحسب پوند است.

۱-۱-۲- برحسب واحدهای SI:

$$S_f = 2/8 P$$

که در آن:

S_f = مقاومت خمشی برحسب کیلو پاسکال، و

P = حداکثر بار اعمال شده برحسب نیوتن است.

۱۱- نمونه‌های معیوب و آزمایش مجدد

۱۱-۱- نمونه‌های آزمایشی که به طور آشکار معیوب بوده یا اینکه مقاومت آنها بیش از ۱۰ درصد با مقدار میانگین مقاومت نمونه‌های هم سن خود که از یک نمونه ساخته شده‌اند تفاوت دارد نباید در تعیین مقاومت خمشی در نظر گرفته شوند. بعد از کنار گذاشتن نمونه‌ها یا مقداریر مقاومت‌های غیر قابل قبول اگر کمتر از ۲ مقدار مقاومت برای تعیین مقاومت خمشی در سن داده شده، باقی بماند آزمایش باید تجدید شود.

۱۲- دقت و انحراف

۱۲-۱- دقت:

۱۲-۱-۱- بیان دقت زیر وقتی که نتیجه آزمایش میانگین آزمایشهای مقاومت خمشی سه نمونه منشوری قالبگیری شده از یک ملات است و در یک زمان آزمایش شده است قابل استفاده می‌باشد. این دقتها قابل استفاده برای ملاتهای ساخته شده با سیمانهای تیپ I، IA، IS یا III که در سنین ۳، ۷ یا ۲۸ روزه آزمایش شده‌اند می‌باشد. (۱، ۳، ۷ یا روزه برای سیمان تیپ III).

۱۲-۱-۱- دقت چند آزمایشگاهی - ضریب تغییرات چند آزمایشگاهی ۸/۴ درصد می‌باشد. بنابراین نتایج آزمایشات انجام شده روی یک پیمانان ساخت توسط دو آزمایشگاه مختلف نباید بیش از ۲۳/۸ درصد میانگین آنها تفاوت نماید.

توجه ۷- این اعداد بترتیب حدود (1S درصد) و (2S درصد) را که در دستورالعمل ۶۷۰ C توصیف شده را نشان می‌دهند.

۱۲-۱-۲- دقت آزمایشگاه تکی - ضریب تغییرات آزمایشگاه تکی ۵/۱ درصد می‌باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده از یک ظرف ملات ساخته شده با مصالح یکسان در یک روز یا در حدود همان هفته نباید بیش از ۱۴/۴ درصد از میانگین آنها تفاوت نماید.

۱۲-۲- انحراف - هیچ بیانی روی انحراف از آنجائی که هیچ مصالح مرجع قابل قبول مناسبی برای تعیین انحراف این روش آزمایش وجود ندارد، ارائه نشده است.

۱۳- لغات راهنما

۱۳-۱- مقاومت فشاری، ملات سیمان هیدرولیکی، مقاومت سیمان هیدرولیکی، مقاومت ملات، مقاومت



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳

شماره

نسخه

وزارت راه و ترابری
آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک
(۱)

آزمایش استاندارد ASTM C403-88

تعیین زمان گیرش بتن (بطریق مقاومت در برابر نفوذ)

۱- مقدمه

۱-۱- این آزمایش برای گیرش بتن با اسلامپ بزرگتر از صفر قابل اجرا است آزمایش باید روی

ملاط الک شده از بتن صورت گیرد.

۱-۲- این آزمایش فقط در زمانی مناسب است که ملاط بتن بتواند اطلاعات ضروری را فراهم

نماید .

۱-۳- این امتد آزمایش ممکن است همچنین در مورد ملاط ها و دوغاب های ساخته شده مورد

استفاده قرار گیرد.

۱-۴- این آزمایش در شرایط کنترل شده آزمایشگاه و یا صحرا قابل اجرا است .

۱-۵- این آزمایش استاندارد ممکن است متحمل صدمات و خسارات مواد، عملیات و وسایط

گردد. این استاندارد به تمام مسایل ایمنی که در عمل باید وجود داشته باشد ، اشاره

نکرده است ، و تمام این نکات را تکنسین باید پیش بینی کند.

۲- منابع مورد استفاده

۲-۱- استانداردهای ASTM :

متد آزمایش	C143	برای اسلامپ بتن سپمان پرتلند
متد	C172	نمونه گیری از مخلوط بتن تازه
متد آزمایش	C173	برای مقدار هوای بتن تازه (بطریق حجمی)
متد آزمایش	C231	برای مقدار هوای بتن تازه (بطریق فشار)
دستورالعمل	C670	برای دقت و خطاهای آزمایش



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳

شماره

بیمه

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (۲)

مشخصات E1 برای ترمومترهای ASTM

مشخصات E11 برای الک های آزمایش

۳- تعاریف

۳-۱- زمان گیرش ابتدائی : زمان گیرش ابتدائی برای ملات الک شده از بتن تازه مدت زمانی است که مقاومت در برابر نفوذ به ۵۰۰ پوند بر اینچ مربع برسد (3.5 Mpa یا 500psi).

۳-۲- زمان گیرش ثانویه : زمان گیرش نهایی مدت زمانی است که مقاومت ملات الک شده در برابر نفوذ به ۴۰۰۰ پوند بر اینچ مربع برسد (27.6 Mpa یا 4000psi)

۴- خلاصه روش آزمایش :

۴-۱- نمونه مشخصی از بتن تازه را اختیار کرد. و ملات آنرا بطریقه الک نمودن جدا می‌نمائیم. این نمونه ملات در یک ظرف آزمایش قرار داده میشود و تا لحظه آزمایش در درجه حرارت محیط نگهداری میگردد. سپس در زمانهای معینی مقاومت ملات را در برابر نفوذ سوزن استاندارد اندازه گیری میکنند.

۵- اهمیت و کاربرد:

۵-۱- بدلیل اینکه گیرش بتن یک عمل تدریجی است ، هر نوع تعریفی از آن ضرورتاً " بایستی اختیاری باشد. در این روش آزمایش ، زمان مورد نیاز برای اینکه ملات به مقاومت مشخص شده برسد ، بعنوان زمان گیرش تعریف میشود.

۵-۲- این آزمایش میتواند اثرات متفاوتی نظیر brand ، نوع و مقدار مواد سیمانی و مواد افزودنی و غیره را تعیین کند.

۵-۳- این متد آزمایش را ممکن است برای ملات و دوغ آب های آماده شده بکار برد. بهر حال



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳

شماره

ضمیمه

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(۳)

وقتی که زمان گیرش بتن لازم باشد، آزمایش باید روی ملات الک شده بتن کار شود نه روی -
ملات های ساخته شده .

وسایل :

۱-۶ ظروف نمونه های ملات : این ظروف بایستی محکم، مقاوم در برابر آب ، غیر جاذب ، -
عاری از روغن بوده و بشکل گرد و یا زاویه دار باشند . سطح روی ملات ها در ظروف
بایستی حداقل گنجایش ، یک بار آزمایش را داشته و نیز دست نخورده باشد. حداقل ابعاد
این ظروف (اگر زاویه دار باشد) ۶ اینچ و ارتفاع آن نیز حداقل ۶ اینچ باشد.

۲-۶ وسایل مقاومت در برابر نفوذ (p enetrometer)

این وسایل بایستی مطابق با مشخصات CT-419 ساخته شده شرکت Soiltest ،

و نیز مدل 14-4137 ساخته شده توسط شرکت Norridge باشد (به Note 5 توجه کنید)

وسایل مقاومت در برابر نفوذ بایستی از نوع Spring reaction-type که از ۱۰ تا

۱۳۰ پوند نیرو (1 bf) یا معادل ۴۵ تا ۵۸۰ نیوتن درجه بندی شده باشد و ---

(۹ N) یا 2 bf بیشتر یا کمتر میتواند باشد ، و یا ممکن است از --- نوع -

Hydraulic reaction-Type با گیج (gage) فشار (150-200 lbF) پوند

نیرو معادل (۶۷۰-۸۹۰ N) درجه بندی شده و تا ۲ پوند نیرو قابل قبول است . این

نشان میدهد که سوزن این دستگاه دقتی تا ۲ پوند نیرو دارد. سوزنهای قابل تعویض با

سطح اتکاء متفاوت زیر بایستی فراهم گردد: ۱، ۱/۴ ، ۱/۳ ، ۱/۲ ، اینچ مربع یا معادل

(۱۶،۳۲،۶۵،۱۶۱،۳۲۲،۶۴۵) میلیمتر مربع).

۳-۶ میله - Tamping میله Tamping بایستی از جنس فولاد صاف، گرد، و بقطر

۱/۸ اینچ (۱۶ میلیمتر) و بطول تقریباً " ۲۴ اینچ (۶۱۰ میلیمتر) باشد.

۴-۶ پی پت : یک پی پت یا سایر وسایل دیگری که قادر باشد آب روی سطح نمونسه



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳
ماره
شمیره

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(۴)

(Bleeding water) را از روی نمونه برداشت .

۵۶- ترمومتر: ترمومتری که بتواند درجه حرارت ملات تازه را تا دقت $\pm 1^{\circ}\text{F}$ ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) اندازه گیری نماید مورد لزوم است . ترمومترهای ASTM (Liquid-in-glass) که گستره آنها از صفر تا 120°F معادل $(9^{\circ}\text{C}$ تا 49°C) و یا ترمومتر 97°F (یا 36°C) همانطور که در دستورالعمل E1 آمده ، میتواند بکار آید.

۷- نمونه گیری، آزمایش نمونه‌ها و واحدهای آزمایش :

۱-۷- آزمایشهایی که در شرایط میدانی (Field) انجام میگردد، سه نمونه بایستی از هر Batch بتن گرفته شود.

۲-۷- برای آزمایشهایی که در شرایط آزمایشگاه صورت میگردد، تعداد نمونه بستگی به این دارد که چه منظوری از آزمایش در نظر است .

۳-۷- برای آزمایشهایی که در شرایط آزمایشگاه صورت میگردد، تعداد نمونه بستگی به این دارد که چه منظوری از آزمایش در نظر است .

۴-۷- برای ارزیابی یا صحت آزمایش مواد ، حداقل سه نمونه از سه Batch بتن بطور جداگانه بایستی ساخته شود، و از هر کدام ، نمونه ای بطور جداگانه برای زمان گیرش گرفته شود، برای هر شرایط آزمایش از یک نمونه Batch بتن، نمونه‌های آزمایشی میدانی و آزمایشگاهی در هر روز که بتن ساخته میشود ، انتخاب گردد.

۵-۷- برای سایر آزمایشات ، از هر Batch بتن سه نمونه برای هر شرایط آزمایش ساخته شود.

۶-۷- زمانیکه سیمان با آب تماس پیدا کرده تا مخلوط بتن تهیه شود را یادداشت کنید.

۷-۷- نمونه بتن تازه را طبق مشخصات C-172 تهیه کنید، اسلامپ بتن بایستی با روش -



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳

ماره

میمه

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(۵)

C 143 ، درصد هوا با متد C173 یا C231 کار شود.

۵-۷. از مخلوط بتن، نمونه‌های آزمایشی را طوری انتخاب کنید که ملات بدست آمده بحدکافی ظروف آزمایش را تا عمق ۵٪ اینچ (۱۴۰ میلیمتر) پر نماید.

۶-۷. تمام نمونه‌های ملات را از مخلوط بتن با الک شماره* ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) جدا کنید.

۷-۷. ملات های تهیه شده را با وسیله دستی روی یک سطح بی اثر (غیر جاذب) دوباره خوب - مخلوط کنید و درجه حرارت آنها را یادداشت نمایید. سپس ملات را در ظروف مخصوص آزمایش قرار دهید (فقط بصورت یک لایه باشد)، آنرا خوب فشرده تا هوای آن خارج گردد و-

سطح آن کاملاً صاف و یکنواخت گردد. ظروف محتوی ملات را با میله Tam ping در تمام قسمتها سطح ضربه زده و یا توسط قرار دادن این ظروف در میز لرزان خوب فشرده و یکنواخت گردد. (به Note شماره یک مراجعه کنید). توجه داشته باشید که هر ضربه Tam ping را تقریباً " برای یک اینچ مربع بزنید. بعد از اینکه تمام سطح نمونه را ضربه زدید ، کناره‌های آنرا نیز یکنواخت نمایید تا هیچگونه هوایی در آنجا نماند. بعد از تهیه نمونه‌های ملات ، سطح آنها بایستی حداقل نیم اینچ از لبه فوقانی ظروف یا قالبها پائین تر باشد تا امکان جمع آوری آبهای جمع شده (Bleeding water) را بوجود آورد .

۸- شرایط آزمایش :

۱-۸. درجه حرارت نگهداری نمونه‌ها بایستی بین ۶۸ تا ۷۷ درجه فارنهایت (۲۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد) باشد.

۲-۸. نمونه‌ها در حرارت مشخص شده نگهداری شده و سپس درجه حرارت محیط را در ابتدا و انتهای آزمایش تعیین و یادداشت کنید. برای جلوگیری از بخار شدن رطوبت ، بایستی نمونه‌ها را دائماً " با پوشش مناسب که از تبخیر شدن آب جلوگیری نماید، بپوشانید ، مگر اینکه زمان آزمایش و یا جمع کردن آب سطح ملات ، اجباراً " بایستی آنها را برداشت.



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳
ماره
شماره
شماره
شماره

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(۶)

نمونه‌ها بایستی از نور خورشید بر حذر باشند.

۹- روش عمل :

۱-۹- قبل از آزمایش گیرش ، آب جمع شده در سطح نمونه‌های ملات را با پی پت و یا وسیله مناسب دیگری خارج نمایند. برای راحت برداشتن آب سطح نمونه‌ها ، میتوان قالب را نسبت بسطح افق حدود ۱۸ درجه کج کرده (میتوانید زیر یک سمت آن جسمی قرار دهید) و بعد از مدت دو دقیقه آب را با یک پی پت جمع آوری کرد.

۲-۹- یک سوزن با اندازه مناسب گیرش در دستگاه قرارداده و آزمایش زمان گیرش را انجام دهید ، و این عمل را با تغییر سوزن طوری انجام دهید تا مقدار نفوذ ملات به عمق $1\frac{1}{16}$ اینچ یا $(\frac{1}{5} + \frac{2}{5}$ میلیمتر) برسد. زمان مورد نیاز برای نفوذ به عمق یک اینچ بایستی $(2 + 10$ ثانیه باشد)

نیروی مورد نیاز برای نفوذ تا عمق یک اینچی و همچنین زمان آن را یادداشت کنید. زمان گیرش سیمان از لحظه تماس آب با سیمان اندازه گیری میگردد. مقاومت در برابر نفوذ را از تقسیم نیروی خوانده شده بر سطح تماس سوزن حساب نمایند. در آزمایش نفوذهای بعدی مواظب باشید که از محل های استفاده شده سوزن خودداری گردد. و فاصله نفوذها روی سطح قالب حداقل دو برابر سطح تماس سوزن باشد اما بطور معمولی این فاصله حداقل ۱۲ میلیمتر است .

از لبه قالب ها تا فاصله حداقل ۲۵ میلیمتری برای آزمایش استفاده نشود.

۳-۹- یک منحنی از نتایج آزمایشات نفوذ نسبت به زمان بر مقیاس 500psi (3.5 Mpa) بر حسب ساعت در محور طول با فواصل نیم اینچی رسم کنید و منحنی مقاومت در برابر نفوذ را بعنوان تابعی از زمان بکشید.

۴-۹- برای مخلوط بتن‌های قراردادی در آزمایشگاه ، حرارت ۶۸ تا ۷۷ درجه فارنهایت



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳

ماره

شماره میمه

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(۷)

(۲۵ تا ۲۵ درجه سانتیگراد)، گیرش ابتدائی بایستی بعد از گذشت ۳ تا ۴ ساعت ، از زمان مخلوط انجام پذیرد. آزمایشات بعدی با فواصل یکساعت انجام گیرد. برای بتن‌های حاوی تسریع کننده‌ها ، یا در درجه حرارت بالاتر از آزمایشگاه ، توصیه میگردد که گیرش ابتدائی بعد از گذشت ۱ تا ۲ ساعت و آزمایشات بعد فواصل نیم ساعت انجام پذیرد. برای - کاهش دهنده‌ها یا حرارت های کمتر از درجه حرارت آزمایشگاه ، گیرش ابتدائی بعد از ۳ تا ۶ ساعت و زمانهای بعدی بفواصل یکساعت باشد. زمانهای بعدی آزمایش بایستی با سرعت گیرش تنظیم گردد.

۵-۹ - در هر آزمایش گیرش ، ۶ نمونه آزمایش نفوذ حداقل بایستی انجام گیرد. فواصل زمانهای بعدی آزمایش باید طوری باشد تا منحنی مطلوبی از نقاط حاصل بدست آید. آزمایش را تا زمانی ادامه دهید که مقاومت در برابر نفوذ به حداقل 4000psi (27.6 Mpa) برسد.

۱-۰ محاسبات :

۱-۱-۰ برای هر شرایط آزمایش ، نتایج سه زمان گیرش یا بیشتر ، بایستی بصورت گراف کشیده شود. هر منحنی طوری رسم شود که از بهترین محل های نقاط موجود در سطح قالب عبور نماید.

۲-۱-۰ برای هر منحنی ، گیرش ابتدائی و انتهائی را تعیین کنید. زمانی که مقاومت در برابر نفوذ بترتیب مساوی با ۵۰۰ و ۴۰۰۰ پوند بر اینچ مربع رسید، نتایج رضایت بخش خواهد بود . زمان گیرش را بر حسب ساعت و کمتر از ساعت را به دقیقه بیان نمائید.

۳-۱-۰ زمان گیرش ابتدائی و انتهائی بایستی میانگین نتایج حاصل از آزمایشات باشد. زمان گیرش را بر حسب ساعت و کمتر از آنرا بصورت دقیقه به نزدیکترین ۵ گرد نمائید.
(بادقت ۵ دقیقه)



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳
شماره
شمیره

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(۸)

۱۱- گزارش :

- ۱-۱۱- اطلاعات مخلوط بتن : یک گزارش بایستی حاوی مطالب زیر باشد.
 - ۱-۱-۱- نوع مواد سیمانی ، وزن مواد سیمانی ، مصالح ریز و درشت (بر حسب یارد مکعب یا متر مکعب) از بتن ، بزرگترین اندازه اگریگیت و نسبت آب بسیمان
 - ۲-۱-۱- اسم ، نوع و مقدار مواد مضاف بکار رفته .
 - ۳-۱-۱- مقدار درصد هوای بتن تازه و تعیین اندازه گیری آن
 - ۴-۱-۱- غلظت بتن بر حسب اسلامپ
 - ۵-۱-۱- درجه حرارت ملات بتن بعد از الک کردن (جدا کردن)
 - ۶-۱-۱- درجه حرارت محیط در مدت زمان آزمایش
 - ۷-۱-۱- اطلاعات آزمایش
- ۲-۱۱- نتایج زمان گیرش : گزارش بایستی شامل اطلاعاتی روی آزمایشات گیرش باشد.
 - ۱-۲-۱-۱- منحنی مقاومت در برابر نفوذ نسبت به زمان برای هر زمان گیرش
 - ۲-۲-۱-۱- زمانهای ابتدائی و نهائی برای هر آزمایش بر حسب ساعت و دقیقه با دقت یک دقیقه
 - ۳-۲-۱-۱- میانگین زمان گیرش ابتدائی و نهائی برای هر شرایط بر حسب ساعت و دقیقه و با دقت ۵ دقیقه .

۱۲- دقت و خطا :

۱-۱۲- برای تکنسین تنها، تغییرات ضریب زمان گیرش ابتدائی $7/1$ درصد مشخص شده است

(Note 2)

بنابر این حدود نتایج بدست آمده روی سه Batch جدا از هم برای یک نفر اپراتور، با وسایل و مواد یکسان و شرایط و درجه حرارت مساوی در سه روز مختلف، میانگینبی بیشتر از ۲۳ درصد نداشته باشد.



جمهوری اسلامی ایران

تاریخ ۱۳

شماره

میمه

وزارت راه و ترابری آزمایشگاه فنی و مکانیک خاکی

(۹)

۲-۱۲- تغییرات ضریب زمان‌گیری ابتدائی در لابراتوارهای متفاوت (که نتایج آنها به میانگین کشیده شده است) ، $5/2$ درصد تعیین شده است . (Note 3) . بنابراین نتایج دو آزمایشگاه مختلف که از مواد یکسان استفاده کرده باشند و شرایط و درجه حرارت مساوی داشته اند، نبایستی از 15 درصد بیشتر اختلاف داشته باشد (Note 3) .

۳-۱۲- تغییر ضریب زمان‌گیری ابتدائی برای اپراتور تنها برای گیرش انتهائی ، $4/2$ درصد مشخص شده است . بنابراین این حدود نتایج بدست آمده از سه Batch جدا از هم با همان اپراتور و همان وسیله و مواد یکسان در شرایط و درجه حرارت مساوی ، در سه روز متفاوت نبایستی از 16 درصد میانگین تجاوز کند .

۴-۱۲- تغییرات ضریب زمان‌گیری ابتدائی برای چندین اپراتور، زمانیکه نتایج بر اساس میانگین سه آزمایش است ، $4/5$ درصد تعیین شده است (Note 3) . بنابراین نتایج دو - لابراتوار مختلف که از مواد یکسان و درجه حرارت و شرایط یکسانی استفاده کرده اند ، - نبایستی از 13 درصد میانگین ، بیشتر اختلاف داشته باشد . (Note 3) .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : C ۴۵۲

روش استاندارد برای اندازه گیری قابلیت انبساط ملاط سیمان پرتلند که در معرض سولفات قرار دارد

۱- هدف

۱-۱ - این روش فقط برای سیمان پرتلند عملی می باشد که در آن نمونه هایی به شکل شمش ملاط (Mortar Bar) از مخلوط سیمان پرتلند و ژئیس (سولفات کلسیم طبیعی به شکل متبلور) ساخته می شود بطوریکه مخلوط سیمان و ژئیس دارای ۷ درصد وزنی SO_3 باشد.

۱-۲ - مقادیری که در واحد اینچ - پوند بیان می شوند بعنوان استاندارد تلقی می گردند.

۱-۳ - در انجام این روش ممکن است با مواد زیان آور سروکار داشته باشیم که به وسائل و یا آزمایش صدمه بزند که همه آنها در روش کار بیان نشده است. آزمایش کننده جهت ایمنی و سلامت کار باید قبلاً این موارد را در نظر بگیرد.

۲- مدارک لازم:

۱-۲- استانداردهای ASTM:

C ۱۰۹ روش استاندارد برای اندازه گیری مقاومت فشاری ملاط سیمان هیدرولیک با استفاده از نمونه های مکعبی ۲ اینچی یا ۵۰ میلی متری.

C ۱۵۰ مشخصات سیمان پرتلند

C ۲۳۰ مشخصات لازم برای صفحه فلوک در آزمایشات سیمان هیدرولیک بکار می رود.

C ۳۰۵ روش مخلوط کردن خمیر و ملاط سیمان هیدرولیک با غلظت خمیری

C ۴۷۱ روشهای آزمایش برای تجزیه شیمیایی سنگ گچ و محصولات گچی

C ۴۹۰ مشخصات لازم برای دستگاه اندازه گیری تغییرات طولی خمیر، ملاط و بتن سخت شده

C ۵۱۱ مشخصات لازم برای محفظه ها و اطاقهای رطوبت و هم چنین مخزن های آب مخصوص نگهداری نمونه های سیمان هیدرولیک و بتن مورد آزمایش

C ۷۷۸ مشخصات لازم برای شن استاندارد

C ۱۰۰۵ مشخصات لازم برای وزنه ها و وسائل اندازه گیری وزن که برای آزمایشات فیزیکی سیمان هیدرولیک بکار می رود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- این روش آزمایش در درجه اول برای کسانی که مایل به تحقیق در مورد تعیین قابلیت مقاومت سولفاتی سیمان پرتلند هستند ابداع شده است. هم‌چنین این روش تعیین می‌کند که آیا یک سیمان ضدسولفات با مشخصات ۱۵۰ C مطابقت دارد یا خیر.

۴- دستگاه

۴-۱- وزنه‌ها و دستگاههای اندازه‌گیری وزن (ترازوها) بر طبق مشخصات ۱۰۰۵ C می‌باشند.

۴-۲- صفحه فلو بر طبق مشخصات ۲۳۰ C می‌باشد.

۴-۳- همزن، کاسه و پره بر طبق مشخصات ۳۰۵ C می‌باشد.

۴-۴- ماله و چکش بر طبق مشخصات روش آزمایش ۱۰۹ C می‌باشد.

۴-۵- ظروف مدرج شیشه‌ای، قالب‌ها و دستگاه مقایسه‌کننده طول بر طبق مشخصات ۴۹۰ C می‌باشند.

۵- درجه حرارت و رطوبت

۵-۱- اطاق قالب‌گیری، مصالح خشک و آب مخلوط - درجه حرارت موارد ذکر شده باید بین $^{\circ}\text{F} 81/5$ تا 68 ($^{\circ}\text{C} 27/5 - 20$) و رطوبت نسبی اطاق قالب‌گیری نباید کمتر از ۵۰٪ باشد.

۵-۲- محفظه یا اطاق رطوبت بر طبق مشخصات ۵۱۱ C می‌باشد.

۶- مصالح

۶-۱- شن مورد استفاده در این روش باید از نوع شن استاندارد درجه‌بندی شده بر طبق مشخصات ۷۷۸ C باشد.

۶-۲- گچ مورد استفاده در این روش که به سیمان اضافه می‌شود از نوع گچ طبیعی با درجه خلوص بسیار بالا می‌باشد. که باید ۱۰۰ درصد از الک ۱۵۰ میکرومتر (No. 100) حداقل ۹۴ درصد از الک ۷۵ میکرومتر (No. 200) و حداقل ۹۰ درصد از الک ۴۵ میکرومتر (No. 325) عبور نماید. درصد سیمان و گچ را که باید با هم مخلوط شوند تا نمونه‌ای با ۷ درصد SO_3 ایجاد نمایند. بر طبق محاسبات زیر تعیین نمایید:

$$\text{درصد سیمان} = \frac{(g - 7.0)}{(g - C)} \times 100$$

$$\text{درصد گچ} = \frac{(7.0 - C)}{(g - C)} \times 100$$

بطوریکه:

C = درصد SO_3 سیمان پرتلند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

g = درصد SO_3 گچ طبیعی

7.0 = درصد SO_3 مخلوط سیمان و گچ

۳-۶- اگر مقدار SO_3 در گچ معلوم نباشد باید طبق روش C ۴۷۱ مورد آزمایش قرار گیرد. مقدار SO_3 در گچ باید با تقریب ۱/۰ درصد تعیین گردد.

۷- تعداد و ابعاد نمونه‌های آزمایش

۱-۷- نمونه‌ها به ابعاد $\frac{1}{4} \times 1 \times 11$ اینچ (25 × 25 × 285 mm) می‌باشند. باید دو پیمانانه ملاط از هر سیمان تهیه کرد سپس از هر پیمانانه سه نمونه ساخت.

۲-۷- در آزمایشات عادی می‌توان از نمونه‌های $\frac{1}{4} \times 6$ اینچ (25 × 25 × 160 mm) استفاده کرد ولی چنانچه نمونه مورد سؤال واقع شده باشد نمونه با ابعاد بخش ۱-۷ ملاک عمل می‌باشد.

۸- تهیه قالب‌های نمونه

۱-۸- قالب‌ها بر طبق مشخصات C ۴۹۰ ساخته می‌شوند.

۹- نسبت، غلظت و مخلوط کردن ملاط

۱-۹- مقدار مصالح خشک که برای هر پیمانانه ملاط لازم است عبارتست از ۴۰۰ گرم مخلوط سیمان با گچ و ۱۱۰۰ گرم شن استاندارد درجه بندی شده. مقدار آب مخلوط برای سیمانهای پرتلند غیر هوازا ۱۹۴ میلی لیتر و برای سیمانهای پرتلند هوازا ۱۸۴ میلی لیتر می‌باشد.

۲-۹- ابتدا آب لازم را در کاسه بریزید بعد مقدار گچ لازم را که قبلاً محاسبه و وزن کرده‌اید به تنهایی به آب اضافه کنید و همزن را به مدت ۱۵ ثانیه روی دور کند روشن کنید بعد از مدت مذکور سیمان را اضافه کنید و طبق دستورالعمل C ۳۰۵ "برای مخلوط کردن ملاط" ادامه دهید.

۱۰- قالب‌گیری نمونه‌های آزمایش

۱-۱۰- پس از آزمایش فلو فوراً آنچه را از ملاط به دیوار کاسه چسبیده است بطرف پائین بتراشید و توسط همزن به مدت ۱۵ ثانیه با دور متوسط (10 ± 285 دور در دقیقه) آن را مجدداً مخلوط کنید. پره و کاسه را بیرون بیاورید و پره را در داخل کاسه تکان دهید تا ملاط چسبیده به آن جدا شود. قالب را در دو لایه پر سازید و به هر لایه توسط چکش مخصوص ضربه بزنید و گوشه‌های قالب و اطراف پیچ‌ها را از ملاط پر سازید تا یک نمونه یکنواخت (هموزن) بدست آید. پس از ضربه زدن به لایه دوم، توسط چند حرکت ماله سطح ملاط را با لبه قالب تراز و صاف نمائید.

۱۱- نگهداری نمونه‌های آزمایش

۱-۱۱- نگهداری اولیه - نمونه‌ها را در قالب به مدت ۲۲ تا ۲۳ ساعت و درجه حرارت $30^{\circ}F \pm 73/4$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

($23 \pm 1/7^{\circ}\text{C}$) عمل آورید سپس از قالب خارج سازید و علامت‌گذاری نمائید و حداقل ۳۰ دقیقه قبل از اندازه‌گیری طول اولیه، در آب $23 \pm 1/7^{\circ}\text{C}$ قرار دهید.

۲-۱۱ - نگهداری بعدی - بعد از آنکه نمونه‌ها از قالب خارج و اندازه‌گیری شدند آنها را در آب $23 + 1/7^{\circ}\text{C}$ بطور افقی نگهداری نمائید. نمونه‌ها باید در این آب حداقل ۶mm از یکدیگر فاصله داشته باشند به جز تکیه‌گاه‌شان. روی نمونه‌ها باید حداقل ۱۳mm آب قرار گیرد. نسبت حجم آب به حجم نمونه‌ها نباید از ۵ برابر تجاوز نماید. آب مخزن نگهداری نمونه‌ها را برای ۲۸ روز اول هر ۷ روز یکبار عوض نمائید و بعد از آن هر ۲۸ روز یکبار تجدید نمائید.

۱۲- اندازه‌گیری طول

۱-۱۲ - طول نمونه‌ها را بوسیله دستگاه مقایسه‌کننده طول اندازه‌گیری می‌نمائیم. نمونه‌ها را برای اندازه‌گیری، تک‌تک خارج سازید و توسط پارچه مرطوب خشک نمائید در ضمن دقت نمائید به آنها فشار غیرعادی نیاورید و با جایی برخورد نکنند.

۲-۱۲ - قرائت اولیه طول را 24 ± 15 ساعت از زمان تماس سیمان با آب انجام دهید قرائت بعدی را بعد از ۱۴ روز انجام نمائید.

یادآوری - چنانچه اطلاعات بیشتر در مورد نمونه بخواهید می‌توانید آن را پس از ۱۴ روز مجدداً به ظرف نگهداری برگردانید و در فواصل دیگر نیز اندازه‌گیری طول نمائید.

۱۳- محاسبه

۱-۱۳ - تفاوت طول نمونه را در ۲۴ ساعت و ۱۴ روز نسبت به طول موثر دستگاه با تقریب $0/001$ درصد محاسبه نمائید و آن را بعنوان انبساط نمونه در مدت مذکور گزارش نمائید. نمونه‌هاییکه بیش از ۱۴ روز باقی می‌مانند باید حداقل ۳ نمونه از هر دسته داشته باشند و اختلاف مجاز بین نمونه‌های هر دسته طبق جدول زیر است:

تعداد نمونه‌ها *	حداکثر اختلاف مجاز %
۳	۰/۰۱۰
۴	۰/۰۱۱
۵	۰/۰۱۲
۶	۰/۰۱۲

۱۴- گزارش

۱- ۱۴- معدل هر دسته از نمونه‌های مربوط به هم را با تقریب $0/001$ درصد گزارش نمائید.

۱۵- دقت

۱- ۱۵- انحراف استاندارد یک آزمایش‌کننده برای انبساط‌های بین $0/01$ تا $0/04$ درصد، $0/003$ درصد تشخیص داده شده است. بنابراین نتایج دو آزمایش که توسط یک آزمایش‌کننده بطور صحیح انجام شده باشد و مواد مصرفی نیز یکسان باشند نباید بیش از $0/009$ درصد از یکدیگر تفاوت داشته باشند.

۲- ۱۵- انحراف استاندارد چند آزمایشگاه برای انبساط‌های بین $0/01$ تا $0/04$ درصد، $0/005$ درصد تشخیص داده شده است. بنابراین نتایج دو آزمایش که بطور صحیح و با مواد یکسان در دو آزمایشگاه مختلف انجام شده باشد نباید بیش از $0/014$ درصد از یکدیگر اختلاف داشته باشند.

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

حدود استاندارد برای قابلیت انبساط ملاط سیمان پرتلند بر اساس C ۴۵۲

مشخصات	واحد	I	IA	II	IIA	III	IIIA	IV	V
--------	------	---	----	----	-----	-----	------	----	---

*انبساط سولفاتی ۱۴ روزه	درصد	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰۰۰	۰/۰۴
-------------------------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

* هنگامیکه انبساط سولفاتی مورد نظر است انبساط مذکور جانشین C_3A , $2C_3A$, C_4AF می شود.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: C ۴۶۹ - ۹۴

استاندارد روش آزمایش تعیین مدول الاستیسیته استاتیکی و نسبت پواسون بتن در آزمایش فشاری

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین (۱) مدول الاستیسیته، وتری (یانگ) و (۲) نسبت پواسون استوانه‌های بتن قالبگیری شده و مغزه‌های بتن گرفته شده با مته الماسی وقتی که تحت تنش فشاری طولی قرار می‌گیرند، کاربرد دارد. مدول الاستیسیته وتری و نسبت پواسون در اصطلاحات E_c تعریف شده‌اند.

۱-۲- مقادیر برحسب واحدهای اینچ - پوند استاندارد می‌باشند.

۱-۳- این استاندارد کلیه مسائل ایمنی مربوط به آن را در بر نمی‌گیرد. بر عهده استفاده‌کننده این استاندارد است. که دستورالعمل‌های ایمنی و سلامتی مربوط به آن را تهیه کرده و محدودیت‌های عملی آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C ۳۱	دستورالعمل ساخت و عمل‌آوری نمونه‌های آزمایشی بتن در کارگاه
C ۳۹	روش آزمایش تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن
C ۴۲	روش آزمایش برای تهیه و آزمایش مغزه‌های گرفته شده و تیرهای اره شده بتن
C ۱۷۴	روش آزمایش اندازه‌گیری طول مغزه‌های گرفته شده از بتن
C ۱۹۲	دستورالعمل ساخت و عمل‌آوری نمونه‌های آزمایشی بتن در آزمایشگاه
C ۶۱۷	دستورالعمل اندود کردن نمونه‌های استوانه‌ای بتن
E ۴	دستورالعمل بررسی بارگذاری دستگاههای آزمایش
E ۶	اصطلاحات در رابطه با روشهای آزمایش مکانیکی
E ۸۳	دستورالعمل بررسی و طبقه‌بندی کشش سنجها
E ۱۷۷	دستورالعمل استفاده از بیان دقت و انحراف روشهای آزمایش ASTM

۳- اهمیت و موارد کاربرد

۳-۱- این روش آزمایش مقدار نسبت تنش به کرنش و نسبت کرنش جانبی به محوری را برای بتن سخت شده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

در شرایط سنی و عمل آوری مورد نظر طراحی بدست می دهد.

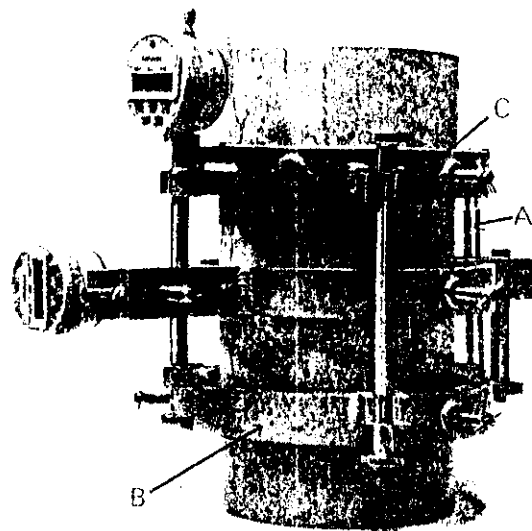
۳-۲- مقادیر مدول الاستیسیته و نسبت پواسون در محدوده های تنش معمولی قابل استفاده است. (۰ تا ۴۰ درصد مقاومت نهایی بتن) که ممکن است در اندازه اعضای سازه ای مسلح و غیر مسلح، مقدار تسلیح و محاسبه تنش برای خیزهای مشاهده شده استفاده شود.

۳-۳- در دیگر شرایط آزمایشی یکسان مقادیر مدول الاستیسیته بدست آمده معمولاً کمتر از مدولی است که تحت اعمال بارگذاری سریع بدست می آید (برای مثال سرعت های زلزله یا دینامیکی) و معمولاً بیشتر از مقادیری است که تحت اعمال بارگذاری کند یا مدت زمان آزمایش طولانی بدست می آید.

۴- وسایل

۴-۱- دستگاه آزمایش - هر نوع دستگاه آزمایشی که قادر به اعمال بار با سرعت و مقدار توصیف شده در بند ۶-۴ ممکن است استفاده شود. ماشین باید مطابق با شرایط دستورالعمل E_4 (بخش ماشینهای آزمایش از نوع CRT - انتقال سرعت ثابت) باشد. قطعات تکیه گاهی و سرکروی باید مطابق با بخش وسایل روش آزمایش C ۳۹ باشد.

۴-۲- فشردگی سنج - برای تعیین مدول الاستیسیته وسیله حساس مقید یا غیر مقید باید برای اندازه گیری تا دقت ۵ میلیونیم تغییر شکل میانگین که در دو خط گیج مخالف محیطی و موازی محور قرار گرفته اند و هر کدام در حدود ارتفاع میانی نمونه هم مرکز می باشند لازم است. طول مؤثر هر خط گیج نباید کمتر از سه برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی در بتن و نه بیشتر از دو سوم ارتفاع نمونه باشد، طول ترجیحی خط گیج، نصف ارتفاع نمونه می باشد. نقاط گیج ممکن است محصور شده یا سیمانته شده در نمونه باشد و تغییر شکل دو خط جداگانه قرائت می شود یا فشردگی سنجی با دو یوغ ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. (چنانچه در شکل ۱ نشان داده شده است). یکی از یوغها (قسمت B شکل ۱ را ملاحظه نمایید) بطور صلب به نمونه وصل می شود و دیگری (قسمت C شکل ۱ را ملاحظه نمایید) به دو نقطه مخالف محیطی بطوری که آزادانه چرخش نماید، وصل می شود. در یک نقطه از محیط یوغ گردنده، در نیمه راه بین دو نقطه تکیه گاهی یک میله اتکاء (قسمت A شکل ۱ را ملاحظه نمایید) باید برای نگهداری فاصله ثابت بین دو یوغ استفاده شود. در نقاط مخالف محیط یوغ گردنده، تغییر در فاصله بین یوغها (به عبارت دیگر، قرائت گیج) برابر با مجموع جابجایی ناشی از تغییر شکل نمونه و جابجایی ناشی از چرخش یوغ حول میله اتکاء می باشد. (شکل ۲ را ملاحظه نمایید).



شکل ۱ - فشردگی سنج مناسب

۱-۲-۴ - تغییر شکل ممکن است توسط یک گیج عقربه‌ای که مستقیماً یا با یک سیستم تقویتی اهرم، توسط یک گیج کرنش مفتولی یا یک تبدیل‌کننده با نمو متغیر خطی استفاده می‌شود اندازه‌گیری شود. اگر فاصله میله تکیه‌گاهی و گیج از صفحه قائم‌گذرنده از نقاط تکیه‌گاهی اهرم‌گردنده برابر است، تغییر شکل نمونه برابر با نصف قرائت گیج می‌باشد. اگر این فاصله برابر نمی‌باشد تغییر شکل به شرح زیر محاسبه می‌گردد:

$$d = g e_r / (e_r + e_g) \quad (1)$$

که در آن:

d = تغییر شکل کل نمونه در سرتاسر طول گیج مؤثر، بر حسب میکرو اینچ (میکرومتر)،

g = قرائت گیج، بر حسب میکرو اینچ (میکرومتر)،

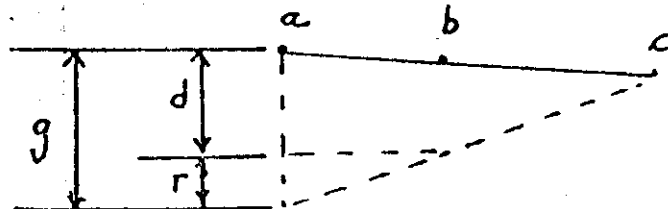
e_r = فاصله عمودی اندازه‌گیری شده بر حسب اینچ (میلیمتر) با دقت ۰/۱ اینچ (۰/۲۵۴ میلیمتر) از میله تکیه‌گاهی تا صفحه قائم‌گذرنده از دو نقطه تکیه‌گاهی اهرم‌گردنده،

e_g = فاصله عمودی اندازه‌گیری شده بر حسب اینچ (میلیمتر) با دقت ۰/۱ اینچ (۰/۲۵۴ میلیمتر) از گیج تا صفحه قائم‌گذرنده از دو نقطه تکیه‌گاهی اهرم‌گردنده.

روشهای کالیبراسیون وسایل اندازه‌گیری کرنش در دستورالعمل ۸۳ E آمده است.

توجه ۱ - اگرچه گیج‌های کرنش محصور شده روی نمونه‌های خشک مناسب هستند، اگر امکان نصب

دائمی روی نمونه‌هایی که تا زمان آزمایش مرطوب نگهداری می‌شوند، وجود نداشته باشد مشکل خواهد بود.



- d = displacement due to specimen deformation
- r = displacement due to rotation of the yoke about the pivot rod
- a = location of gage
- b = support point of the rotating yoke
- c = location of pivot rod
- g = gage reading

شکل ۲ - نمودار جابجائی‌ها

۴ - ۳ - بازشدگی سنج - اگر ضریب پواسون مدنظر باشد، کرنش جانبی باید تعیین شود، (۱) به وسیله بازشدگی سنج غیر مقید که قادر به اندازه‌گیری با دقت ۲۵ میکرواینچ (۰/۶۳۵ میکرومتر) تغییر قطر نمونه در میانی ارتفاع آن باشد یا (۲) با دو گیج کرنش مقید (توجه ۱) که در میانی ارتفاع نمونه و نقاط مخالف هم بطور قطری یا محیطی نصب شده‌اند و قادر به اندازه‌گیری کرنش محیطی با دقت ۵ میلیونیم می‌باشند. ترکیبی از دستگاه فشردگی سنج و بازشدگی سنج وسیله غیر مقید راحتی است. (شکل ۳). این دستگاه شامل یوغ یک سوم (مرکب از دو قسمت مساوی) که در نیمه راه بین دو یوغ دستگاه فشردگی سنج و متصل به نمونه در دو نقطه متقابل به طور قطری قرار می‌گیرد. نیمه راه بین این نقاط یک میله تکیه‌گاهی کوتاه (قسمت A' شکل ۳ را ملاحظه نمایید) مجاور میله تکیه‌گاهی بلند باید برای نگهداری فاصله ثابت بین اهرم میانی و پایینی استفاده شود. اهرم میانی باید به نقطه تکیه‌گاهی لولا شود تا اجازه چرخش به دو قسمت اهرم در صفحه افق داده شود. در نقطه مقابل روی محیط، دو قسمت باید از میان یک گیج عقربه‌ای یا دیگر وسیله حساس قادر به اندازه‌گیری تغییر شکل جانبی با دقت ۵۰ میکرواینچ (۱/۲۷ میکرومتر) بهم متصل شوند. اگر فاصله لولا و گیج از صفحه قائم گذرنده از نقاط تکیه‌گاهی در یوغ میانی برابر باشد، تغییر شکل عرضی قطر نمونه برابر با نصف قرائت گیج می‌باشد. اگر این فواصل برابر نباشد، تغییر شکل عرضی در قطر نمونه مطابق با معادله (۲) محاسبه می‌شود.

$$d' = g' e'h / (e'h + e'g) \quad (2)$$

که در آن:

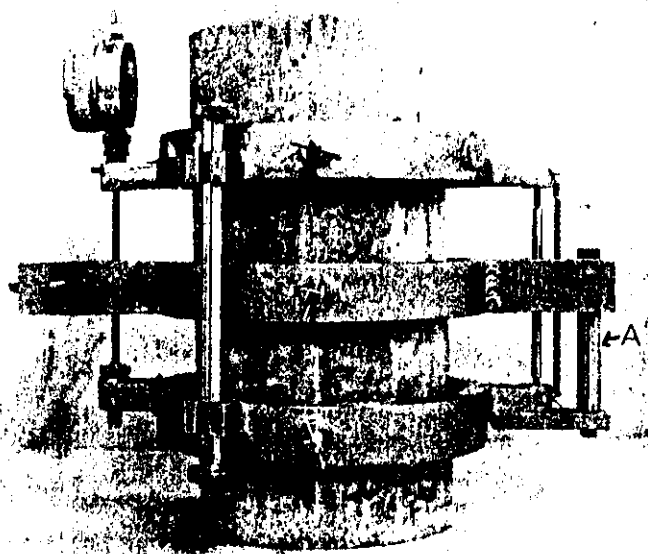
d' = تغییر شکل عرضی در قطر نمونه، برحسب میکرواینچ (میکرومتر)،

g' = قرائت گیج عرضی، برحسب میکرواینچ (میکرومتر)،

$e'h$ = فاصله عمودی اندازه‌گیری شده برحسب اینچ (میلیمتر) با دقت ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵۴ میلیمتر) از لولا تا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

صفحه قائم گذرنده از میان نقاط تکیه گاهی اهرم میانی، و
 $e'g =$ فاصله عمودی اندازه گیری شده بر حسب اینچ (میلیمتر) با دقت $0/01$ اینچ ($0/254$ میلیمتر) از گنج
تاصفحه قائم گذرنده از میان نقاط تکیه گاهی اهرم میانی



شکل (۳) - ترکیب فشردگی سنج و باز شدگی سنج مناسب

۴-۴ - ترازو یا قیان - با دقت $0/1$ پوند ($0/045$ کیلوگرم) در صورتی که نیاز باشد.

۵ - نمونه های آزمایشی

۵-۱ - نمونه های استوانه ای قالبگیری شده - استوانه های آزمایش باید مطابق با شرایط نمونه های
آزمایش فشاری در دستورالعمل C 192 یا دستورالعمل C 31 قالبگیری شوند. نمونه ها باید تحت شرایط
عمل آوری مشخص شده قرار گیرند و در سنی که اطلاعات الاستیسیته مدنظر است، آزمایش شوند. نمونه ها باید
در حدود یک ساعت بعد از خارج شدن از اطاق نگهداری یا عمل آوری آزمایش شوند. نمونه هایی که از اطاق
رطوبت برای آزمایش برداشته می شوند باید با یک پوشش پارچه ای تر در فاصله زمانی برداشتن و آزمایش
نگهداری شوند.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۲- نمونه‌های مغزه‌گیری شده - نمونه‌ها باید رعایت شرایط حفاری و اعمال شرایط رطوبتی برای تعیین متناومت فشاری نمونه‌ها در روش آزمایش C ۴۲ برای آنها شده باشد، مگر اینکه فقط مغزه‌های گرفته شده با مته الماسی که نسبت طول به قطر بزرگتر از ۱/۵ دارند، استفاده شود. شرایط نسبی برای ذخیره و شرایط محاصره فوراً قبل از آزمایش همان است که برای نمونه‌های استوانه‌ای قالبگیری شده می‌باشد.

۵-۳- انتهای نمونه‌های آزمایشی باید عمود بر محور ($\pm 0/5$ درجه) و صفحه‌ای (در حدود $0/002$ اینچ) باشد. اگر نمونه‌ای که قالبگیری می‌شود شرایط صفحه‌ای بودن را ندارد، باید با اندود کردن مطابق با دستورالعمل C ۶۱۷ یا با صافکاری یا با سایش، صفحه‌ای بودن آن انجام شود. کنده شدن مصالح سنگی که در انتهای نمونه رخ می‌دهد، در صورتی که سطح کل کنده‌شدن‌ها از ده درصد سطح نمونه تجاوز ننماید، ممکن است مرمت شود و مرمت کردن قبل از اندود کردن یا سایش انجام می‌شود. (توجه ۲) صفحه‌ای بودن با رواداری $0/002$ اینچ ($0/05$ میلیمتر) که توسط گیج حساسی که بین سطح نمونه و لبه مستقیم که در مقابل سطح جهت قرائت نگهداشته شده، در نظر گرفته می‌شود.

توجه ۲- مرمت کردن ممکن است با اپوکسی کردن مصالح سنگی بیرون زده جهت برگرداندن به محل خود یا با پرکردن فضای خالی با مواد اندود و اجازه زمان کافی تا سخت شدن انجام شود.

۵-۴- قطر نمونه آزمایشی توسط کولیس با دقت $0/01$ اینچ ($0/25$ میلیمتر) و با متوسط‌گیری دو قطر اندازه‌گیری شده در زوایای قائم با یکدیگر در مرکز طول نمونه اندازه‌گیری می‌شود. قطر میانگین در محاسبه سطح مقطع عرضی باید استفاده شود. طول نمونه قالبگیری شده، شامل اندود، باید اندازه‌گیری شود و با دقت $0/1$ اینچ ($2/54$ میلیمتر) گزارش شود. طول نمونه مغزه‌گیری شده باید مطابق با روش آزمایش C ۱۷۴ اندازه‌گیری شود. طول شامل اندود باید با دقت $0/1$ اینچ گزارش شود.

۶- روش آزمایش

۶-۱- تا حد امکان درجه حرارت و رطوبت محیط را در طول مدت آزمایش ثابت نگهدارید. هر تغییر غیر معمول در دما یا رطوبت را در گزارش ثبت کنید.

۶-۲- نمونه‌های قرینه را برای تعیین مقاومت فشاری مطابق با روش آزمایش C ۳۹ قبل از آزمایش برای تعیین مدول الاستیسیته استفاده کنید.

۶-۳- نمونه را با تجهیزات اندازه‌گیری کرنش نصب شده روی صفحه پایینی یا بلوک تکیه‌گاهی ماشین آزمایش قرار دهید. بدقت محور نمونه را با مرکز نشیمنگاه کروی بالای بلوک تکیه‌گاهی علامتگذاری کنید. به قرائت نشان‌دهنده کرنش توجه کنید. همچنانکه نشیمنگاه کروی به آهستگی جهت تکیه به بالای نمونه پائین آورده می‌شود قسمت متحرک بلوک را به آرامی توسط دست بچرخانید به طوری که جای‌گیری یکنواختی حاصل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شود.

۴-۶- نمونه را حداقل دوبار بارگذاری کنید. هیچگونه اطلاعاتی در ضمن اولیه مرحله بارگذاری ثبت نکنید. محاسبات اصلی روی نتایج میانگین بارگذاری‌های متوالی انجام می‌شود. حداقل دو بارگذاری متوالی پیشنهاد می‌شود، به طوری که به قابلیت تکرار آزمایش توجه شود. در ضمن اولین مرحله بارگذاری، که جای‌گیری اولیه گیج‌ها می‌باشد، عملکرد گیج‌ها را مشاهده نمایید (توجه ۳) و هر رفتار غیر عادی را قبل از دومین مرحله بارگذاری تصحیح نمایید. هر سری قرائتها را بشرح زیر بدست آورید: بار را بطور پیوسته و بدون لرزش اعمال نمایید. ماشینهای آزمایش از نوع پیچی که سر متحرک آن با سرعت حدود ۰/۰۵ اینچ (۱/۲۵ میلیمتر) در دقیقه زمانی که ماشین بیهوده روشن است، حرکت می‌کند. در ماشینهایی که به صورت هیدرولیکی عمل می‌کنند، بار را با سرعت ثابت در حدود 5 ± 35 پوند بر اینچ مربع (34 ± 241 کیلوپاسکال) برثابته اعمال نمایید. بدون انقطاع بارگذاری، بار اعمال شده و کرنش طولی در نقطه (۱) وقتی که کرنش طولی ۵۰ میلیونیم و (۲) وقتی که بار اعمالی ۴۰ درصد بار نهائی است (بند ۶-۵) یادداشت نمایید. کرنش طولی به عنوان تغییر شکل طولی کل تقسیم بر طول مؤثر گیج تعریف می‌شود. اگر نسبت بواسون باید تعیین شود، کرنش جانبی در همان نقاط باید یادداشت شود. اگر منحنی تنش - کرنش مدنظر است قرائت‌هایی در دو نقطه یا نقاط میانی بیشتری بدون انقطاع بارگذاری انجام دهید یا وسیله‌ای که به طور پیوسته ثبت می‌نماید، استفاده نمایید. بلافاصله پس از رسیدن به حداکثر بار، جزاینکه بارگذاری نهایی، بار را تا رسیدن به صفر با همان سرعت اعمال شده کاهش دهید. اگر مشاهده‌کننده در انجام قرائت کامل مرحله بارگذاری و سپس بارگذاری مجدد آن قصور نماید، مرحله اضافی را در گزارش یادداشت نمایید.

توجه ۳- اگر گیج عقربه‌ای برای اندازه‌گیری تغییر شکل طولی استفاده می‌شود، راحت‌تر است که گیج را قبل از هر بارگذاری جا دهید طوری که نشاندهنده در کرنش طولی ۵۰ میلیونیم از نقطه صفر بگذرد.

۵-۶- مدول الاستیسیته و مقاومت در همان بارگذاری که گیج‌ها رها شونده، متحرک یا به طور کامل محافظت شده بطوری که بدون شرایط برای بارگذاری پیوسته در روش آزمایش C ۳۹ کامل شوند، حاصل گردد. در چنین حالتی چندین قرائت ثبت کنید و مقدار کرنش در ۴۰ درصد بار نهایی را با درون‌یابی (انترپوله) تعیین نمایید.

۶-۶- اگر قرائتهای میانی انجام می‌شود نتایج هر سه آزمایش را رسم نمایید، بطوری که کرنش طولی روی محور طولی و تنش فشاری روی محور عرضی باشد. تنش فشاری را با تقسیم کردن خروجی بار ماشین آزمایش بر سطح مقطع عرضی تعیین شده مطابق با بند ۵-۴ محاسبه نمایید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷- محاسبات

۷-۱- مدول الاستیسیته را با دقت ۵۰۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۳۴۴/۷۴ مگاپاسکال) به شرح زیر محاسبه نمایید:

$$E = (S_2 - S_1) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

که در آن:

E = مدول الاستیسیته و تری، بر حسب پوند بر اینچ مربع،

S_2 = تنش متناظر با ۴۰ درصد بار نهایی.

S_1 = تنش متناظر با کرنش طولی، ϵ_1 ، برابر با ۵۰ میلیونیم، بر حسب پوند بر اینچ مربع، و

ϵ_2 = کرنش طولی بوجود آمده توسط تنش S_2 .

۷-۲- نسبت پواسون را با دقت ۰/۰۱ به شرح زیر محاسبه نمایید:

$$\mu = (\epsilon_{12} - \epsilon_{11}) / (\epsilon_2 - 0.000050)$$

که در آن:

μ = نسبت پواسون،

ϵ_{12} = کرنش جانبی در نیمه ارتفاع نمونه که در اثر تنش S_2 بوجود می آید، و

ϵ_{11} = کرنش جانبی در نیمه ارتفاع نمونه که در اثر تنش S_1 بوجود می آید.

۸- گزارش

۸-۱- اطلاعات زیر را گزارش نمایید:

۸-۱-۱- تعداد نمونه‌ها،

۸-۱-۲- ابعاد نمونه، بر حسب اینچ (یا میلیمتر)،

۸-۱-۳- تاریخچه محیطی و عمل آوری نمونه،

۸-۱-۴- سن نمونه،

۸-۱-۵- مقاومت بتن، اگر تعیین شود،

۸-۱-۶- وزن مخصوص بتن، اگر تعیین شود،

۸-۱-۷- منحنی‌های تنش - کرنش، اگر رسم شود،

۸-۱-۸- مدول الاستیسیته و تری، و

۸-۱-۹- نسبت پواسون، اگر تعیین شود.

۹- دقت و انحراف

۹-۱- دقت - دقت چند مرحله‌ای ماشین آزمایش با آزمایش کننده تکی حداکثر $\pm 4/25$ درصد است، که در دستورالعمل E 177 تعریف شده است، که در حدود محدوده از $2/5 \times 10^6$ تا 4×10^6 پوند بر اینچ مربع ($17/3 \times 10^9$ تا $27/6 \times 10^9$ پاسکال) می باشد، بنابراین نتایج آزمایشات استوانه‌های دوتائی از مراحل ساخت مختلف نباید بیش از ۵ درصد از میانگین دو آزمایش فاصله بگیرد.

۹-۲- انحراف - این روش آزمایش هیچگونه انحرافی ندارد زیرا که مقادیر تعیین شده می تواند فقط برحسب اصطلاحات روش آزمایش تعریف شوند.

ASTM: C۲۹۴-۹۲

مشخصه استاندارد مربوط به افزودنیهای شیمیایی به بتن

۱- هدف

۱-۱- این مشخصه، مواد برای استفاده بعنوان، افزودنی شیمیایی را در بر می گیرد تا بمنظور یا منظورهای اشاره شده برای هفت نوع بشرح ذیل به مخلوطهای بتن سیمان پرتلند در محل اضافه می شود.

۱-۱-۱- نوع A- افزودنی های کاهش دهنده آب

۱-۱-۲- نوع B- افزودنی های کندگیر کننده

۱-۱-۳- نوع C- افزودنی های تسریع کننده

۱-۱-۴- نوع D- افزودنی های کندگیر کننده و کاهش دهنده آب

۱-۱-۵- نوع E- افزودنی های تسریع کننده و کاهش دهنده آب

۱-۱-۶- نوع F- افزودنی های حدود بالا، کاهش دهنده آب

۱-۱-۷- نوع G- افزودنی های حدود بالا، کندگیر کننده و کاهش دهنده آب

۲-۱- این مشخصه آزمایشهای افزودنی با مواد بتنی مناسب، همانطوری که در بندهای ۱-۱۱ تا ۳-۱۱ توصیف شده یا با سیمان، پوزولان، مصالح سنگی و افزودنی هوازای پیشنهاد شده برای کار ویژه و بند ۴-۱۱ را تصریح می کند. آزمایشها باید همانطوری که در بندهای ۱-۱۱ تا ۳-۱۱ شرح داده شده انجام شود، مگر اینکه غیر از آن توسط مشتری مشخص گردد.

توجه ۱- توصیه می گردد که در صورت امکان با استفاده از سیمان، پوزولان، مصالح سنگی، افزودنی هوازا، و توالی پیمانه بندی، نسبت های مخلوط و سایر شرایط فیزیکی پیشنهاد شده برای کار ویژه بند ۴-۱۱ آزمایشها انجام شود زیرا اثرات ویژه ایجاد شده توسط افزودنی های شیمیایی ممکن است با خواص و نسبت های سایر اجزاء بتن تغییر کند. برای نمونه، افزودنی های نوع F و G در مخلوط های بتنی دارای فاکتورهای سیمان بالاتر از فهرست بند ۱-۱۲ تا ۱-۱۱، ممکن است کاهش آب خیلی بیشتری را باعث شود. مخلوط های دارای حدود بالای کاهش آب بطور کلی سرعت بالاتری از افت اسلامپ را آشکار می سازد. موقعی که افزودنی های حدود بالا مورد استفاده قرار می گیرد تا کار آئی افزوده شده ای را آشکار سازد (اسلامپ ۶ تا ۸ اینچ)، اثر ممکن است در مدت محدودی باشد و بستگی به عوامل موثر در سرعت افت اسلامپ در ۳۰ تا ۶۰ دقیقه تا به اسلامپ اصلی برگردد. استفاده از افزودنی های شیمیایی ایجاد اسلامپ بالا (در حال جاری بودن) بتن با مشخصات C_{۱۰۷} تامین می گردد.

توجه ۲- خریدار باید مراقبت کند که افزودنی تهیه شده برای استفاده در کار در ترکیب با افزودنی مورد آزمایش تحت این مشخصات (بخش ۶ یکنواختی و تعادل را نگاه کنید) مشابه باشد.

توجه ۳- افزودنی هائی که محتوی مقادیر نسبتاً زیادی کلرید هستند ممکن است خوردگی فولاد پیش تنیده را تسریع کند. مطابق با مقررات این مشخصات یا افزودنی، برای استفاده در بتن پیش تنیده اطمینان قابل قبولی برقرار نمی‌کند.

۱-۳-۱- این مشخصه برای سه سطح آزمایش پیش بینی هائی دارد:

۱-۳-۱-۱- سطح ۱- در اثنای مرحله تصویب ابتدائی، نشانه رعایت مقررات اجرایی تعیین شده در جدول ۱ ثابت می‌کند. که افزودنی مقررات این مشخصه را برآورده می‌سازد. آزمایشات یکنواختی و تعادل بخش ۶ باید برای فراهم نمودن نتایج برحسب مقایسه‌های بعدی که می‌تواند باشد، انجام گیرد.

۱-۳-۱-۲- سطح ۲- ممکن است توسط خریدار آزمایش مجدد بشرح بندهای ۵-۲-۵، ۱-۲-۵ و ۲-۲-۵ در فواصل درخواست شود. نشانه مطابقت با مقررات جدول ۱ انطباق ممتاز افزودنی با مقررات مشخصات را نشان می‌دهد. ۱-۳-۱-۳- سطح ۳- برای قبول قطعه‌ای یا برای اندازه‌گیری یکنواختی قطعات داخل یا مابین، هنگامی که توسط خریدار مشخص می‌شود، آزمایشهای یکنواختی و تعادل بخش ۶ باید مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۴-۱- پیش بینی احتیاطی بشرح زیر فقط به قسمت روش آزمایش، بخشهای ۱۱ تا ۱۸ این مشخصه مربوط می‌شود. این استاندارد تمام موارد ایمنی، مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند، استفاده کننده از این استاندارد مسئولیت دارد تا اصول ایمنی و صحت را رعایت کند و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۱-۵-۱- مقادیر بیان شده برحسب واحدهای اینچ - پوند بعنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شود.

۲- منابع

۱-۲- استانداردهای ASTM:

C _{۳۳}	مشخصات مربوط به مصالح بتن
C _{۳۹}	روش آزمایش مربوط به مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای بتن
C _{۷۸}	روش آزمایش مربوط به مقاومت خمشی بتن (با استفاده از تیر ساده با بارگذاری نقطه یک سوم)
C _{۱۳۶}	روش آزمایش مربوط به آزمایش دانه‌بندی مصالح ریز و درشت
C _{۱۳۸}	روش آزمایش مربوط به وزن مخصوص، تسلیم، و مقدار هوای (وزنی) بتن.
C _{۱۴۳}	روش آزمایش مربوط به اسلامپ بتن سیمان هیدرولیک
C _{۱۵۰}	مشخصات مربوط به سیمان پرتلند
C _{۱۵۷}	روش آزمایش مربوط به تغییر طول ملات سیمان - هیدرولیک سخت شده یا بتن.
C _{۱۸۳}	دستورالعمل مربوط به نمونه‌گیری و مقدار مورد آزمایش سیمان هیدرولیک.
C _{۱۹۲}	دستورالعمل مربوط به ساختن و عمل آوردن نمونه‌های آزمایش بتن در آزمایشگاه
C _{۲۳۱}	روش آزمایش مربوط به مقدار هوای مخلوط تازه بتن با روش فشار.
C _{۲۶۰}	مشخصات مربوط به افزودنی‌های هوازا برای بتن.
C _{۴۰۳}	روش آزمایش مربوط به زمان گیرش مخلوط‌های بتن با مقاومت نفوذ
C _{۶۶۶}	روش آزمایش مربوط به مقاومت بتن در مقابل سرما و گرمای سریع
C _{۱۰۱۷}	مشخصات مربوط به افزودنی‌های شیمیایی برای استفاده در تولید بتن روان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

C₇₅ دستورالعمل مربوط به نمونه گیری مصالح سنگی
 C₁₁₉₃ مشخصات مربوط به آب معرف
 E₁₀₀ مشخصات مربوط به هیدرومتری های ASTM
 کتاب دستی آزمایش مصالح سنگی و بتن
 ۲/۲ استاندارد انجمن بتن آمریکا
 ۲۱۱-۱-۷۷ ACL دستورالعمل مربوط به انتخاب نسبت های بتن
 جدول ۱ - مقررات فیزیکی

	Type A, Water Reducing	Type B, Retarding	Type C, Acceler- ating	Type D, Water Reducing and Retarding	Type E, Water Reducing and Accelerating	Type F, Water Reducing, High Range	Type G, Water Reducing, High Range and Retarding
Water content, max, % of control.	95	...	...	95	95	88	88
Time of setting, allowable deviation from control, min:							
Initial: at least	...	1:00 later	1:00 earlier	1:00 later	1:00 earlier	...	1:00 later
not more than	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later	3:30 earlier	3:30 later	3:30 earlier	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later
Final: at least	...	...	1:00 earlier	...	1:00 earlier	...	...
not more than	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later	...	3:30 later	...	1:00 earlier nor 1:30 later	3:30 later
Compressive strength, min, % of control: ^a							
1 day	...	...	...	...	...	140	125
3 days	110	90	125	110	125	125	125
7 days	110	90	100	110	110	115	115
28 days	110	90	100	110	110	110	110
6 months	100	90	90	100	100	100	100
1 year	100	90	90	100	100	100	100
Flexural strength, min, % control: ^b							
3 days	100	90	110	100	110	110	110
7 days	100	90	100	100	100	100	100
28 days	100	90	90	100	100	100	100
Length change, max shrinkage (alternative requirements): ^c							
Percent of control	135	135	135	135	135	135	135
Increase over control	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Relative durability factor, min: ^d	80	80	80	80	80	80	80

^a The values in the table include allowance for normal variation in test results. The object of the 90 % compressive strength requirement for a Type-B admixture is to require a level of performance comparable to that of the reference concrete.

^b The compressive and flexural strength of the concrete containing the admixture under test at any test age shall be not less than 90 % of that attained at any previous test age. The objective of this limit is to require that the compressive or flexural strength of the concrete containing the admixture under test shall not decrease with age.

^c Alternative requirements, see 17.1.4, % of control limit applies when length change of control is 0.030 % or greater, increase over control limit applies when length change of control is less than 0.030 %.

^d This requirement is applicable only when the admixture is to be used in air-entrained concrete which may be exposed to freezing and thawing while wet.

۳- اصطلاحات

۳-۱- تعاریف:

۳-۱-۱- افزودنی تسریع کننده - افزودنی که تعمیم مقاومت پیش رس و گیرش بتن را تسریع می کند.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

- ۳-۱-۲- افزودنی کندگیرکننده - افزودنی که گیرش بتن را کند می‌کند.
- ۳-۱-۳- افزودنی کاهش دهنده آب - افزودنی که مقدار آب مخلوط مورد نیاز تهیه بتن را کاهش می‌دهد تا بتن با قوام ارائه شده‌ای را تولید نماید.
- ۳-۱-۴- افزودنی کاهش دهنده آب، حدود بالا - افزودنی که مقدار آب مخلوط مورد نیاز را کاهش می‌دهد تا بتن با قوام ارائه شده‌ای تا ۱۲ درصد یا بیشتر تولید نماید.
- ۳-۱-۵- افزودنی تسریع کننده و کاهش دهنده آب - افزودنی که مقدار آب مخلوط مورد نیاز را کاهش می‌دهد تا بتن با قوام ارائه شده‌ای تولید نماید و تعمیم مقاومت پیش رس و گیرش بتن را شتاب بخشد.
- ۳-۱-۶- افزودنی‌های کاهش دهنده آب و کندگیرکننده - افزودنی که مقدار آب مخلوط مورد نیاز را کاهش می‌دهد تا بتن با قوام ارائه شده‌ای را تولید نماید و گیرش بتن را کاهش دهد.
- ۳-۱-۷- افزودنی حد بالای کاهش دهنده آب و کندگیرکننده - افزودنی که مقدار آب مخلوط مورد نیاز را کاهش می‌دهد تا بتن با قوام ارائه شده‌ای تا ۱۲٪ یا بیشتر تولید نماید و گیرش بتن را کاهش دهد.

۴- اطلاعات سفارش دهنده

- ۴-۱- خریدار باید نوع افزودنی مورد نظر را مشخص نماید.

۵- مقررات کلی

- ۵-۱- برای آجابت مقدماتی با این مشخصات، بتن آزمایشی که در آن هر یک از افزودنی نشان داده شده در بند ۱-۱ مورد استفاده قرار می‌گیرد باید با مقررات شرح داده شده در جدول ۱ مطابقت نماید.
- ۵-۲- خریدار ممکن است آزمایش مجدد محدود شده‌ای را نیاز داشته باشد تا قبول افزودنی را با مقررات مشخصات تطبیق نماید. آزمایش مجدد محدود شده باید در برگیرنده خواص فیزیکی و عملکرد افزودنی باشد.
- ۵-۲-۱- آزمایش مجدد خواص فیزیکی باید شامل آزمایشهای یکنواختی و تعادل مربوط به تجزیه مادون قرمز، باقیمانده با خشک کردن در گرمخانه و چگالی ویژه باشد.
- ۵-۲-۲- آزمایش مجدد خاصیت اجرایی باید شامل مقدار آب بتن تازه، زمان گیرش، مقاومت فشاری در ۳، ۷ و ۲۸ روز باشد.
- ۴- توجه آزمایشهای اجرایی اضافی رایج در این استاندارد ممکن است توسط استفاده کننده‌های دارای مقررات ویژه مورد نیاز باشد.
- ۵-۳- بنا بدرخواست خریدار، سازنده باید کتبی توضیح دهد که افزودنی تهیه شده برای استفاده در کار در تمام نسبت‌های اساسی بانضمام تغلیظ، نسبت به افزودنی مورد آزمایش تحت این مشخصات عملی می‌باشد.
- ۵-۴- بنا بدرخواست خریدار، هنگامی که افزودنی قرار است در بتن پیش تنیده مورد استفاده قرار گیرد، سازنده باید کتبی مقدار کلرید افزودنی و آیا کلرید در اثنای ساختن اضافه شده یا نه را توضیح دهد.
- ۵-۵- آزمایشهای مربوط به یکنواختی و تعادل، همانطوری که در بخش ۶ اشاره شده باید روی نمونه اولیه انجام دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شود و برای مراجعه و مقایسه با نتایج آزمایشهای نمونه‌های اخذ شده از هر جای داخل قطعه یا قطعات بعدی افزودنی تهیه شده برای استفاده در کار، نتایج باقی می‌ماند.

۶- یکنواختی و تعادل

۶-۱- هنگامی که بوسیله خریدار مشخص می‌شود، یکنواختی قطعه‌ای یا تعادل قطعات مختلف از همان منبع باید با استفاده از مقررات زیر برقرار شود.

۶-۱-۱- تجزیه مادون قرمز - طیف جذبی نمونه اصلی و نمونه آزمایشی مطابق با مشخصه بند ۱۸ - ۱ بدست آمده باید بطور اساسی مشابه باشد.

توجه ۵- سایر روش‌های تجزیه مادون قرمز ممکن است مطابق با موافقت بین خریدار و تهیه‌کننده اعمال شود.

۶-۱-۲- باقیمانده با خشک کردن در گرمخانه (افزودنی‌های مایع) - هنگامی که مطابق با آنچه در بند ۱۸ - ۲ مشخص شده، خشک شود، باقیمانده‌های خشک شده در گرمخانه از نمونه اصلی و نمونه‌های بعدی نباید داخل حدود تغییراتی بیش از ۵ درصد نقاط باشد.

۶-۱-۳- باقیمانده با خشک کردن در گرمخانه (افزودنی‌های غیرمایع) - هنگامی که مطابق با آنچه در بند ۱۸ - ۳ مشخص شده، خشک شود، باقیمانده‌های خشک شده در گرمخانه از نمونه اصلی و نمونه‌های بعدی نباید داخل حدود تغییراتی بیش از ۴ درصد نقاط باشد.

۶-۱-۴- چگالی ویژه (افزودنی‌های مایع) - موقعی که مانند آنچه در بند ۱۸ - ۴ مشخص شده، آزمایش شود، چگالی ویژه نمونه‌های آزمایش بعدی نباید از چگالی ویژه نمونه اصلی بیش از ۱۰٪ اختلاف بین چگالی ویژه نمونه اصلی و چگالی آب معرف در همان دما فرق نماید. آب معرف مطابق با مشخصات نوع IV یا III یا D_{۱۱۹۳} می‌باشد و با تعویض یون تقطیر، خاصیت نفوذ برگشتی، الکتروود یا لیز بدست می‌آید، یا ترکیبی از این روشها مناسب می‌باشد.

۶-۲- در بعضی از موارد، ماهیت افزودنی یا قابلیت تحلیل خریدار ممکن است بعضی یا همه این روشها را نامناسب سازد. در چنین مواردی، سایر مقررات مربوط به یکنواختی و تعادل از قطعه تا قطعه یا داخل قطعه‌ای ممکن است یا توافق بین خریدار و سازنده برقرار گردد.

۷- بسته بندی و علامت گذاری

۷-۱- هنگامی که افزودنی به بسته‌ها یا ظروف منتقل می‌شود، نام اختصاصی افزودنی، نوع تحت این مشخصات، حجم یا وزن خالص باید بطور واضح روی آن علامت گذاری شود. اطلاعات مشابه باید در آگهی‌های بار همراه با محموله‌های بسته‌بندی شده یا حجیم، افزودنی‌ها تدارک گردد.

۸- ذخیره‌سازی

۸-۱- افزودنی باید طوری، در ساختمان ایزوله مناسبی، انبار گردد تا افزودنی را از رطوبت و یخ زدگی محافظت نماید و برای بازرسی و شناسائی بموقع هر محموله آسانی امکان دسترسی باشد.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

۹- نمونه‌گیری و بازرسی

۹-۱- هر وسیله تسهیلی برای نمونه‌گیری یا بازرسی دقیق خریدار، نظر باینکه امکان دارد توسط خریدار تصریح گردد، باید در مرحله ساخت یا در محل کار پیش بینی گردد.

۹-۲- همچنانکه با این مشخصات تصریح یا خواسته شده، نمونه‌ها باید با اتفاقی یا مرکب باشد. نمونه اتفاقی در عملیاتی ساده بدست می‌آید. نمونه مرکب با ترکیب کردن سه یا بیشتر نمونه‌های اتفاقی بدست می‌آید.

۹-۳- برای اهداف این مشخصات، تصدیق می‌گردد که نمونه‌ها برای دو دلیل اخذ خواهد شد.

۹-۳-۱- آزمایشهای کیفی - نمونه اخذ شده بمنظور ارزیابی کیفیت منبعی یا قطعه افزودنی نیاز خواهد داشت تا تمام مقررات عملی این مشخصات را دارا باشد. نمونه‌های مورد استفاده در تعیین تطبیق با مقررات این مشخصات باید مخلوطی از نمونه‌های اتفاقی اخذ شده از نقاط کافی باشد تا مطمئن سازد نمونه مخلوط معرف قطعه خواهد بود.

۹-۳-۲- آزمایشهای یکنواختی و تعادل - در صورتی که توسط خریدار تصریح گردد، نمونه اخذ شده‌ای بمنظور ارزیابی قطعه واحدی یا تعادل بخش‌های مختلف از یک منبع، همانظوری که در بخش ۹ مشخص شده است، باید مورد آزمایش قرار گیرد. هنگامی که بخش‌های مختلف از همان منبع مورد مقایسه قرار می‌گیرد، این چنین نمونه‌ها باید نمونه‌های مخلوط از بخش‌های خاص باشد. هنگامی که یکنواختی بخش واحدی تعیین می‌گردد، نمونه‌های اتفاقی باید مورد استفاده قرار گیرد.

۹-۴- افزودنی‌های مایع: افزودنی‌های مایع باید بیدرتنگ قبل از نمونه‌گیری بطور کامل بهم زده شود. نمونه‌های اتفاقی اخذ شده برای آزمایشهای کیفی یا یکنواختی باید معرف محموله‌ای واحد یا قطعه تولیدی تک باشد. هر نمونه اتفاقی باید دارای حجمی دست کم $1Pt (0.5L)$ باشد. حاقل سه نمونه اتفاقی باید برداشته شود. نمونه‌های مخلوط باید با مخلوط کردن کامل نمونه‌های اتفاقی، انتخاب شده، تهیه شود و برای آزمایشهای کیفی حداقل $1gol (4L)$ از اختلاط حاصل نمونه‌گیری می‌شود. نمونه‌های اتفاقی باید از مکان‌های متفاوت برداشته شود تا کیفیت خوبی در سراسر نمونه توزیع شود.

۹-۴-۴- افزودنی‌های در تانکهای ذخیره بزرگ باید بطور مساوی از سطوح بالا، میانه، و پائین بوسیله شیرهای زهکش در اطراف تانک‌ها یا بطری نمونه‌گیری توزین شده مجهز به سر بطری که بعد از اینکه بطری تا عمق مورد نظر پائین رفت نمونه‌گیری گردد.

۹-۴-۲- نمونه‌ها در ظروف عایق از هوا، آب که در اصابت با افزودنی مقاوم باشد باید بسته‌بندی گردد.

۹-۵- افزودنی‌های غیرمایع - نمونه‌های اتفاقی برداشته شده برای آزمایشهای کیفی یا یکنواختی نباید معرف بیش از ۲ تن (۲ متریک) افزودنی باشد و باید دست کم بوزن ۲ پوند $(1Kg)$ باشد. حداقل ۴ نمونه اتفاقی باید برداشته شود. نمونه‌های مخلوط باید با اختلاط کامل نمونه‌های اتفاقی، انتخاب شده، تهیه گردد و در تهیه نمونه مخلوط دست کم ۵ پوند $(2/3Kg)$ ، از اختلاط حاصل، نمونه‌گیری می‌شود. نمونه‌های اتفاقی باید از مکان‌های متفاوت برداشته شود تا کیفیت خوبی در سراسر نمونه توزیع گردد.

۹-۵-۱- نمونه‌های افزودنی‌های بسته‌بندی شده همانظوری که در دستورالعمل C_{183} شرح داده شده است باید بوسیله نمونه‌گیر لوله‌ای تهیه گردد.

۹-۵-۲- نمونه‌ها باید در ظروف عایق از هوا و رطوبت بسته‌بندی شوند.
۹-۶- نمونه‌ها باید قبل از آزمایش با اطمینان از یکنواختی بطور کامل مخلوط شوند. در صورتی که توسط سازنده توصیه گردد، تمامی نمونه افزودنی غیر مایع باید قبل از آزمایش در آب حل شود.

۱۰- غیر قابل پذیرش

- ۱-۱۰- با آزمایش برآورد مقدماتی، چنانچه افزودنی هیچ کدام از مقررات قابل اجرای مربوط به این مشخصات را رعایت نکند، ممکن است پذیرفته نشود.
- ۲-۱۰- با آزمایش مجدد محدود شده، چنانچه افزودنی هیچ کدام از مقررات بخش تعادل و یکنواختی و از قسمت‌های قابل اجرای جدول ۱ را رعایت نکند ممکن است پذیرفته نشود.
- ۳-۱۰- افزودنی انبار شده در محل ساخت در مدت ۶ ماه قبل از حمل، یا افزودنی در انبار محل در دست فروشنده در مدت بیش از ۶ ماه، بعد از تکمیل آزمایشها، ممکن است قبل از استفاده مورد آزمایش مجدد قرار گیرد و چنانچه با هیچ کدام از مقررات قابل اجراء این مشخصات مطابقت ننماید ممکن است پذیرفته نشود.
- ۴-۱۰- بسته‌ها یا ظروف دارای اختلاف بیش از ۵٪ از وزن یا حجم مشخص شده، ممکن است پذیرفته نشود. اگر وزن یا حجم متوسط ۵۰ بسته، که بطور اتفاقی برداشته شده، کمتر از مقدار مشخص شده باشد، تمامی محموله ممکن است پذیرفته نشود.
- ۵-۱۰- هنگامی که افزودنی قرار است در بتن غیر هوازا مورد استفاده قرار گیرد، اگر بتن آزمایشی در برگرفته آن بیش از ۳٪ هوا دارا باشد ممکن است مورد قبول واقع نشود، هنگامی که قرار است افزودنی در بتن هوازا مورد استفاده قرار گیرد، اگر بتن آزمایشی در برگرفته آن دارای بیش از ۷٪ هوا باشد ممکن است پذیرفته نشود.

روشهای آزمایش

توجه ۶- این آزمایشها بر پایه قراردادهای اختیاری می‌باشد که امکان آزمایش استاندارد شده عالی را در آزمایشگاه بوجود می‌آورد و با شرایط کار عملی مشابه در نظر گرفته نمی‌شود.

۱۱- مواد

- ۱-۱۱- سیمان - سیمان مورد استفاده در هر مجموعه از آزمایشها باید یا سیمان پیشنهاد شده برای کار ویژه مطابق با بند ۴-۱۱ سیمان تیپ I یا تیپ II مطابق با مشخصات C_{۱۵}، یا مخلوطی از دو یا بیشتر سیمان با قسمت‌های مساوی باشد. هر سیمان از مخلوط باید مطابق با مقررات یا تیپ I یا تیپ II مشخصات C_{۱۵} باشد. اگر سیمانی غیر از سیمان پیشنهاد شده برای کار ویژه مورد استفاده قرار گیرد و مقدار هوای بتن ساخته شده بدون افزودنی، بشرح بند ۱۴-۳ مورد آزمایش قرار گرفته، در صورتی که بیش از ۳٪ باشد سیمان یا مخلوط متفاوتی انتخاب کنید بطوری که مقدار هوای بتن ۳٪ یا کمتر بشود.
- ۲-۱۱- مصالح سنگی - با استثنای هنگامی که آزمایشها مطابق بند ۴-۱۱ با کاربرد مصالح پیشنهاد شده برای کار ویژه دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

اجرا می‌گردد، مصالح ریز و درشت مورد استفاده در هر مجموعه آزمایشها باید از قطعات یک سره مواد سالم و خوب دانه بندی شده با مقررات مشخصات $C_{۳۳}$ مطابقت کند، باشد. مگر اینکه درجه بندی مصالح سنگی می‌بایستی با مقررات زیر مطابقت نماید.

۱-۲-۱۱- دانه بندی مصالح ریز

الک	درصد وزنی عبوری
نمره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)	۱۰۰
نمره ۱۶ (۱/۱۸ میلیمتر)	۷۵ تا ۶۵
نمره ۵۰ (۳۰۰ میکرومتر)	۲۰ تا ۱۲
نمره ۱۰۰ (۱۵۰ میکرومتر)	۵ تا ۲

۱۱-۲-۲- دانه بندی مصالح درشت - مصالح درشت باید با مقررات مربوط به شماره اندازه ۵۷ از مشخصات $C_{۳۳}$ مطابقت نماید.

توجه ۷- دقت کنید تا در بارگذاری و انتقال از جدا شدن ممانعت بعمل آید.

۱۱-۲-۳- مصالح درشت مورد استفاده برای هر مجموعه از بتن معرف و بتن با افزودنی، عمل آمده آزمایشی نظیر، باید بطور اساسی یکسان باشد. بنابراین مجموعه‌ای از بتن آزمایشی شامل یک بتن معرف و تعدادی بتن‌های محتوی افزودنی آزمایشی مورد نظر می‌باشد، نسبت به آن بتن معرف مورد مقایسه قرار گیرد. لذا مصالح درشت مربوط به یک مجموعه باید شامل مواد کافی، برای یک بتن معرف، بتن محتوی افزودنی آزمایشی باشد تا با بتن معرف مورد مقایسه قرار گیرد و نمونه برای آزمایش دانه بندی، را شامل گردد.

۱۱-۲-۳-۱- مصالح درشت دانه برای مجموعه، در برگیرنده نمونه‌ای با اندازه کافی بزرگ برای آزمون‌های بتن، بشرح زیر تهیه نمایند.

ظروف احتساب شده را، هر یک مربوط به یک نمونه را با پیمانهای از بتن معرف و یک یا بیشتر بتن‌های آزمایشی با جرم مورد لزوم از کپه ذخیره، پر کنید. این عمل را با شروع (ریختن) با اندازه قاشقی بداخل اولین ظرف اجرا نمایند و آنرا تا اینکه همه ظروف جرم مورد نیازشان را دارا شوند، تکرار نمایند. روند را برای هر یک از سه یا بیشتر مجموعه‌های مورد لزوم تکرار نمایند. یک یا بیشتر مجموعه‌های یدکی ممکن است مورد نیاز باشد. ضمیمه دستورالعمل $D_{۷۵}$ ، نمونه گیری از کپه‌های ذخیره، و کتاب آزمایش مصالح سنگی و بتن برای راهنمایی مربوط به شرایط و روش‌ها را ملاحظه نماید.

۱۱-۲-۴- نمونه‌های مصالح درشت معرف هر مجموعه را با مقررات مربوط به الک‌های در زیر نشان داده روش $C_{۱۳۶}$ آزمایش نمایند. هر مجموعه که در آن نمونه با اندازه ۵۷ مطابقت نمی‌کند را دور بریزید. نتایج آزمایشهای مربوط به نمونه‌هایی که با اندازه ۵۷ مربوط به اندازه هر الک مطابقت می‌کند میانگین بگیرید. هر مجموعه که در آن نمونه از این میانگین تا بیش از مقدار نشان داده در ستون ۳ منحرف شود، دور بریزید. مرحله تهیه، آزمایش و میانگین گیری را، تا وقتی که مجموعه‌های کافی از مصالح داخل تولرانس بدست آید، ادامه دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

الک	مشخصات C _{pm} شماره ۵۷ درصد عبوری	حداکثر اختلاف از میانگین / عبوری
۱/۵ اینچ	۱۰۰	۰/۰
۱/۰ اینچ	۹۵ تا ۱۰۰	۱/۰
۰/۵ اینچ	۲۵ تا ۶۰	۴/۰
نمره ۴	۱۰ تا ۰	۴/۰
نمره ۸	۵ تا ۰	۱/۰

توجه ۸- تمام نتایج مورد نیاز، برای قبول نمودن تحت این مشخصه به یکنواختی نمونه‌های مصالح، تهیه شده و مورد استفاده، بستگی دارد. کار بادقت و مهارت و خوب سرپرستی شده اساس می‌باشد.

۱۱-۳- افزودنی هوازا - با استثنای هنگامی که آزمایشها مطابق با بند ۱۱-۴ با کاربرد افزودنی هوازی پیشنهاد شده برای کار ویژه اجرا می‌گردند، افزودنی هوازی مورد استفاده در اختلاط‌های بتنی مشخص شده در بخش ۱۲ باید چنان موادی باشند که هنگامی که مورد استفاده قرار می‌گیرد تا مقدار مشخص شده هوا را در اختلاط بتن معلق نماید، بتن با مقاومت رضایت بخش در برابر سرما و گرما را ارائه دهد. موادی که چنین مورد استفاده قرار می‌گیرد توسط شخص یا نمایندگی کسی که قرار است آزمایش برایش انجام شود تعیین می‌گردد. اگر هیچ موادی تعیین نگردد، رزین و نیزول خنثی شده باید مورد استفاده قرار گیرد.

توجه ۹- خنثی سازی می‌تواند با بهم آمیختن ۱۰۰ قسمت وزنی رزین و نیزول با ۹ تا ۱۵ قسمت وزنی هیدروکسید سدیم (NaOH) انجام شود. در محلول آبی نسبت آب به رزین نباید از ۱۲ تا ۱ قسمت وزنی تجاوز نماید.

۱۱-۴- مواد برای آزمایشهای مربوط به کاربردهای ویژه - اثرات افزودنی شیمیایی بر زمان گیرش و مقررات آب بتن ممکن است با زمان افزایش آن در جریان ترتیب اختلاط و پیمانانه نمودن تغییر کند. در آزمایش افزودنی شیمیایی برای استفاده در کار ویژه، سیمان، پوزولان، مصالح و افزودنی هوازی مورد استفاده باید معرف همانهایی باشد که برای استفاده در کار در نظر گرفته می‌شود. افزودنی شیمیایی را در جریان ترتیب اختلاط و پیمانانه نمودن در همان حالت و در همان زمان اضافه نمائید که در کار اضافه خواهد شد. اختلاط‌های بتن را متناسب کنید تا مقدار سیمان مشخص شده برای استفاده در کار را دارا باشد. اگر حداکثر اندازه مصالح درشت بزرگتر از ۱ اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) باشد، قبل از ساختن نمونه‌های آزمایشی بتن را روی الک ۱ اینچی (۲۵ میلیمتر) سرنده نمائید.

۱۱-۴-۱- سایر شرایط کاربرد - سایر شرایط ممکن است بر در خور شدن تمامی اختلاط بتن، برای کاربردهای در نظر گرفته شده مشخص، مؤثر واقع شود. اینها شامل دمای مواد یا محیط اطراف، رطوبت، طول زمان بین اختلاط کردن و جا دادن، مقدار فعالیت اختلاط و سایر عوامل می‌باشد. این شرایط فیزیکی ممکن است در آزمایشها با هدف مربوط به نشان دادن فعل و انفعالات پتانسیل یکی شوند. این آزمایشها فقط برای راهنمایی خواهد بود. بعد از یکی شدن چنین شرایط آزمایش انتظار مطابقت با این نیاز مشخصه مناسب نمی‌باشد.

۱۱-۵- تهیه و توزین - تمام مواد را تهیه نمائید و تمام توزین‌ها را، همانظوری که در دستورالعمل C₁₉₉ تعیین شده است، انجام دهید.

۱۲- متناسب کردن اختلاط‌های بتن

۱-۱۲- نسبت‌ها - با استثنای هنگامی که آزمایشها برای کاربردهای ویژه انجام می‌شود (بند ۱۱-۴ را نگاه کنید)، تمام بتن باید با استفاده از ۷۷-۱-۲۱۱ ACI متناسب گردد تا با مقررات شرح داده شده در بندهای ۱۲-۱-۱ تا ۱۲-۱-۴ مطابقت نماید. افزودنی با اولین افزایش آب مخلوط که به مخلوط کن اضافه می‌شود باید اضافه شود، مگر اینکه طور دیگری تصریح گردد.

۱-۱-۱۲- مقدار سیمان باید 5 ± 517 پوند بر یارد مکعب (3 ± 307 کیلوگرم بر متر مکعب) باشد.

۱-۱۲-۲- اولین اختلاط آزمایشی باید محتوی مقدار مصالح درشت نشان داده شده در جدول ۵-۳-۶ در ۷۷-۱-۲۱۱ ACI، برای حداکثر اندازه مصالح و برای ضریب نرمی ماسه مورد استفاده قرار می‌گیرد، باشد. توجه ۱۰- مقادیر در جدول ۵-۳-۶ از ۷۷-۱-۲۱۱ ACI در نظر گرفته می‌شود تا اختلاط‌های قابل اعمال با حداقل ترکیب‌های مطلوب از مصالح احتمالی مورد استفاده قرار می‌گیرد را تامین نماید. بنابراین پیشنهاد می‌شود، که برای تقریب نزدیکتری از نسبت‌های مورد نیاز مربوط به این آزمایش، مقادیر انتخاب شده در جدول ۵-۳-۶، برای اولین اختلاط آزمایش، تا حدود ۷ افزایش یابد.

۱-۱۲-۳- برای اختلاط‌های افزودنی شیر هوازا، مقدار هوا سررد استفاده در محاسبه نسبت‌ها همانطوری که در جدول ۵-۳-۳ در ۷۷-۱-۲۱۱ ACI نشان داده شده است باید $1/5$ باشد. برای اختلاط‌های هوازا مقدار هوای مورد استفاده برای این منظور باید $5/5$ باشد.

۱-۱۲-۴- مقدار آب را تنظیم کنید تا اسلاپ 1 ± 31 اینچ (12 ± 88 میلیمتر) بدست آورید. کار آبی مخلوط بتن باید برای تحکیم با میله زدن دستی مناسب باشد و مخلوط بتن باید حداقل رطوبت ممکن را دارا باشد. در حالی که بازده اسلاپ در حدود مورد نیاز نگهداری می‌شود، با تنظیم‌های نهائی در نسبت مصالح ریزه به مصالح کل، یا در مقدار مصالح کل یا هر دو به این شرایط نائل آید.

۱-۱۲-۲- شرایط - اختلاط‌های بتن هم با و هم بدون افزودنی تحت آزمایش، تهیه کنید. در این باره به اختلاط بتن بدون افزودنی شیمیائی بعنوان اختلاط بتن معرف یا کنترلی مراجعه نمایید. افزودنی را به روش پیشنهاد شده توسط سازنده و به مقدار مورد نیاز اضافه کنید تا با مقررات قابل اجرا مشخصات مربوط به کاهش آب یا زمان گیرش یا هر دو مطابقت کند. هنگامی که بوسیله شخص یا نمایندگی مربوط به کسی که آزمایشها مورد اجرا قرار می‌گیرد درخواست شود، افزودنی ممکن است آن مقداری اضافه شود تا از اختلاط بتن، زمان گیرش ویژه‌ای داخل حدود شرایط قابل اجرا این مشخصات را بوجود آورد.

۱-۱۲-۲-۱- بتن غیرهوازا - در صورتی که قرار باشد افزودنی فقط برای استفاده در بتن غیرهوازا مورد آزمایش قرار گیرد، مقدار هوای هر دو مخلوط محتوی افزودنی تحت آزمایش و مخلوط بتن معرف باید ۳٪ یا کمتر باشد. و اختلاف بین مقادیر هوای دو مخلوط نباید از $0/5$ تجاوز نماید. در صورت لزوم، افزودنی هوازا مشخص شده در بند ۱۱-۳ باید به مخلوط بتن معرف افزوده شود. آزمایشهای مربوط به مقاومت نسبت به سرما و گرما نباید انجام شود.

۱-۱۲-۲-۲- بتن هوازا - در صورتی که قرار باشد افزودنی فقط برای استفاده در بتن هوازا مورد استفاده قرار گیرد، افزودنی هوازا مشخص شده در بند ۱۱-۳ باید به اختلاط بتن معرف و در صورت لزوم به اختلاط بتن

محتوی افزودنی تحت آزمایش به مقادیر کافی باید اضافه شود تا مقادیر هوای در حدود ۳/۵ تا ۷/۰ تولید نماید. مگر برای آزمایشهای مربوط به مقاومت نسبت به سرما و گرما که حدود باید ۵/۰ تا ۷/۰ باشد. در هر دو حالت اختلاف بین مقدار هوای بتن معرف و بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید از ۰/۵ تجاوز نماید.

۱۳- مخلوط کردن

۱-۱۳- ماشین بتن را، همانطوری که در دستورالعمل C_{192} تعیین شده، مخلوط می نماید.

۱۴- آزمایشها و نسبت های مخلوط بتن تازه

۱-۱۴- نمونه های بتن تازه مخلوط شده از حداقل سه پیمانۀ جداگانه برای هر وضعیت بتن مطابق با روش های شرح داده شده در بندهای ۱۴-۲ تا ۱۴-۵ باید مورد آزمایش قرار گیرد.

۱۴-۲- اسلامپ - روش آزمایش C_{133}

۱۴-۳- مقدار هوا - روش آزمایش C_{231}

۱۴-۴- زمان گیرش - روش آزمایش C_{613} ، مگر اینکه دمای هر یک از اجزاء مخلوط بتن، درست قبل از مخلوط کردن، و دما در مدت دوره آزمایش که نمونه های زمان گیرش، ذخیره می شوند می بایستی $(73 \pm 3^{\circ}F) (23/0 \pm 1/7^{\circ}C)$ باشد.

۱۴-۵- مقدار آب

۱-۵-۱۴- نسبت آب به سیمان بتن تا دقت ۰/۰۰۱ را بشرح زیر گزارش نمائید:

مقدار آب خالص پیمانۀ را بعنوان وزن آب در پیمانۀ اضافه بر آب موجود بعنوان آب جذب شده در مصالح را تعیین کنید. حجم واقعی بتن در پیمانۀ را با تعیین وزن در واحد حجم بتن در پیمانۀ، همانطوری که در روش آزمایش C_{138} مقرر شده، محاسبه نماید. نسبت آب - سیمان را با تقسیم کردن وزن خالص آب بر وزن سیمان در پیمانۀ تعیین نماید.

۱-۵-۲- میزان رطوبت نسبی بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش را بعنوان درصدی از میزان آب بتن معرف بشرح زیر تعیین کنید: میانگین میزان آب تمامی پیمانۀ های بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش را بر میانگین میزان آب تمامی پیمانۀ های بتن معرف تقسیم کنید و خارج قسمت را در ۱۰۰ ضرب کنید.

جدول ۲- انواع و تعداد حداقل نمونه ها و آزمایشها

	Number of Types of Specimens ^a	Number of Test Ages	Number of Conditions of Concrete ^b	Number of Specimens, min
Water content	...	1	2	c
Slump	1	1	2	C
Air content	1	1	2	C
Time of setting	1	6	2	6
Compressive strength	1	5	2	30
Flexural strength	1	3	2	18
Freezing and thawing	1	1	2	12
Length change	1	1	2	6
Water reducing, high range	...	6	...	36
Water reducing, high range and retarding	...	6	...	36

^a See Section 14 and 16.2.

^b See 12.2.

^c Determined on each batch of concrete mixed.

^d See 14.4.

۱۵- تهیه نمونه‌های آزمایشی

۱-۱۵- از حداقل سه پیمانه جداگانه برای آزمایشهای بتن سخت شده، معرف هر آزمایش و سن آزمایش و هر وضعیتی از بتن مورد متایسه، نمونه‌هایی بسازید و حداقل تعداد نمونه‌ها باید مطابق با دستور جدول ۲ باشد. در روز تخصیص داده شده برای هر آزمایش و سن آزمایش از هر وضعیتی از بتن حداقل یک نمونه بسازید، مگر برای آزمایش سرما و گرما از هر وضعیت بتن حداقل دو نمونه بسازید. تهیه تمام نمونه‌ها را در سه روز اختلاط تکمیل کنید.

۲-۱۵- نمونه‌های بطور واضح معیوب - هر گروه از نمونه‌های معرف آزمایش تخصیص داده شده یا سن مشخصی از آزمایش، شامل آزمایشهای بتن تازه مخلوط شده، قبل یا هنگام آزمایش یا هر دو، هر کدام مناسب باشد بطور نظری معاینه کنید. با چنین معیانه بدون آزمایش کردن هر نمونه‌ای معیوب تشخیص داده شد دور بریزید. همه نمونه‌های معرف آزمایش تخصیص داده شده در سن مشخص را بعد از آزمایش بطور نظری معاینه کنید و اگر هر نمونه‌ای بطور واضح معیوب تشخیص داده شود نتایج آزمایش متعلق با آن بایستی دور ریخته شود. اگر بیش از یک نمونه معرف آزمایش تخصیص داده شده در سن مشخصی بطور آشکاری یا قبل یا بعد از آزمایش معیوب تشخیص داده شود. تمام آزمایش بایستی دور ریخته و تکرار گردد. نتیجه آزمایش گزارش شده باید میانگین نتایج آزمایش اختصاصی نمونه‌های مورد آزمایش باشد یا در صورتی که یک نمونه یا یک نتیجه دور ریخته شده باشد، بایستی میانگین نتایج آزمایش نمونه‌های باقیمانده در نظر گرفته شود.

۱۶- نمونه‌های آزمایش بتن سخت شده

۱-۱۶- تعداد نمونه‌ها - شش یا بیشتر نمونه آزمایشی برای آزمایش سرما و گرما یا بیشتر نمونه آزمایشی برای هر نوع دیگر آزمایش و سن آزمایش مشخص شده در جدول ۲ برای هر وضعیت بتن بایستی انجام شود تا مورد مقایسه قرار گیرد.

۲-۱۶- انواع نمونه‌ها - نمونه‌های ساخته شده از بتن با و یا بدون افزودنی شیمیایی تحت آزمایش باید مطابق زیر تهیه گردد:

۱-۲-۱۶- مقاومت فشاری - نمونه‌های آزمایشی را مطابق با دستورالعمل C₁₉₉ بسازید و عمل آورید.

۲-۲-۱۶- مقاومت خمشی - نمونه‌های آزمایشی را مطابق با دستورالعمل C₁₉₉ بسازید و عمل آورید.

۳-۲-۱۶- مقاومت در برابر سرما و گرما - نمونه‌های آزمایشی باید شامل منشورهای ساخته شده و عمل آورده شده مطابق با مقررات قابل اجراء دستورالعمل C₁₉₉ باشد. ابعاد نمونه آزمایشی باید بنا به نیاز روش آزمایش C₁₉₉ باشد. یک سری نمونه‌ها از اختلاط بتن محتوی افزودنی شیمیایی تحت آزمایش و از اختلاط بتن معرف بسازید. میزان هوای هر اختلاط، باید مطابق با آنچه در بند ۲-۲-۱۶ مشخص شده، باشد.

۴-۲-۱۶- تغییر طول - نمونه‌های آزمایشی مطابق با روش آزمایش C₁₅₇ بسازید و عمل آورید. مدت عمل آوردن مرطوب، بانضمام مدت در قالب‌ها، باید ۱۴ روز باشد.

۱۷- آزمایشهای بتن سخت شده

۱۷-۱-۱- نمونه‌های بتن سخت شده را مطابق با روش‌های بشرح زیر آزمایش نمایید: (جدول ۱ را ملاحظه نمایید)
 ۱۷-۱-۱-۱- مقاومت فشاری- روش آزمایش $C_{۳۹}$. نمونه‌ها را در سنین ۱، ۳، ۷ و ۲۸ روزه، ۶ ماه و یک سال آزمایش نمایید. مقاومت فشاری بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش را بعنوان درصدی از مقاومت فشاری بتن معرف بشرح زیر محاسبه نمایید:

۱۷-۱-۱-۱-۱- میانگین مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده از بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش در سن آزمایش مشخص را بر میانگین مقاومت فشاری نمونه‌های ساخته شده از بتن معرف در همان سن آزمایش تقسیم کنید و خارج قسمت را در ۱۰۰ ضرب نمایید.

۱۷-۱-۱-۲- در صورتی که بر طبق بند ۱۱-۴ با مواد معرف پیشنهاد شده در کار ویژه آزمایشها ترتیب داده شوند. و اگر نتایج آزمایشها در دوره‌ای از زمان مقرر گردند که عمل آوردن نمونه‌ها تا سنین ۶ ماه و یکسال نیز میسر نباشد، آزمایشهای در سنین مقرر شده در بند ۱۷-۱-۱-۱، می‌تواند چشم پوشی شود.

۱۷-۱-۲- مقاومت خمشی- روش آزمایش $C_{۷۸}$. نمونه‌ها را در سنین ۳، ۷ و ۲۸ روز آزمایش کنید. مقاومت خمشی بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش را بر حسب درصدی از مقاومت خمشی بتن معرف بشرح زیر محاسبه نمایید:

۱۷-۱-۱-۱- میانگین مقاومت خمشی نمونه‌های ساخته شده از بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش در سن آزمایش مشخص را بر میانگین مقاومت خمشی نمونه‌های ساخته شده از بتن معرف در همان سن آزمایش تقسیم کنید و خارج قسمت را در ۱۰۰ ضرب نمایید.

۱۷-۱-۳- مقاومت در مقابل سرما و گرما- آزمایشهای مقایسه‌ای از بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش با اختلاط بتن معرف باید هم زمان با استفاده از طرز عمل روش آزمایش $C_{۶۶}$ انجام شود. نمونه‌ها را در سن ۱۴ روزه تحت آزمایش قرار دهید. عوامل دوام نسبی را همانطوری که در مشخصات $C_{۶۶}$ نشان داده شده، محاسبه نمایید.

۱۷-۱-۴- تغییر طول- نمونه‌های آزمایشی باید شامل منشورهای قالب گیری شده باشد و مطابق با روش آزمایش $C_{۱۵۷}$ آزمایش شود مگر آنکه مدت عمل آوردن مرطوب بانضمام مدت در قالب‌ها، می‌بایستی ۱۴ روز باشد. سپس نمونه‌ها را در هوا تحت شرایط مشخص شده در بخش ۷-۱-۲ روش آزمایش $C_{۱۵۷}$ برای مدت ۱۴ روز انبار کنید، که در آن وقت تغییر طول نمونه را تعیین کنید. تغییر طول در طی مدت خشک شدن را انقباض (حاصل از) خشک شدن بر پایه اندازه گیری نخستین در زمان برداشت نمونه از قالب در نظر بگیرید و آنرا بر حسب درصد تا دقت ۰/۰۰۱ بر پایه طول اندازه گیری باشد. اگر تغییر طول بتن معرف بعد از ۱۴ روز خشک شدن ۰/۰۳۰٪ یا بیشتر باشد، تغییر طول در خشک کردن بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش، بر حسب درصد تغییر طول بتن معرف، نباید از حداکثر مشخص شده در جدول ۱ تجاوز نماید. اگر تغییر طول بتن معرف بعد از ۱۴ روز خشک شدن کمتر از ۰/۰۳۰٪ باشد، تغییر طول در خشک شدن بتن محتوی افزودنی تحت آزمایش نباید بیشتر از ۰/۰۱۰٪ باشد که بر حسب درصد تغییر در طول، بزرگتر از تغییر طول بتن معرف بیان می‌شود.

توجه ۱۱- نظر باینکه اثرات ویژه ایجاد شده توسط افزودنی‌های شیمیائی مسکن است با خصوصیات سایر اجزاء بتن تغییر کند، نتایج آزمایشهای تغییر طول با مصرف کردن مصالحی که تغییر طول هنگام خشک شدن کم می‌باشد ممکن است بطور دقیق عملکرد نسبی مورد انتظار با سایر مصالح که دارای خصوصیات هستند که در هنگام خشک شدن بتن با تغییر طول بالائی تولید می‌کند، را نشان ندهد.

۱۸- آزمایشهای یکنواختی و تعادل

۱-۱۸- تجزیه مادون قرمز - این روش آزمایش بمنظور مقایسه کیفیت ترکیب نمونه‌های مختلف می‌باشد و نتایج نایستی بطور کمی مورد تفسیر قرار گیرد. بخش‌های ۱-۱-۱۸، ۱-۱-۱۸ و ۱-۱-۱۸-۳ روش کلی مربوط به تجزیه مادون قرمز افزودنی‌ها را ارائه می‌دهد (توجهات ۵ و ۱۲ را ملاحظه نمایید).

۱-۱-۱۸- افزودنی‌های مایع - غلظت جامدهای حل شده را با بند ۱۸-۲ تعیین کنید و کسری از نمونه افزودنی مایع را با آب مقطر رقیق کنید تا غلظت جامدهای حل شده‌ای در حدود ۰/۱۵ گرم در میلی لیتر حاصل گردد، بعنوان مثال، کسر ۵ میلی لیتری را تا ۲۰۰ میلی لیتر رقیق نمایید. ۵ میلی لیتر از محلول فوق را با پیست بردارید و آن را با ۲/۵ گرم از برمید پتاسیم از درجه‌ای مناسب برای استفاده در تجزیه مادون قرمز و ۵ میلی لیتر آب مقطر به ظرف سنگی اضافه کنید. بهم بزنید و مخلوط کنید تا حل شود. در گرمخانه قرار دهید (۱۸-۲-۱-۱) و برای 17 ± 1 ساعت در $10.5 \pm 3^\circ\text{C}$ خشک کنید. باقیمانده را خشک کنید و به هاونی منتقل نمایید و آسیاب کنید تا به پودر نرمی تبدیل شود. سریع کار کنید تا از افزایش رطوبت جلوگیری شود. ۰/۱ گرم از پودر و ۰/۴ گرم از برمید پتاسیم از درجه‌ای مناسب برای استفاده در تجزیه مادون قرمز را وزن کنید. در یک مخلوط کن الکتریکی با استفاده از کپسول و گلوله‌های فولادی زنگ نزن برای مدت ۳۰ ثانیه مخلوط کنید. مطابق با بند ۱۸-۱-۳ اقدام کنید.

۱-۱-۱۸-۲- افزودنی‌های غیر مایع - با هاون و دسته هاون ۱۰ گرم را تا پودری نرم آسیاب کنید. نمونه را به یک ظرف سنگی انتقال دهید. در یک گرمخانه قرار دهید (۱۸-۲-۱-۱) و برای 17 ± 1 ساعت در $10.5 \pm 3^\circ\text{C}$ خشک کنید. تقریباً ۰/۰۵ گرم پودر خشک و ۰/۹۹۵ گرم برمید پتاسیم از درجه‌ای مناسب برای استفاده در تجزیه مادون قرمز وزن نمایید. در یک مخلوط کن الکتریکی برای ۳۰ ثانیه با استفاده از کپسول و گلوله‌های فولادی زنگ نزن مخلوط کنید. مطابق با بند ۱۸-۱-۳ اقدام نمایید.

۱-۱-۱۸-۳- ۰/۳۰۰ گرم از مخلوط تهیه شده در بند ۱-۱-۱۸ یا ۲-۱-۱۸ را وزن کنید و بداخل طاس مناسبی انتقال دهید تا قرصی برای تجزیه فراهم گردد. اگر یک طاس قابل هواگیری مورد استفاده قرار گیرد، برای مدت ۲ دقیقه هواگیری را قبل از فشار دادن اعمال نمایید. هواگیری و فشار را در نیروی مناسب برای ۳ دقیقه تا ایجاد قرصی بضخامت در حدود ۱ میلیمتر ادامه دهید. قرص را از طاس بردارید و داخل اسپکتروفتومتر مادون قرمز قرار دهید و طیف جذب مادون قرمز را بدست آورید.

توجه ۱۲- قابل اهمیت است که روش‌های یکسان در مورد همه نمونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد تا با یکدیگر مورد مقایسه قرار گیرد و بهتر است که توسط همان متخصص تجزیه، ترتیب داده شود. تغییرات بسیار زیاد در طیف مادون قرمز ممکن است از (a) اختلافات میزان آب بعلت تغییرات خشک شدن (b) آب گرفته شده بوسیله دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

مواد هیگرو سکوپیک (c) واکنش بین برنید پتاسیم و چند ترکیب دیگر موجود و (d) تفاوت‌ها در زمان بین تشکیل قرص و استفاده آن ناشی گردد. همچنین شروع برای آشکار سازی اجزاء حاصل توسط جذب مادون قرمز با توجه به هویت و غلظت اجسام همراه بطور گسترده‌ای فرق می‌کند. بعنوان مثال، مقادیر قابل توجهی از ساخاریدز ممکن است در افزودنی لیگنوسولفونیت موجود باشد بدون اینکه حضورشان بوسیله این روش نشان داده شود.

۱۸-۲- باقیمانده توسط خشک کن (افزودنی‌های مایع)

۱۸-۲-۱- ۲۵ تا ۳۰ گرم از، سه استاندارد اوتاوا (الک ۲۰ تا ۳۰) در بطری اندازه گیری شیشه‌ای دهن گشاد، قالب کوتاهی (در حدود ۶۰ میلی‌متر قطر داخلی و ۳۰ میلی‌متر ارتفاع) مجهز به سربطری شیشه تگرگی قرار دهید. بطری اندازه گیری و سربطری، با سربطری برداشته شده، را در خشک کن (۱۸-۲-۱-۱) قرار دهید و برای 17 ± 1 ساعت در $10.5 \pm 3^\circ C$ خشک کنید (توجه ۱۱). سربطری را در بطری اندازه گیری جادهید، به دسیکاتور انتقال دهید و تا درجه حرارت اطاق خنک کنید، و تا دقت 0.001 گرم وزن کنید. سربطری را بردارید و با استفاده از یک پیپت بطور یکنواخت ۴ میلی‌لیتر از افزودنی مایع را روی ماسه پخش کنید. بیدرنگ سربطری را جادهید تا از اتلاف در اثر تبخیر جلوگیری بعمل آید و تا دقت 0.001 گرم وزن کنید. سربطری را بردارید و هر دو بطری و سربطری را در خشک کن قرار دهید (۱۸-۲-۱-۱). برای 17 ± 1 ساعت در $10.5 \pm 3^\circ C$ خشک کنید. در پایان دوره خشک کردن سربطری اندازه گیری را بسنید، به دسیکاتور انتقال دهید و تا درجه حرارت اطاق خنک کنید و تا دقت 0.001 گرم وزن کنید.

۱۸-۲-۱-۱- خشک کن باید یا نوع با نیروی حرکت دورانی باشد یا برای دسترسی بدون مانع به هوا تدارک دیده شود. باید کنترل دقیق دما و زمان خشک باشد بطوری که درجه تبخیر مواد غیر از آب از نمونه به نمونه فرق نخواهد داشت.

۱۸-۲-۲- محاسبات:

۱۸-۲-۲-۱- اوزان بشرح زیر را یادداشت کنید:

$$W_1 = \text{وزن بطری درب بسته با ماسه و نمونه}$$

$$W_2 = \text{وزن بطری درب بسته با ماسه}$$

$$W_3 = W_1 - W_2 = \text{وزن نمونه}$$

$$W_4 = \text{وزن بطری درب بسته با ماسه و باقیمانده خشک شده و}$$

$$W_5 = W_4 - W_2 = \text{وزن باقیمانده خشک شده}$$

۱۸-۲-۲-۲- با استفاده از معادله زیر باقیمانده را محاسبه نمایند:

$$\text{باقیمانده با خشک کن (درصد وزنی)} = (W_5 \times 100) / W_3$$

توجه ۱۳- برای آزمایشگاههایی که این آزمایش را بعنوان عملیات جاری ترتیب می‌دهند، قبلاً ماسه خشک شده و بطری‌های اندازه گیری می‌تواند در دسیکاتور نگهداری شود بطوری که هنگامی که نمونه‌ای قرار است مورد آزمایش قرار گیرد بیدرنگ برای استفاده در دسترس قرار می‌گیرند.

۱۸-۲-۳- بیان دقت - حداکثر ضریب چند آزمایشگاهی اختلاف مربوط به باقیمانده با خشک کن (افزودنی‌های

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

مایع) بنا شده است تا ۱/۲۵٪ باشد. بنابراین نتایج آزمایشها توسط دو آزمایشگاه مختلف روی نمونه‌های یکسان از یک افزودنی نباید از یکدیگر تا بیش از ۳/۵٪ میانگین آنها متفاوت باشد. (توجه ۱۴). حداکثر ضریب اختلاف متصدی یک نفری بنا شده است تا ۰/۶٪ باشد. بنابراین، نتایج دو آزمایش بطور مناسب ترتیب داده شده توسط همان متصدی روی مواد یکسان نباید تا بیش از ۱/۷٪ متفاوت باشد. توجه ۱۴ - بیان - دقت براساس حداکثر اختلاف آزمایشهای انجام شده در ۱۸ آزمایشگاه روی مجموعه‌های نمونه‌های سه تایی زوج از دو افزودنی متفاوت می‌باشد.

۱۸-۳- باقیمانده با خشک کن (افزودنی‌های غیر مایع).

۱۸-۳-۱- در حدود ۳ گرم از افزودنی غیر مایع را داخل بطری اندازه گیری با سر بطری شیشه‌ای خشک و وزن خالص احتساب شده، قرار دهید (مشابه آنچه در بند ۱۸-۲-۱ شرح داده شد). سر بطری را ببندید و بطری و محتویات را تا دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن کنید. سر بطری را بردارید و بیدرنگ هر دو بطری و سر بطری را در خشک کن (۱۸-۲-۱-۱) قرار دهید. برای 1 ± 17 ساعت در $105 \pm 3^\circ C$ خشک کنید. در پایان دوره خشک شدن درب بطری اندازه گیری را ببندید و بداخل دسیکاتور انتقال دهید، تا دمای اطاق خنک کنید، و تا دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن کنید.

۱۸-۳-۲- محاسبات:

۱۸-۳-۱-۱- اوزان بشرح زیر را یادداشت کنید:

W_1 = وزن خالص بطری اندازه گیری درب بسته و نمونه قبل از خشک کردن،

W_2 = وزن خالی بطری اندازه گیری درب بسته،

W_3 = وزن نمونه = $(W_1 - W_2)$

W_4 = وزن خالص بطری اندازه گیری درب بسته و نمونه بعد از خشک شدن و

W_5 = وزن باقیمانده خشک شده در گرمخانه $W_4 - W_2$

۱۸-۳-۲- باقیمانده خشک شده در گرمخانه را با استفاده از معادله زیر محاسبه کنید:

باقیمانده توسط خشک کن (درصد وزن) = $(W_5 \times 100) / W_3$

۱۸-۳-۳- بیان دقت - حداکثر ضریب اختلاف چند آزمایشگاهی مربوط به باقیمانده با خشک کن (افزودنی‌های غیر مایع) بنا شده است تا ۱/۴٪ باشد. بنابراین نتایج آزمایشها توسط دو آزمایشگاه مختلف روی نمونه‌های یکسان از یک افزودنی نباید از یکدیگر تا بیش از ۴٪ میانگین آنها متفاوت باشد. حداکثر ضریب اختلاف متصدی یک نفری مربوط به باقیمانده توسط خشک کن (افزودنی غیر مایع) بنا شده است تا ۰/۴۸٪ باشد. بنابراین، نتایج دو آزمایش بطور مناسب ترتیب داده شده توسط همان متصدی روی مواد یکسان نباید تا بیش از ۱/۴٪ میانگین آنها متفاوت باشد. توجه ۱۴ همچنین به بند ۱۸-۳-۳ نیز اعمال می‌گردد.

۱۸-۴- چگالی ویژه (افزودنی‌های مایع)

۱۸-۴-۱- چگالی ویژه را در $25 \pm 1^\circ C$ از افزودنی مایع با استفاده از هیدرومترهای مطابق با مشخصات E_{100} .

تعیین کنید. هیدرومترهای نمره ۱۱۲H تا ۱۱۷H حدود تغییرات برای بیشتر تعیین‌ها را در بر می‌گیرد.

همچنین استوانه مدرج ۲۵۰ میلی لیتری و حمام آبی که قادر به نگهداشتن دمای $25 \pm 1^\circ C$ باشد، مورد نیاز

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

خواهد بود.

۱۸-۳-۲- نمونه را در استوانه مدرج ۲۵۰ میلی لیتری قرار دهید و هیدرومتر را طوری قرار دهید که بطور آزاد شناور باشد و با کناره استوانه تماس پیدا نکند. استوانه با نمونه و هیدرومتر را در حمام بادمای ثابت قرار دهید تا دمای استوانه، هیدرومتر و نمونه در $1 \pm 25^{\circ}\text{C}$ یکنواخت گردد. اگر قبل از دخول هیدرومتر همگی در دمای مناسب هستند، برای برقراری تعادل در حدود ۱۰ دقیقه باید پذیرفته شود. اگر نمونه بطور آشکار کف آلود نشان دهد، قرائت هیدرومتر بایستی ادامه پیدا کند تا قرائت‌های ثابت بدست آید. هیدرومتر را در پایه گوزی تا دقت ۰/۰۰۵ قرائت نمایید.

۱۸-۴-۲-۱- اگر در جریان انتقال افزودنی به استوانه مواجه با کف گردد، وقت کافی برای کف باید در نظر گرفته شود تا پراکنده گردد یا به سطح، جایی که قبل از داخل کردن هیدرومتر می‌بایستی حذف گردد، بالا بیاید. از جرم بستن افزودنی روی ساقه هیدرومتر به علت تبخیر در جریان تنظیم دما بایستی اجتناب گردد.

۱۸-۴-۳- بیان دقت - حداکثر ضریب اختلاف چند آزمایشگاهی مربوط به چگالی ویژه (افزودنی‌های مایع) قرار شده است تا ۰/۳۱۶% باشد. بنابراین نتایج دو آزمایشگاه مختلف روی نمونه‌های یکسان از یک افزودنی نباید از یکدیگر تا بیش از ۰/۹% میانگین آنها متفاوت باشد. (توجه ۱۴) حداکثر ضریب اختلاف متصدی یک نفری قرار شده است تا ۰/۰۹% باشد. بنابراین، نتایج دو آزمایش بطور مناسب ترتیب داده شده توسط همان متصدی روی مواد یکسان نباید تا بیش از ۰/۲۷۵% فرق نماید.

۱۹- گزارش

۱۹-۱-۱- بشرح زیر گزارش نمایید:

۱۹-۱-۱-۱- نتایج آزمایشهای مشخص شده در بخش‌های ۶، ۱۴ و ۱۷ و مقررات مشخصات مربوطه که با آن مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

۱۹-۱-۲- نام تجارته، نام سازنده، شماره قطعه، خصوصیات مواد، و کیفیت ارائه شده توسط نمونه افزودنی تحت آزمایش.

۱۹-۱-۳- نام تجارته، نام سازنده و سایر اطلاعات وابسته درباره مواد مورد استفاده بعنوان افزودنی هوازا.

۱۹-۱-۴- نام تجارته، نام سازنده، نوع، و اطلاعات آزمایش درباره سیمان پرتلند یا سیمان‌های مورد استفاده.

۱۹-۱-۵- تشریح و اطلاعات آزمایش روی مصالح ریز و درشت مورد استفاده.

۱۹-۱-۶- اطلاعات مفصل درباره اختلاط‌های بتن مورد استفاده، بانضمام مقادیر و نسبت‌های افزودنی‌های مورد

استفاده، فاکتورهای واقعی سیمان، نسبت‌های آب به سیمان، واحد مقادیر آب، نسبت‌های ریزدانه نسبت به

مصالح کل، اسلامپ و مقدار هوا، و

۱۹-۱-۷- در صورتی که، مطابق با شرایط بند ۱۷-۱-۱-۲، بعضی از آزمایشهای صرفنظر گردد، شرایطی که

تحت آن چنین عملی صورت گرفته بایستی بیان گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : C ۴۹۶ - ۹۰

روش آزمایش استاندارد برای تعیین مقاومت کششی به روش دو نیم شدن نمونه های استوانه ای بتن

۱- هدف

۱-۱ - این روش آزمایش تعیین مقاومت کششی به روش دو نیم شدن نمونه های استوانه ای بتن همانند استوانه های قالبگیری شده یا مغزه گیری شده را شامل می شود.

توجه ۱ - برای روشهای قالبگیری نمونه های استوانه ای بتن به دستورالعمل های C ۱۹۲ و C ۳۱ و برای روشهای بدست آوردن مغزه ها به روش C ۴۲ مراجعه کنید.

۱-۲ - مقادیر بر حسب واحدهای اینچ - پوند استاندارد می باشند.

۱-۳ - این استاندارد ممکن است مصالح، عملیات و تجهیزات خطرناکی را شامل شود. این استاندارد تمام مسائل ایمنی مربوط به استفاده از آن را در بر نمی گیرد. بر عهده استفاده کنندگان از این روش استاندارد است که دستورالعمل های ایمنی و سلامتی مربوط به آن را تهیه نموده و محدوده های عملی کاربرد آن را تعیین نماید.

۲- مدارک مرجع

۲-۱ - استانداردهای ASTM:

C ۳۱ - دستورالعمل ساخت و عمل آوری نمونه های آزمایشی بتن در محل

C ۳۹ - روش آزمایش مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای بتن

C ۴۲ - روش تهیه و آزمایش نمونه های مغزه گیری شده و تیرهای اره شده بتنی

C ۱۹۲ - دستورالعمل تهیه و عمل آوری نمونه های آزمایشی بتن در آزمایشگاه.

۳- اهمیت و موارد کاربرد

۳-۱ - این روش آزمایش با اعمال یک نیروی قطری فشاری روی نمونه های استوانه ای بتن که بصورت افقی بین دو صفحه دستگاه آزمایش قرار گرفته، مقاومت کششی دو نیم شدن بتن را اندازه می گیرد.

۳-۲ - تعیین مقاومت کششی دو نیم شدن ساده تر از مقاومت کششی مستقیم می باشد.

۳-۳ - مقاومت کششی دو نیم شدن برای ارزیابی مقاومت برشی بتن در اعضای بتنی با مصالح سنگی سبک به

کار می رود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴- وسایل آزمایش

۴-۱- دستگاه آزمایش - دستگاه آزمایش باید مشخصات قید شده در روش آزمایش C ۳۹ را دارا باشد. و ممکن است از نوعی باشد که ظرفیت کافی برای سرعت بارگذاری مورد لزوم در بند ۶-۵ را دارا باشد.

۴-۲- صفحه یا میله تکیه گاهی مکمل - اگر قطر یا بزرگترین بعد سطح تکیه گاهی بالایی یا بلوک تکیه گاهی پایینی کمتر از طول استوانه مورد آزمایش باشد، لازم است صفحه یا میله تکیه گاهی مکملی از جنس فولاد مورد استفاده قرار گیرد. سطوح صفحه یا میله در امتداد هر یک از خطوط تماس باید دارای صافی ± 0.01 اینچ (0.25 میلیمتر) باشد. عرض آنها باید حداقل ۲ اینچ (51 میلیمتر) بوده و ضخامت آنها کمتر از فاصله بین لبه بلوک های تکیه گاهی مستطیلی یا کرووی تا انتهای استوانه نباشد. صفحه یا میله باید به گونه ای مورد استفاده قرار گیرند که بار در تمام طول نمونه اعمال گردد.

۴-۳- نوارهای تکیه گاهی - دو نوار تکیه گاهی از جنس تخته چندلا با ضخامت اسمی $\frac{1}{8}$ اینچ ($3/2$ میلیمتر)، بدون پستی و بلندی، با عرض تقریبی ۱ اینچ (25 میلیمتر) و با طولی برابر یا کمی بیشتر از طول نمونه، باید برای هر نمونه آماده گردد. نوارهای تکیه گاهی باید بین نمونه و بلوک های تکیه گاهی بالا و پایین دستگاه آزمایش یا بین نمونه و صفحات یا میله های تکیه گاهی مکمل، در صورت استفاده (بند ۴-۲ ملاحظه گردد). قرار گیرند. نوارهای تکیه گاهی نباید بیش از یکبار استفاده گردند.

۵- نمونه های آزمایش

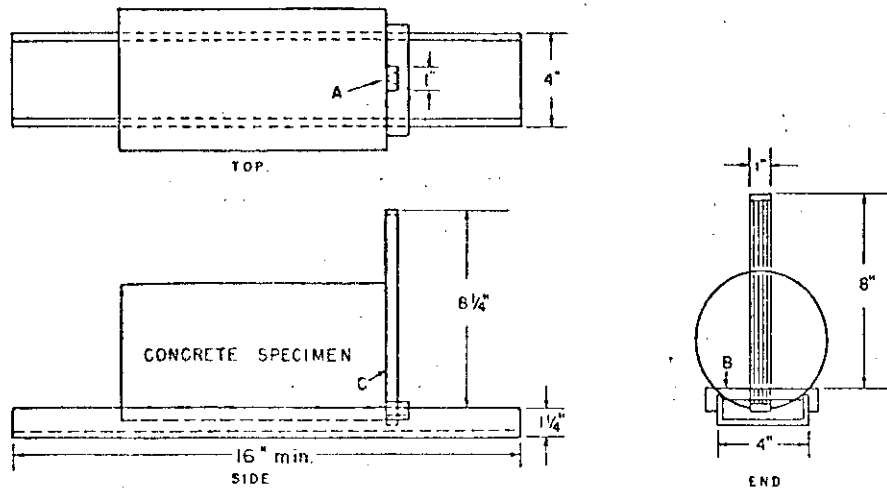
۵-۱- نمونه های آزمایشی باید از نظر اندازه، قالبگیری و عمل آوری، مشخصات تعیین شده در دستورالعمل C ۳۱ (نمونه های محلی) یا دستورالعمل C ۱۹۲ (نمونه های آزمایشگاهی) را دارا باشند. نمونه های مغزه گیری شده نیز باید از نظر اندازه و عمل آوری دارای مشخصات قید شده در روش C ۴۲ باشند. نمونه های عمل آورده در رطوبت می بایست در فاصله زمانی انتقال از محیط عمل آوری تا انجام آزمایش توسط یک پوشش خیس، مرطوب نگهداشته شوند و حتی الامکان در شرایط مرطوب آزمایش شوند.

۵-۲- روش عمل آوری زیر برای ارزیابی بتن های سبک که نمونه های ۲۸ روزه آنها مورد آزمایش قرار می گیرند، ابتدا باید نمونه ها ۷ روزه در محیط مرطوب عمل آورده شوند و سپس به مدت ۲۱ روز در دمای 73 ± 3 درجه فارنهایت ($23 \pm 1/7$ درجه سانتیگراد) و رطوبت نسبی 5 ± 50 درصد خشک شوند.

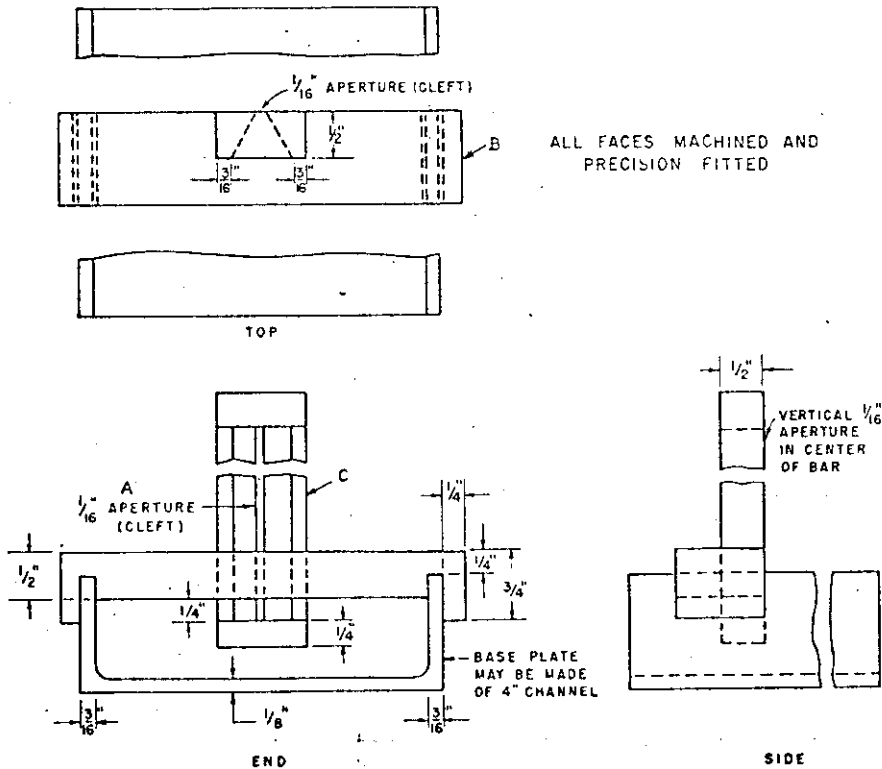
۶- روش آزمایش

۶-۱- علامت گذاری - با استفاده از یک وسیله مناسب در هر انتهای نمونه خطوط قطری رسم نمایید طوری که خطوط در صفحه ای که از محور نمونه عبور می کند قرار بگیرند. (شکل های ۱ و ۲ و توجه ۲ را ملاحظه نمایید). یا به طریق دیگر از گیره نگهدارنده مطابق شکل ۳ استفاده نمایید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



شکل ۱ - نماهای کلی وسیله مناسب برای علامتگذاری قطرهای انتهایی که برای تعیین نحوه قرار گرفتن نمونه در دستگاه آزمایش به کار می روند.



Metric Equivalents—Figs. 1, 2 and 4

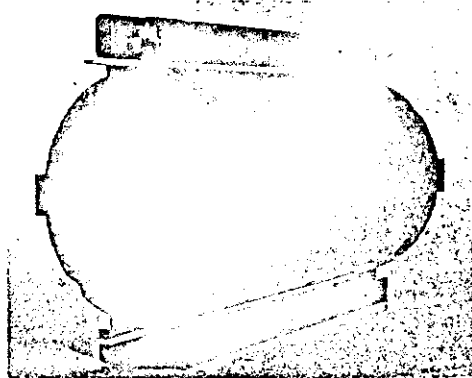
in.	1/16	1/8	3/16	1/4	1/2	3/4	1	1 1/4	2	2 1/2	4	7 1/2	8	8 1/4	15	16
mm	1.6	3.2	4.8	6.4	13	19	25	32	50	65	100	190	200	205	375	400

شکل ۲ - جزئیات وسیله مناسب برای علامتگذاری قطرهای انتهایی که برای تعیین نحوه قرار گرفتن نمونه در دستگاه آزمایش به کار می روند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ۲ - اشکال ۱ و ۲ وسیله مناسبی برای ترسیم خطوط قطری در دو انتهای نمونه را نشان می دهند. وسیله شامل سه قسمت زیر می باشد:

- ۱ - یک ناودانی فولادی ۴ اینچی (۱۰۰ میلیمتری) که بالهای آن مسطح می باشند،
- ۲ - مقطعی از یک تیر T شکل، B، که شیارهایی در آن ایجاد شده تا کاملاً روی بالهای ناودانی قرار بگیرد،
- ۳ - یک میله قائم، C، که شام یک روزنه طولی، A، برای هدایت قلم می باشد.

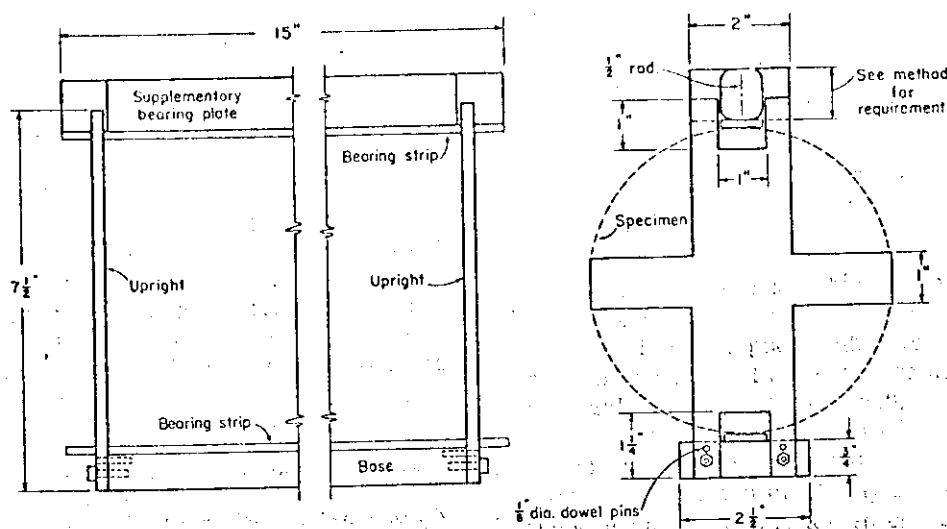


شکل ۳ - گیره برای نگهداشتن استوانه بتنی و نوارهای تکیه گاهی

میله T شکل به ناودانی بسته نمی شود و در دو انتهای ناودانی بدون جابجایی موقعیت نمونه وقتی که خطوط قطری علامتگذاری می شوند، قرار می گیرد.

توجه ۳ - شکل ۴ جزئیات قرارگیری گیره نشان داده شده در شکل ۲ را برای رسیدن به همان هدف علامتگذاری خطوط قطری را نشان می دهد. وسیله شامل:

- ۱ - یک صفحه برای نگهداری نوارهای تکیه گاهی پایینی و استوانه می باشد،
- ۲ - میله تکیه گاهی مکمل که شرایط بخش ۳ را به عنوان ابعاد بحرانی و هموار بودن را شامل می شود، و
- ۳ - دو نوار عمودی جهت قراردادن استوانه آزمایش، نوارهای تکیه گاهی و میله تکیه گاهی مکمل.



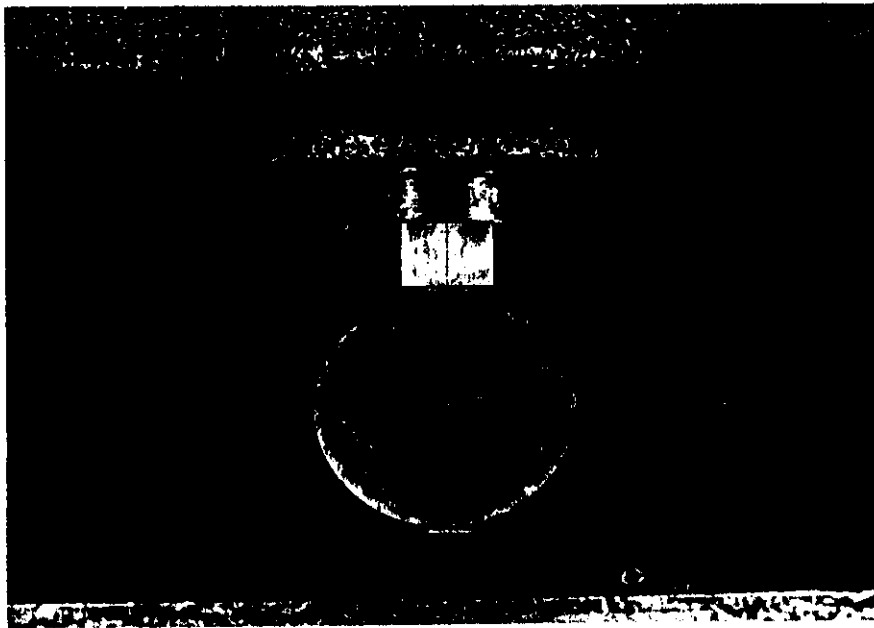
شکل ۴ - جزئیات برای یک گیره نگهدارنده مناسب

۶-۲ - اندازه گیری ها - قطر نمونه آزمایش را با دقت ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیمتر) با متوسط گیری سه قطر که در نزدیکی دو انتها و وسط نمونه، در امتداد صفحه‌ای که دو قطر در دو انتهای آن علامتگذاری شده، اندازه گیری شده‌اند، تعیین نمایید. طول نمونه را با دقت ۰/۱ اینچ (۲/۵ میلیمتر) با متوسط گیری حداقل دو طول اندازه گیری شده در صفحه‌ای که خطوط قطری در دو انتهای آن علامتگذاری شده تعیین نمایید.

۶-۳ - قرار دادن نمونه آزمایش با استفاده از خطوط قطری علامتگذاری شده - مرکز یکی از نوارهای چند لایه چوبی را بر مرکز بلوک تکیه گاهی پایین منطبق نمایید. نمونه را روی نوار چند لایه چوبی قرار دهید طوری که خطوط قطری دو انتهای نمونه در امتداد عمود بر محور نوار چند لایه چوبی باشد. نوار چند لایه چوبی دیگر را از درازا با توجه به خطوط قطری دو انتهای نمونه روی آن قرار دهید. از موقعیت تجهیزات با توجه به شرایط زیر اطمینان حاصل نمایید:

۶-۳-۱ - پیش آمدگی صفحه‌ای که خطوط قطری در دو انتهای آن علامتگذاری شده مرکز صفحه تکیه گاهی بالایی را قطع می‌کند، و

۶-۳-۲ - صفحه یا میله تکیه گاهی مکمل، وقتی که استفاده می‌شود، و مرکز نمونه مستقیماً زیر مرکز تماس بلوک تکیه گاهی کروی قرار می‌گیرد (شکل ۵ را ملاحظه کنید).



شکل ۵ - نمونه‌ای که جهت تعیین مقاومت کششی دو نیم شدن در دستگاه آزمایش قرار گرفته است.

۴-۶ - قرار دادن نمونه با استفاده از گیره نگهدارنده - مطابق شکل ۳ با استفاده از گیره نگهدارنده، نوارهای تکیه گاهی، استوانه آزمایش و میله تکیه گاهی مکمل را طوری در جای خود قرار دهید که میله تکیه گاهی مکمل و مرکز نمونه مستقیماً زیر مرکز تماس بلوک تکیه گاهی کروی قرار گیرند.

۴-۵ - سرعت بارگذاری - بار را بطور پیوسته و بدون تغییرات ناگهانی با سرعت ثابت در محدوده ۱۰۰ تا ۲۰۰ پوند بر اینچ مربع در دقیقه (۶۸۹ تا ۱۳۸۰ کیلو پاسکال در دقیقه) تا گسیختگی نمونه تحت تنش کششی دو نیم شدن اعمال نمایید. (توجه ۴). حداکثر بار اعمال شده در زمان گسیختگی که توسط دستگاه آزمایش نشان داده می شود را ثبت کنید. به نوع گسیختگی و ظاهر بتن توجه نمایید.

توجه ۴ - رابطه بین تنش کششی دو نیم شدن و بار اعمالی در بخش ۷ نشان داده شده است. محدوده بارگذاری لازم در تنش کششی دو نیم شدن به بار کل اعمالی در محدوده ۱۱۳۰۰ تا ۲۲۶۰۰ پوند (۵۰ تا ۱۰۰ کیلو نیوتن) در دقیقه برای استوانه‌های ۶ در ۱۲ اینچ (۱۵۲ در ۳۰۵ میلی‌متر) بستگی دارد.

۷- محاسبات

۷-۱ - مقاومت کششی دو نیم شدن نمونه را بشرح زیر محاسبه کنید:

$$T = \frac{2P}{\pi Ld}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

که در آن:

- $T =$ مقاومت کششی دو نیم شدن، برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلوپاسکال)،
 $P =$ حداکثر بار اعمالی که توسط ماشین آزمایش نشان داده می شود، برحسب پوند (کیلونیوتن)،
 $L =$ طول، برحسب اینچ (متر)، و
 $d =$ قطر، برحسب اینچ (متر).

۸- گزارش

- ۸-۱- اطلاعات زیر را گزارش نمایید:
۸-۱-۱- شماره نمونه،
۸-۱-۲- قطر و طول نمونه، برحسب اینچ (متر)،
۸-۱-۳- حداکثر بار، پوند (کیلونیوتن)،
۸-۱-۴- مقاومت کششی دو نیم شدن محاسبه شده با دقت ۵ پوند بر اینچ مربع (۳۵ کیلوپاسکال)،
۸-۱-۵- نسبت تخمینی مصالح سنگی درشت دانه شکسته شده در ضمن آزمایش،
۸-۱-۶- سن نمونه،
۸-۱-۷- تاریخچه عمل آوری،
۸-۱-۸- نقابض نمونه،
۸-۱-۹- نوع گسیختگی، و
۸-۱-۱۰- نوع نمونه.

۹- دقت و انحراف

- ۹-۱- دقت و انحراف این روش آزمایش تاکنون تعیین نشده است، اما اطلاعات جمع آوری می شود و بیان دقت و انحراف وقتی که معادله آن مشخص گردیده اعلام می شود.

ASTM : C617

دستورالعمل استاندارد اندود کردن نمونه‌های استوانه‌ای بتن

۱- هدف

۱-۱- این دستورالعمل شامل دستگاهها، مواد و روش اندود کردن نمونه‌های استوانه‌ای بتن تازه قالب‌گیری شده با سیمان و نمونه‌های استوانه‌ای سخت شده و مغزه‌های بتنی گرفته شده با اندود گچ با مقاومت بالا یا ملات گوگرد می‌باشد.

۱-۲- اندود باید حداقل مقاومت بتن را داشته باشد. رویه اندود شده نمونه‌های بتن باید با تولرانس ± 0.02 پنج مسطح باشد.

۱-۳- کنترل مسطح بودن اندود هر روز باید انجام گیرد.

۱-۴- مقادیر در این استاندارد بر حسب واحد اینچ - یونگ می‌شود و به صورت تقریبی با واحد SI معادل شده‌اند.

۱-۵- این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در نظر ندارد. بر عهده استفاده‌کننده از این استاندارد است که روش کار و مسائل ایمنی مناسب را قبل از اجرا تعیین نماید. برای رعایت موارد ایمنی بندهای ۳-۴ و ۶-۲-۳-۱ را ملاحظه نمایید.

۲- مدارک مرجع

C109: روش آزمایش مقاومت فشاری ملاتهای سیمان هیدرولیکی (نمونه‌های مکعبی ۲ اینچی یا ۵۰ میلیمتری)
C150: مشخصات سیمان پرتلند.

C287: مشخصات شیمیایی مقاومتی ملات گوگرد.

C472: روش‌های آزمایش فیزیکی گچ، اندود گچ و بتن گچی

۲-۲- استانداردهای ANSI :

۱-۴۶-B: استاندارد بافت سطحی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- این دستورالعمل، روشهایی برای فراهم نمودن رویه مسطح، سطوح انتهایی نمونه‌های استوانه‌ای بتن تازه قالب‌گیری شده، نمونه‌های استوانه‌ای بتن سخت شده یا بتن مغزه‌گیری شده را هنگامی که سطوح انتهایی

منطبق با وضعیت مسطح بودن و عمود بودن مورد لزوم در استاندارد نمی‌باشد، تشریح می‌کند. دستورالعمل C1۲۳۱ روشهای دیگری را با استفاده از آندودها و نوارهای محصور نشده بیان می‌کند.

۴- لوازم آندود کردن

۴-۱- صفحات آندود کردن - آندود سیمان خالص و آندود گچ با مقاومت بالا باید بر روی یک صفحه شیشه‌ای با ضخامت حداقل $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلی‌متر) و یا یک صفحه فلزی با حداقل ضخامت $\frac{5}{16}$ اینچ (۷.۹ میلی‌متر) و یا یک صفحه سائیده شده گرانیتی یا دیابازی با حداقل ضخامت ۳ اینچ (۷۶ میلی‌متر) شکل بگیرد. آندود ملات گوگرد باید به طور مشابهی بر روی صفحات فلزی یا سنگی شکل بگیرد، با این تفاوت که ملات گوگرد قرار می‌گیرد نباید بیش از $\frac{1}{4}$ اینچ (۱۲ میلی‌متر) گود باشد. در همه حالات، قطر صفحات باید حداقل یک اینچ (۲۵ میلی‌متر) بزرگتر از قطر نمونه مورد آزمایش باشد و رویه‌های کار نباید بیش از $\frac{2}{100}$ اینچ (۰.۰۵ میلی‌متر) در ۶ اینچ (۱۵۲ میلی‌متر) از مسطح بودن خارج شوند. ناهمواری سطوح صفحات فلزی تازه تمام شده نباید بیش از آنچه در جدول ۴ طبق استاندارد بین‌المللی امریکا به شماره ۱-۴۶ B آمده یا ۱۲۵ میکرو اینچ (۳/۲ میکرومتر) برای هر نوع سطح و در هر جهت تخطی کند. سطح وقتی که تازه است باید عاری از هرگونه برآمدگی، شیار یا دندانیهایی که در اثر عملیات ساخت ایجاد می‌شود، باشد. سطوح فازی که استفاده می‌شوند باید عاری از برآمدگی، شیار و دندانیهایی بزرگتر از عمق $\frac{1}{16}$ اینچ (۱.۶ میلی‌متر) یا با سطحی بیش از $\frac{5}{100}$ اینچ مربع (۳۲ میلی‌متر مربع) در سطح رویه باشد.

توجه ۱: سختی سنگ برابر ۴۸HRC برای صفحات آندود مورد استفاده در شکل دادن آندود ملات گوگرد پیشنهاد می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۲- وسایل مرتب کردن

وسایل مرتب کردن مناسب همانند میله‌های راهنما یا تراز در ارتباط با صفحات اندود برای اطمینان از اینکه اندود از حالت عمود بر محور نمونه بیش از ۵/۵ درجه [تقریباً معادل $\frac{1}{8}$ اینچ در ۱۲ اینچ (۳/۲ میلی‌متر در ۳۰۵ میلی‌متر)] خارج نشده، استفاده شود. همان لوازم برای ارتباط بین محور وسیله مرتب کردن و سطح صفحه اندود وقتی میله راهنما استفاده می‌شود، به کار می‌رود. علاوه بر این، محل هر میله با توجه به این که صفحه باید طوری باشد که اندود بیش از $\frac{1}{16}$ اینچ (۲ میلی‌متر) از مرکز کنار نرود، قرار می‌گیرد.

۴-۳- ظروف ذوب برای ملات گوگرد

ظروف استفاده شده برای ذوب ملات گوگرد باید مجهز به کنترل دمای اتوماتیک باشد و از فلز باشد یا با موادی پوشش داده شود که با گوگرد مذاب واکنش ندهند.

۴-۳-۱- احتیاط: ظروف ذوب مجهز به گرم کننده محیطی، در مقابل اتفاقاتی که در ضمن گرم کردن مجدد گوگرد سرد شده که بر روی آن پوسته ایجاد شده، مطمئن خواهند بود. وقتی که ظروفی برای ذوب استفاده می‌شود همانند بالا مجهز نباشد با استفاده از میله فلزی که با ته ظرف تماس دارد و به بالای سطح مخلوط گوگرد مایع همچنانکه سرد می‌شود، به آرامی بالا می‌آید ممکن است از فشار ایجاد شده در زیر پوسته سطحی، در طی مراحل گرم کردن‌های بعدی جلوگیری شود. میله باید به اندازه‌ای باشد که گرمای کافی را در اثر گرم کردن مجدد به بالا برساند و حلقه‌ای اطراف ابتدای میله را ذوب کند بنابراین از افزایش فشار جلوگیری کند. یک ملاقه فلزی بزرگ می‌تواند جانشین میله شود.

۴-۳-۱-۱- ظروف ذوب گوگرد را در زیر یک هواکش قوی استفاده کنید تا بخارات حاصله به هوای آزاد راه یابند. حرارت دادن ظروف بالای یک شعله باز، خطرناک است زیرا نقطه اشتعال گوگرد تقریباً ۴۴۰ درجه فارنهایت (۲۲۷ درجه سانتیگراد) بوده و مخلوط در حرارت‌های بالا ممکن است آتش بگیرد. به محض اینکه مخلوط شروع به سوختن کرد، شعله باید خاموش شود. پس از خاموش شدن شعله، ظرف دوباره با مواد تازه پر می‌شود.

۵- مواد اندودکننده

۵-۱- همه مواد اندودکننده باید طبق جدول ۱ مقاومت و ضخامت لازم را داشته باشند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۱-۱- مقاومت فشاری مواد اندود کننده با آزمایش نمونه‌های مکعبی ۲ اینچی طبق روش تشریح شده در ASTM: C ۱۰۹ باید تعیین شود. به جز برای ملاتهای گوگرد، روشهای قالب‌گیری باید مطابق ASTM: C ۱۰۹ انجام شود مگر اینکه روشهای دیگری برای حذف فضاهای خالی محبوس شده بزرگ، لازم باشد. ASTM: C ۴۷۲ را به منظور روشهای دیگر تراکم ملاحظه نمایید. نمونه‌های مکعبی را در همان محیط و برای همان مدت زمانی که مواد برای اندود نمونه‌ها استفاده می‌شوند، بعمل آورید.

۵-۱-۲- مقاومت مواد اندود کننده باید بر روی بخش جدید محموله و در فواصل کمتر از ۳ ماه تعیین شود. اگر بخش آزمایش شده از نظر مقاومت شرایط لازم را نداشته باشد، آن بخش نباید استفاده شود و آزمایش تعیین مقاومت مواد جایگزین شده باید به طور همتنگی انجام شود تا نتایج چهار هفته پی در پی مشخصات لازم را داشته باشد.

۵-۲- خمیر سیمان هیدرولیک خالص

۵-۲-۱- آزمایشهای کنترل کیفی خمیر سیمان هیدرولیکی خالص را قبل از استفاده در اندود کردن انجام دهید تا اثرات نسبت آب - سیمان و سن بر مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی ۲ اینچی (۵۰ میلی‌متری) را تعیین کنید. توجه ۲: سیمان‌های استفاده شده عموماً مطابق با مشخصات ASTM: C ۱۵۰ و از نوع III, II, I می‌باشند. لیکن سیمانهای ترکیبی آلومینات کسیم یا سیمانهای هیدرولیکی دیگر که از نظر مقاومت قابل قبول باشند، ممکن است استفاده شوند.

۵-۲-۲- خمیر سیمان خالص را با قوام مطلوب و با نسبت آب به سیمان معادل یا کمتر از مقدار لازم برای مقاومت لازم، معمولاً ۲ تا ۴ ساعت قبل از استفاده از خمیر مخلوط کنید (توجه ۳). اگر لازم است، غلظت قابل قبول را نگه دارید، خمیر را دوباره مخلوط کنید (توجه ۴). گاهی دوباره آب دادن خمیر، در صورتی که نسبت آب به سیمان از مقدار لازمه بیشتر نشود، قابل قبول است. قوام بهینه معمولاً در نسبت آب به سیمان ۰/۳۲ تا ۰/۳۶ جرمی برای سیمان‌های نوع I و II و ۰/۳۵ تا ۰/۳۹ جرمی برای سیمان نوع III بدست می‌آید. توجه ۳: خمیرهای تازه مخلوط شده تمایل به جاری شدن و انقباض دارند در نتیجه اندود غیر قابل قبولی ایجاد می‌کند. دوره ۲ تا ۴ ساعته عموماً برای سیمان پرتلند مناسب است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۱ - مقاومت فشاری و حداکثر ضخامت مواد اندودکننده

مقاومت فشاری استوانه پوند بر اینچ مربع (مگا پاسکال)	حداقل مقاومت مواد اندودکننده پوند بر اینچ مربع (مگا پاسکال)	میانگین حداکثر ضخامت اندود (اینچ (میلیمتر))	حداکثر ضخامت هر بخش از اندود (اینچ (میلیمتر))
۵۰۰ تا ۷۰۰ (۳/۵ تا ۵)	۵۰۰۰ (۳۵) یا مقاومت نمونه استوانه‌ای هر کدام که بیشتر باشد	$\frac{1}{4}$ (۶)	$\frac{5}{16}$ (۸)
بیش از ۷۰۰ (۵۰)	مقاومت فشاری که کمتر از مقاومت استوانه نباشد	$\frac{1}{8}$ (۳)	$\frac{3}{16}$ (۵)

توجه ۴: قوام لازم خمیر با ظاهر اندود وقتی که لخت شده است، تعیین می‌شود. خمیر شل در اندود رگه ایجاد می‌کند. خمیر سفت به اندود ضخیم منتج شود.

۵-۳- خمیر سیمان گچی با مقاومت بالا

۵-۳-۱- امکان اضافه نمودن فیلر یا افزودنی به خمیر سیمان گچ خالص با مقاومت بالا بعد از ساختن وجود ندارد. (توجه ۵). آزمایش‌های کیفی باید برای تعیین اثرات نسبت آب به سیمان و سن در تعیین مقاومت فشاری نمونه‌های مکعبی ۲ اینچی (۵۰ میلیمتری) انجام شود. مواد کندگیر ممکن است برای افزایش زمان کارایی استفاده شوند، اما اثرات آنها روی نسبت آب به سیمان و مقاومت لازم باید تعیین شود (توجه ۶).

توجه ۵: قالب گچ، گچ پاریس یا مخلوط گچ پاریس و سیمان پرتلند با مقاومت کم برای اندود کردن مناسب نیست.

توجه ۶: نسبت آب به سیمان گچی باید بین ۰/۲۶ و ۰/۳ باشد. استفاده از نسبت‌های آب به سیمان کمتر و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مخلوط کردن خوب معمولاً مقاومت ۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۳۵ مگا پاسکال) را در سن یک یا دو ساعت تامین می نماید. نسبت های آب به سیمان گچ بیشتر زمان کارایی را افزایش می دهد، اما مقاومت را کاهش می دهد. ۲-۳-۵- خمیر سیمان گچ خالص را با نسبت آب به سیمان مورد نظر مخلوط کنید و بدون معطلی آن را استفاده کنید زیرا که سریعاً سفت می شود.

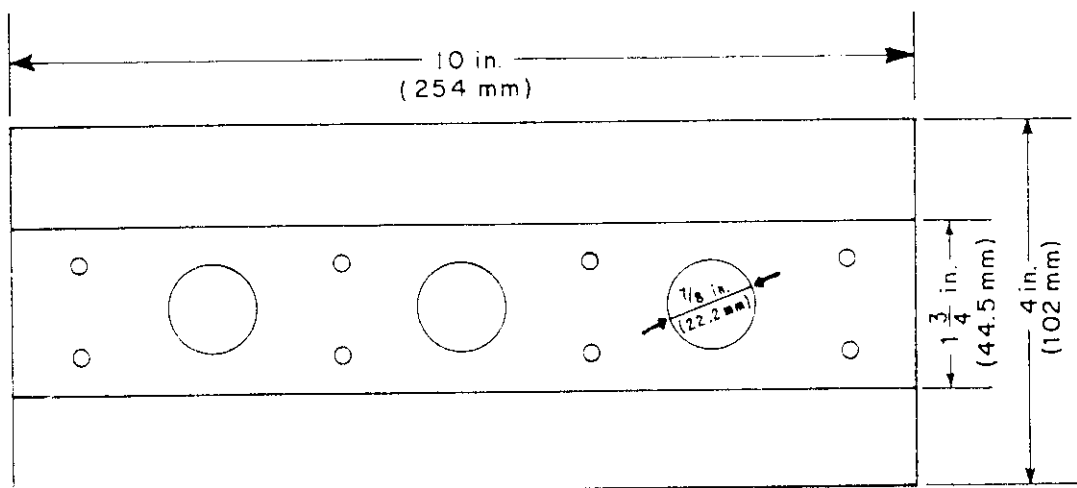
۴-۵- ملات گوگرد

۱-۴-۵- ملاتهای گوگرد اختصاصی یا آزمایشگاهی تهیه شده، اگر در حداقل ۲ ساعت قبل از آزمایش سخت شود، ممکن است استفاده شوند.

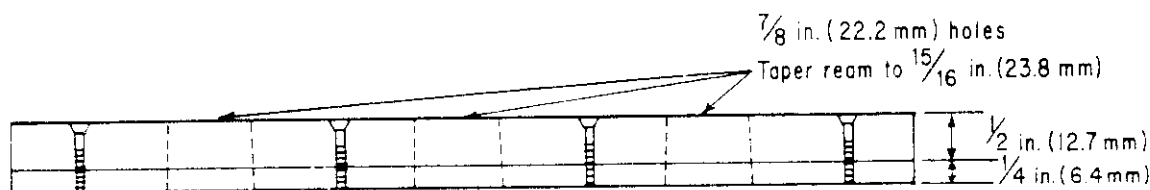
توجه ۷: برای نمونه های بتن یا مقاومت بیشتر از ۵۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۳۵ مگا پاسکال) یک شب برای سخت شدن آنها لازم می باشد.

۲-۴-۵- تعیین مقاومت فشاری - نمونه های آزمایشی را با استفاده از قالب مکعبی آماده کنید و صحنه نحتانی را با ملزومات روش آزمایش C ۱۰۹ و صحنه پوشش فلزی را با اصول طراحی نشان داده شده در شکل ۱ مطابق کنید (توجه ۸). قسمت های مختلف دستگاهها را به دمای ۶۸ تا ۸۶ درجه فارنهایت (۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد) برسانید. سطوحی که در تماس با ملات گوگرد خواهد بود را با پوشش نازکی از روغن معدنی بپوشانید و نزدیک ظرف ذوب سوار کنید. دمای ملات ذوب شده گوگرد را در ظرف به حدود ۲۶۵ تا ۲۹۰ درجه فارنهایت (۱۲۹ تا ۱۴۳ درجه سانتیگراد) برسانید و شدیداً هم بزنید. ریختن ملات در قالبهای مکعبی را شروع کنید. با استفاده از یک ملاقه یا هر وسیله مناسب برای ریختن، سریعاً هر سه قسمت را پر کنید تا مواد مذاب بالای حفره پر شوند برسد. زمان کافی را برای اینکه حداکثر انقباض ناشی از سرد شدن و سفت شدن اتفاق بیفتد، منظور کنید (تقریباً ۱۵ دقیقه) و با مواد مذاب دوباره پر کنید (توجه ۹). بعد از تکمیل سفت شدن، نمونه ها را از قالب در آورید بدون اینکه کپه متشکله با پر کردن حفره در صحنه پوشش شکسته شود. روغن، لبه های تیز و پرکها را از نمونه ها جدا کرده و ناهمواری سطوح بارگذاری را با روش تشریح شده در ASTM: C ۱۰۹ کنترل کنید. پس از اینکه نمونه ها در دمای اتاق تا رسیدن به سن مورد نظر نگهداری شدند (سن نباید کمتر از ۲ ساعت باشد) آزمایش مقاومت فشاری را طبق روش تشریح شده در ASTM: C ۱۰۹ انجام دهید و مقاومت فشاری را محاسبه کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



COVER PLATE - Plan View



COVER PLATE - Front View

شکل ۱ - نمایی از صفحه پوشش برای قالب مکعبی ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر)

توجه ۸: اگر تمایل باشد، ممکن است یک صفحه فنل فرمالدئید (bakelite) با ضخامت $\frac{1}{8}$ اینچ (۳ میلیمتر) با تقریباً سه فضای حفره‌ای پرکننده مناسب بین صفحه پوشش و قالب قرار گیرد تا میزان سرد شدن نمونه‌های آزمایشی کند شود.

توجه ۹: دومین پرکردن، در جلوگیری از تشکیل فضای خالی بزرگ یا انقباض لوله‌ای در بدنه نمونه کمک می‌کند. گرچه اتفاق چنین خرابی، ارتباطی به چگونگی مراقبت از نمونه‌ها ندارد. بنابراین مقتضی است هنگامی که مفاد یر مقاومت حاصله به مقدار قابل توجهی کمتر از مقدار مورد انتظار باشد، بکنواختی داخلی نمونه‌های ملات گوگرد آزمایش شده بررسی شود.

۶- روش های اندود کردن

۶-۱- نمونه های استوانه ای تازه قالب گیری شده - برای اندود کردن نمونه های استوانه ای تازه قالب گیری شده فقط از خمیر سیمان پرتلند خالص استفاده کنید (توجه ۱۰). اندودها را تا حد ممکن نازک تهیه کنید. معمولاً از ۲ تا ۴ ساعت بعد از قالب گیری، خمیر خالص را به انتهای نمونه که در معرض دید قرار گرفته اجرا نکنید تا نشست بتن در قالبها متوقف شود. در ضمن قالب گیری نمونه ها، انتهای بالایی را در حدود یک یا دو اینچ پایین تر از لبه بالایی قالب حذف کنید. قبل از اندود کردن آب آزاد و مواد اضافی را از بالای نمونه سریعاً حذف کنید. اندود را به شکل تپه مخروطی از خمیر روی نمونه در آورید و سپس به آرامی یک صفحه روغن اندود را روی نوک مخروط فشار دهید تا صفحه بالیه قالب تماس پیدا کند. یک حرکت آرام پیچشی ممکن است برای بیرون ریختن خمیر اضافی و حذف فضاهای خالی هوا در خمیر لازم باشد. صفحه اندود در طول این عملیات نباید تکان بخورد. صفحه اندود و قالب را برای جلوگیری از خشک کردن بالیه دو لای کرباس مرطوب و یا یک صفحه پلی اتیلن بدقت بپوشانید. جابجایی صفحه اندود پس از سخت شدن ممکن است با ضربه زدن به لبه قالب با چکش پلاستیکی و در جهت موازی با صفحه اندود انجام شود.

توجه ۱۰- اندودهای با سیمان خالص نوع I معمولاً حداقل ۶ روز و با سیمان خالص نوع III حداقل دو روز برای دستیابی به مقاومت قابل قبول لازم دارند. نمونه های بتن خشک، آب را از خمیر سیمان خالص تازه مخلوط شده جذب می کنند و اندود غیرقابل قبولی را منجر می شوند. اندودهای خمیر سیمان خالص در ضمن خشک شدن متبعض شده و ترک بر می دارند، بنابراین اندودهای مذکور باید فقط برای نمونه هایی که به طور پیوسته تا زمان آزمایش مرطوب نگه داشته می شوند، استفاده شوند.

توجه ۱۱- اندودهای گچی با مقاومت بالا در تماس با آب، نرم و خراب می شوند و نمی توانند بر روی بتن تازه مخلوط شده با نگهداری شده در اتاق مرطوب بیش از یک دوره خیلی کوتاه استفاده شوند.

۶-۲- نمونه های بتن سخت شده:

۶-۲-۱- کلیات - اگر یک انتهای نمونه پوششی داشته باشد یا مواد روغنی یا مومی روی آن ته نشین شده باشد به طوری که مانع از پیوستگی اندود شود، چنین پوشش یا نهشته ای را بردارید. در صورت لزوم انتهای نمونه را برای داشتن چسبندگی مناسب با اندود، با یک سوهان فلزی یا برس سیمی به آرامی خراش دهید. در صورت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تمایل . صفحات اندود ممکن است با لایه نازکی از روغن معدنی یا گریس به منظور جلوگیری از جسیدن مواد اندود به سطح صفحات پوشیده شوند.

۶-۲-۲- اندود کردن با خمیر سیمان خالص یا خمیر گچ با مقاومت بالا - خمیر را مطابق آنچه در بخت ۵ تشریح شد، مخلوط کنید. نسبت آب به سیمان نباید بیش از مقدار تعیین شده در آزمایشهای کیفی باشد. اندودها را مطابق آنچه در بند ۶-۱ تشریح شد، با استفاده از صفحات اندود تشریح شده در بند ۴-۱ جهت رسیدن به مسیر مورد لزوم ذکر شده در بند ۴-۲ شکل دهید (توجه ۱۲). معمولاً، صفحات اندود مسکن است پس از ۴۵ دقیقه با خمیر سیمان گچ و ۱۲ ساعت با خمیر سیمان خالص بدون خرابی قابل رؤیت در اندود جدا شوند.

توجه ۱۲: چند روش برای کسب اندود مطلوب به صورت قائم بر محور نمونه استونه‌ای استفاده می‌شود. یک کپه از خمیر روی یک صفحه اندود می‌تواند قرار گرفته و نمونه به داخل آن پایین آورده شود. یک تراز روی سطح بالایی نمونه در بدست آوردن مسیر کمک می‌کند. یک کپه از خمیر بر بالایی نمونه می‌تواند قرار گرفته و یک صفحه اندود به آن فشرده شود. از یک تراز روی سطح بالایی نمونه برای بدست آوردن مسیر استفاده کنید. سیستم بهتر این است که قالبی با ارتفاع نصف و یک شکاف قائم، که بتواند بالایی نمونه سحت شده بنماید، ساخته شود. برای بدست آوردن ضخامت لازم اندود و جای گیری قالب از یک گیره استفاده می‌شود. سپس کپه خمیر می‌تواند روی صفحه اندود یا بالایی نمونه قرار گرفته و فشرده شود تا صفحه با قالب تماس پیدا کند. چنانچه قبلاً ذکر شد، خمیر خیلی سنت ممکن است فشار زیادی لازم داشته و به اندود نازک یا خرابی منتج شود.

۶-۲-۳- اندود کردن با ملات گوگرد - ملات گوگرد را با حرارت دادن تا دمای حدود ۲۶۵ تا ۲۹۵ درجه فارنهایت (۱۲۹ تا ۱۴۳ درجه سانتیگراد) که متناوباً با یک دماسنج فلزی قرار گرفته در مرکز توده کنترل می‌شود، تهیه کنید. ظرف را با مواد تازه در فواصل کافی پر کنید، مطمئن شوید که مواد قبلی در ظرف بیش از ۵ بار استفاده نشده باشند (توجه ۱۳). ملات گوگرد تازه باید خشک باشد زیرا وقتی در ظرف قرار گرفت رطوبت سبب کف کردن آن می‌شود. ملات گوگرد ذوب شده را به همان دلیل دور از آب نگهدارید. ابزار یا صفحات اندود قبل از استفاده باید گرم شوند تا سرعت سنت شدن کم شده و اندود نازکتر ایجاد شود. صفحات اندود را با لایه نازکی از روغن بپوشانید و ملات گوگرد ذوب شده را فوراً قبل از هر ریختن اندود تکان دهید. انتهای نمونه‌های مرطوب بعمل آمده باید به اندازه‌ای خشک شود تا در هنگام اندود کردن از تشکیل بخار یا کف در زیر یا داخل اندود با قطر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بیش از $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلیمتر) جلوگیری شود. اندوذهای با فضاهای خالی بزرگتر از $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلیمتر) و بخار را بردارید (توجه ۱۴). برای اطمینان از جسیدن اندود به سطح نمونه، قبل از اندود کردن نباید انتهای نمونه روغن زده شود. وقتی از یک وسیله قائم استفاده می شود، ملات را بر روی صفحه اندود بریزید. نمونه را بالای صفحه بلند کرده و اطراف نمونه را با راهنماها تماس دهید. استوانه را به سمت پایین بلغزانید تا به سوی صفحه اندود در حالیکه در تماس با راهنما ثابت نگه داشته شده است، هدایت شود. انتهای نمونه در حالیکه اطراف آن با راهنما در تماس است، باید روی صفحه اندود بماند تا ملات سخت شود. برای پوشاندن انتهای استوانه بعد از سخت شدن ملات گوگرد، از مواد مناسب استفاده کنید.

توجه ۱۳: استفاده مجدد از مواد باید محدود شود برای اینکه افت مقاومت و قابلیت ریختن را در اثر آلودگی ملات یا روغن یا خورده های متفرقه و کم شدن گوگرد در ملات حرارت دادن را به حداقل برساند.

توجه ۱۴: اندود ملات گوگرد متناوباً از نظر فضای خالی هوا و بخار در اندود بعد از آزه، پتس باید کنترل شود. قبل از آزمایش، اندود می تواند با یک سکه سوراخ شود یا بایک وسیله سبک فلزی سائیده شود تا وجود حفره در آن مشاهده شود. اندوذهای با سطوح حفره ای باید برداشته شده و مجدداً اندود گردد.

۱-۳-۲-۶- احتیاط: وقتی ملات گوگرد با مواد ارگانیکی مانند پارافین یا روغن آلوده باشد، ممکن است در ضمن اندود کردن گاز سولفید هیدروژن تولید شود. این گاز بی رنگ بوده و بوی بدی مثل بوی تخم مرغ فاسد شده دارد، لیکن نمی توان به امید این بوی بد بود که اخطار دهد، زیرا حساسیت بو به محض ایجاد ناپدید می شود. غلظت بالای این گاز مرگ آور است و غلظتهای کم ایجاد تهوع، بی اشتها، گیجی، سردرد و سوزش چشم می کند. به این دلیل و دلایل دیگر، ظروف ذوب باید زیر یک هواکش قوی قرار گرفته و محیط اندود کردن باید بخوبی تهویه گردد.

۴-۲-۶- کنترل روزانه - هر چند روز در انجام عمل اندود کردن، مسطح بودن اندودها را بر روی حداقل سه نمونه در شروع، وسط و پایان دور با یک لبه مستقیم و گیج حساس کنترل کنید. حداقل سه اندازه گیری در قطرهای مختلف برای بدست آوردن اینکه سطوح اندود از مسطح بودن بیش از 0.002 / اینچ (0.05 میلیمتر) انحراف نداشته باشد، انجام گیرد. سطوح حفره ای را نیز کنترل کنید (توجه ۱۴).

۷- محافظت از نمونه ها پس از اندود کردن

۷-۱- در فاصله زمانی بین اندود کردن و زمان آزمایش با بازگرداندن نمونه ها به مخزن رطوبت یا پوشانیدن آنها با پارچه کرباس فرطوب دولاب، رطوبت نمونه های عمل آوری شده را در حالت مرطوب نگه دارید. نمونه های اندود شده با خمیر گچ را در آب غوطه ور نکرده یا بیش از ۴ ساعت در اطاق رطوبت نگه ندارید. نمونه های اندود شده با گچ را از چکه کردن آب محافظت کنید.

۷-۲- نمونه های اندود شده را قبل از گذشت زمان کافی از اندود کردن و دستیابی به مقاومت ذکر شده در بند ۵-۱ آزمایش نکنید. بعلاوه، نمونه های اندود شده با ملات گوگرد و سیمان گچ نباید زودتر از ۲ ساعت پس از تکمیل اندود شدن، آزمایش شوند. / ب ق ۸/۱۶

استاندارد ASTM: C666-97

روش آزمایش استاندارد تعیین مقاومت بتن در برابر یخ زدن و ذوب شدن سریع

۱- هدف

۱-۱) این استاندارد دو روش برای تعیین مقاومت نمونه‌های بتنی در برابر سیکلهای سریع یخ زدن و ذوب شدن در آزمایشگاه را ارائه می‌دهد.

روش A، یخ زدن و ذوب شدن سریع در آب، روش B، یخ زدن سریع در هوا و ذوب شدن در آب می‌باشد. هر دو روش برای بررسی تغییرات خواص بتن در اثر مقاومت بتن در برابر سیکلهای یخ زدن و ذوب شدن بکار می‌روند. هیچکدام از دو روش برای طول عمر یک بتن مشخص، معیار عددی ارائه نمی‌دهند.

۱-۲) مقادیری که بر حسب inch-Pound بیان شده‌اند به عنوان مقادیر استاندارد محسوب می‌شوند.

۱-۳) مواردی که در این استاندارد بطور مشخص به روش A یا روش B اختصاص داده نشده‌اند مربوط به هر دو روش می‌باشند.

۱-۴) همه موارد ایمنی در این استاندارد ذکر نشده است. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آن را مشخص کند.

۲- مراجع

۱-۲) استانداردهای ASTM

C157 روش تعیین تغییر طول ملات سیمان هیدرولیکی و بتن

C192 روش تهیه و عمل آوری نمونه‌های آزمایشی بتن در آزمایشگاه.

C215 روش تعیین فرکانسهای طولی و عرضی نمونه‌های بتن

C233 روش آزمایش افزودنیهای هوازا در بتن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

C295 راهنمای انجام آزمایشات سنگ شناسی مربوط به سنگدانه های بتن

C341 روش تعیین تغییر طول نمونه های بریده شده یا مغزه گیری شده ملات سیمان هیدرولیکی یا نمونه های بتن

C490 روش استفاده از دستگاه تعیین تغییر طول خمیر سیمان سخت شده، ملات و بتن

C670 روش تعیین دقت روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

C823 روش آزمایش و نمونه گیری بتن سخت شده در سازه ها

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱) همانطور که در قسمت قبل ذکر شد، در روش توصیف شده در این استاندارد برای تعیین اثرات تغییر خواص و شرایط بتن روی مقاومت در برابر سیکل های یخ زدن و ذوب شدن بکار می رود.

کاربردهای مشخص این روش در مشخصات C494، روش آزمایش C233 و طبقه بندی سنگدانه درشت بر اساس اثر آنها روی دوام بتن در برابر یخ زدن و ذوب شدن، بخصوص در جائیکه سالم بودن سنگدانه سوال برانگیز است، آورده شده است.

۳-۲) فرض می شود که این روشها تحت شرایطی که در ذیل تعریف شده است تاثیر مخرب قابل توجهی روی نمونه های بتنی ندارند.

(۱) بتن تا حد بحرانی با آب اشباع نمی شود (یعنی آنقدر اشباع نمی شود که با یخ زدن خراب شود)

(۲) بتن از سنگدانه هایی ساخته شده است که در برابر سرما مقاوم می باشد و نیز عمل هوازدائی در آن بخوبی انجام شده است. این امر باعث می شود که عمل آوری بتن به نحو احسن انجام شود و به این طریق از اینکه اشباع شدن نمونه در شرایط معمولی به حالت بحرانی برسد جلوگیری می شود.

۳-۳) اگر نتیجه انجام آزمایش این باشد که بتن نسبتاً تحت تاثیر یخبندان قرار نمی گیرد. می توان فرض کرد بتن تا حد بحرانی اشباع نشده است و یا اینکه بتن از سنگدانه های سالم ساخته شده و عمل هوازدائی در آن بخوبی انجام شده و بطور مناسب عمل آورده شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۴) هیچ ارتباطی بین مقاومت در برابر سیکلهای یخ زدن و ذوب شدن نمونه‌های بریده شده از بتن سخت شده و نمونه‌های آماده شده در آزمایشگاه وجود ندارد.

۴- لوازم

۴-۱) دستگاه یخ زدن و ذوب شدن

۴-۱-۱) دستگاه یخ زدن و ذوب شدن باید دارای محفظه یا محفظه‌هایی باشد که نمونه‌ها را بتوان در آن در معرض سیکلهای مشخص یخ زدن و ذوب شدن قرار داد. و باید دارای یک وسیله سرمایش و گرمایش به همراه کنترل‌هایی جهت انجام پیوسته و اتوماتیک سیکلها در دمای مورد نیاز باشد. در صورتیکه دستگاه بطور اتوماتیک کار نکند باید شرایطی فراهم شود که بطور پیوسته در ۲۴ ساعت بصورت دستی کار کند و یا اینکه در زمانهایی که آزمایش متوقف می‌شود نمونه‌ها در حالت یخ زده باقی بمانند.

۴-۱-۲) در صورتیکه شرایط خاصی مد نظر نباشد بایستی شرایط زیر را برای دستگاه فراهم نمود.

(۱) روش A: هنگامیکه نمونه در معرض سیکلهای یخ زدن و ذوب شدن قرار می‌گیرد باید حداقل با $\frac{1}{32}$ اینچ (۱ میلی متر) و حداکثر با $\frac{1}{8}$ اینچ (۳ میلی متر) آب پوشیده شده باشد.

(۲) روش B: در فاز یخ زدن نمونه‌ها باید کاملاً توسط هوا و در فاز ذوب شدن کاملاً توسط آب احاطه شوند. استفاده از ظرفهای صلب که باعث خرابی نمونه‌ها می‌شوند، مجاز نمی‌باشد. نمونه‌های با طولهای مختلف باید طوری قرار گیرند که gage studs آسیب نبیند.

نکته ۱: تجربه نشان داده است بویژه در دستگاهی که از هوا بجای مایع برای انتقال گرما استفاده می‌شود، هنگام آزمایش یخبندان فشار یخ یا آب خرابی زیادی به ظرفهای فلزی و نمونه داخل آنها می‌تواند وارد کند. بنابراین در هنگامیکه شکم دادگی یا تغییر شکل در ظرفها اتفاق می‌افتد نتایج آزمایشات باید با احتیاط تفسیر شود.

۴-۱-۳) دمای وسیله انتقال دهنده حرارت در حالتیکه از روش A استفاده می‌شود باید در هر مکان روی سطح محفظه نمونه، و اگر از روش B استفاده می‌شود باید در هر مکان روی سطح نمونه اندازه‌گیری گردد. این دما باید

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

در محدوده 6°F ($3/3^{\circ}\text{C}$) ثابت باشد. مگر اینکه در زمان انتقال از حالت یخ زدن به ذوب شدن و برعکس باشیم. ۴-۱-۳) هر نمونه را باید طوری نگهداشت که گرمای وسیله انتقال دهنده حرارت مستقیماً از انتهای ظرف به کل سطح پایینی نمونه انتقال نیابد. بنابراین آن را طوری قرار دهیم که در تماس مستقیم با وسیله انتقال دهنده حرارت نباشد.

نکته ۲: یک مارپیچ سیمی $\frac{1}{8}$ اینچ (۳ میلی متر) که در ته ظرف قرار داده شده، برای نگهداری نمونه‌ها مناسب می‌باشد. ۴-۱-۴) در روش B، فرض می‌شود که نمونه‌ها درون ظرف نگهداری نمی‌شوند. جایی که نمونه در آن قرار می‌گیرد باید طوری باشد که با کل سطح نمونه در تماس نباشد. بنابراین سطح نمونه نباید مستقیماً با نگهدارنده خود در تماس باشد.

نکته ۳: استفاده از توری، میله‌های فلزی، یا تیغه‌های پلایه فلزی برای این هدف مناسب است. بین مربعات می‌شود که حرارت در امتداد طول میله یا تیغه منتشر شود.

۴-۲) وسیله اندازه‌گیری دما: مرکب از دماسنج‌ها و ترموکوپلهایی می‌باشد که قادر به اندازه‌گیری دما در نقاط مختلف محفظه و نمونه با دقت 2°F ($1/1^{\circ}\text{C}$) باشد.

۴-۳) وسایل آزمایش دینامیکی: باید طوری ساخته شوند که مشخصات روش C215 را داشته باشند.

۴-۴) تغییر طول مجاز دستگاه آزمایش تغییر طول سنج:

مطابق با مشخصات C490، وقتی که نمونه‌ها دارای طول اسمی بزرگتر از $\frac{1}{4}$ اینچ (۲۸۶ mm)، طولی که مطابق با مشخصات C490 برای آزمایش یخبندان - ذوب شدن است، می‌باشند. باید از یک میله با طول مناسب مطابق با مشخصات C490 استفاده شود. درجه بندی و دقت میکرومترهای گیج مدرج دستگاه تغییر طول سنج باید مطابق با مشخصات C490، هم برای کالیبراسیون بر اساس میلی متر و هم بر اساس inch، باشند. قبل از شروع اندازه‌گیری روی هر نمونه، برای تعیین اختلاف طول نمونه دستگاه سنجش را در یک طول مناسب ثابت کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۵) ترازوها: با ظرفیت تقریبی ۵۰٪ بیشتر از وزن نمونه‌ها و حداقل دقت 0.1 Lb ($4/5 \text{ gr}$) در محدوده ± 10 درصد وزن نمونه مناسب می‌باشد.

۴-۶) محفظه گرمایش و سرمایش: که دارای امکانات لازم برای حفظ دمای نمونه آزمایشی در آب می‌باشد. بنحویکه وقتی نمونه‌ها از محفظه برداشته می‌شوند تا آزمایش فرکانس اصلی عرضی و آزمایش تغییر طول روی آنها انجام شود دمای آنها در محدوده 2°F (1.1°C) پایین‌تر تا 2°F ($2/2^{\circ}\text{C}$) بالاتر از دمای ذوب مورد نظر در سیکل‌های واقعی یخ زدن و آب شدن واقع شوند. استفاده از محفظه در دستگاه یخ زدن و ذوب شدن به ثابت نگهداشتن دستگاه در انتهای سیکل ذوب و نگهداری نمونه در آن الزام بر آورده می‌سازد. بشرطی که، نمونه‌ها در محدوده دماهای فوق مورد آزمایش فرکانس عرضی قرار گیرد. لازم است در هنگام آزمایش یک نمونه، از دمای ذوب هدف یکسانی استفاده شود. زیرا تغییر دمای نمونه در هنگام اندازه‌گیری طول نمونه، روی طول نمونه اثر خواهد گذاشت.

۵- سیکل‌های یخ زدن و ذوب شدن:

۵-۱) وسایل مورد نیاز برای اندازه‌گیری دمای نمونه‌های کنترلی را تعیین کنید و به این طریق وسایل مناسب برای اندازه‌گیری دمای نمونه‌های تحت آزمایش را انتخاب کنید. محل نمونه‌های کنترلی را طوری تغییر دهید که بیشترین تغییرات دما در مکان‌های مختلف محفظه نمونه را نشان دهد.

۵-۲) سیکل‌های اسمی یخ زدن و ذوب شدن برای هر دو روش شامل پایین آوردن دمای نمونه‌ها از 40°F به 4°F ($4/4^{\circ}\text{C}$ به $-17/8^{\circ}\text{C}$) و بالا بردن آن از 4°F تا 40°F ($4/4^{\circ}\text{C}$ به $-17/8^{\circ}\text{C}$) می‌باشد. که این امر بطور متناوب در مدت زمانی که کمتر از ۲ ساعت و بیشتر از ۵ ساعت نباشد، انجام می‌گیرد.

در روش A، زمان لازم برای افزایش دمای نمونه از ۲۵ درصد زمان لازم برای گرم شدن نمونه نباید کمتر باشد. و در روش B، زمان لازم برای افزایش دمای نمونه از ۲۰ درصد زمان لازم برای گرم شدن نمونه نباید کمتر باشد. نکته (۴) در انتهای فاصله زمانی سرد شدن نمونه، دمای نمونه‌ها باید $3^{\circ}\text{F} \pm 40$ ($1/7^{\circ}\text{C} \pm 4/4$) باشد. هیچگاه دمای نمونه‌ها نباید کمتر از 3°F ($-19/4^{\circ}\text{C}$) و بیشتر از 43°F ($6/1^{\circ}\text{C}$) شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

زمان لازم برای آنکه دمای مرکز هر نمونه از 37°F به 3°F کاهش یابد ($2/8^{\circ}\text{C}$ به $-16/1^{\circ}$) از نصف زمان لازم برای یخ زدن نمونه نباید کمتر باشد.

برای نمونه‌هایی که باید با هم مقایسه شوند، زمان لازم برای اینکه دمای نمونه‌ها از 35°F به 10°F تغییر کند ($12/2^{\circ}\text{C}$ به $1/7^{\circ}\text{C}$) نباید بیشتر از $1/4$ زمان مورد نیاز برای یخ زدن هر نمونه با هم تفاوت داشته باشند. و همچنین زمان مورد نیاز برای اینکه دمای نمونه‌ها از 10°F به 35°F ($12/2^{\circ}\text{C}$ به $1/8^{\circ}\text{C}$) تغییر کند نباید بیشتر از $1/4$ زمان لازم برای ذوب شدن هر نمونه با هم تفاوت داشته باشند.

نکته ۴: در بسیاری از موارد، شرایط زمانی و دمایی را می‌توان توسط فضاپرکن، کنترل نمود. در صورتیکه فضاپرکن در دسترس نباشد از نمونه‌های ساختگی برای پرکردن فضاهای خالی می‌توان استفاده نمود. این عمل در یکتراخت نگهداشتن شرایط سیال موثر است.

با توجه به آنکه انجام آزمایش در یک دستگاه و در یک زمان روی نمونه‌های بتنی مختلفی که مواد و خواص گرمایی آنها به مقدار قابل ملاحظه‌ای با هم فرق می‌کند، اجازه تبعیت از مشخصات دمایی و زمانی برای هر نمونه را نخواهد داد. بنابراین بهتر است این نمونه‌ها در زمانهای مختلف تحت آزمایش قرار گیرند و در هنگام انجام هر آزمایش نیز تنظیمات مناسب برای دستگاه انجام شود.

۳-۵) اختلاف دما بین مرکز نمونه و سطح آن نباید بیشتر از 50°F ($27/8^{\circ}\text{C}$) باشد.

۴-۵) فاصله زمانی انتقالی بین فازهای ذوب شدن و یخ زدن نباید بیش از ۱۰ دقیقه باشد مگر اینکه نمونه مطابق با قسمت (۳-۸) آزمایش شود.

۶- نمونه‌گیری:

۱-۶) اجزای مواد برای نمونه‌های بتنی که در آزمایشگاه ساخته می‌شوند، باید با استفاده از استانداردهای کاربردی نمونه‌گیری شوند.

۲-۶) نمونه‌گیری نمونه‌های بریده شده از بتن سخت شده باید مطابق با مشخصات C823 باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷- نمونه‌های آزمایش:

۱-۷) نمونه‌هاییکه برای استفاده در این آزمایش بکار می‌روند باید منشوری یا استوانه‌ای ساخته شوند و مطابق با دستور العمل C192 و C490 عمل آوری شوند.

۲-۷) شعاع، عمق یا عرض نمونه‌ها نباید کمتر از ۳in (۷۶ میلی‌متر) و بیشتر از ۵in (۱۲۷ میلی‌متر) باشد و همچنین طول این نمونه‌ها نباید کمتر از ۱۱in (۲۷۹ میلی‌متر) و بیشتر از ۱۶in (۴۰۶ میلی‌متر) باشد.

۳-۷) نمونه‌های آزمایشی ممکن است که بصورت مغزه یا منشوری شکل از بتن سخت شده بریده شوند. در این صورت به نمونه‌های گرفته شده از بخش مرطوب سازه، نباید اجازه خشک شدن داده شود. این ممکن است بوسیله پیچاندن یک پلاستیک بدور آن یا هر روش مناسب دیگر انجام گیرد.

۴-۷) در این آزمایش از هنگامیکه نمونه‌ها از قالب خارج می‌شوند تا زمانیکه تحت آزمایش یخبندان قرار می‌گیرند. باید داخل آب اشباع از آهک فر گیرند. تمام نمونه‌هایی که با یکدیگر مقایسه می‌شوند در ابتدا بیستی ابعاد اسمی یکسانی داشته باشند.

۸- روش انجام آزمایش:

۱-۸) نمونه‌های قالب‌گیری شده تیر باید بمدت ۱۴ روز قبل از آزمایش عمل آوری شوند. مگر اینکه مشخصات دیگری ذکر شده باشد. نمونه‌های تیر بریده شده از بتن سخت شده باید بوسیله غرقاب شدن در آب آهک با دمای $(23 \pm 1/7) ^\circ\text{C}$ ($73/4 \pm 3 ^\circ\text{F}$) برای مدت ۴۸ ساعت قبل از آزمایش در شرایط مرطوب نگهداری شوند مگر اینکه شرایط دیگری ذکر شده باشد.

۲-۸) بلافاصله بعد از زمان عمل آوری، نمونه‌ها را به دمای ذوب هدف با تلو رانس $(1/1) ^\circ\text{C}$ ($2 ^\circ\text{F}$) پائین‌تر تا $(2/2) ^\circ\text{C}$ ($4 ^\circ\text{F}$) بالاتر برسانید. و فرکانسهای طبیعی آن را تعیین کنید و مطابق دستور العمل C215 وزن آن را اندازه بگیرید. نمونه‌ها را در فاصله زمانی خارج کردن از مرحله عمل آوری و شروع سیکلهای یخبندان در برابر از دست دادن رطوبت محافظت کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸-۳) آزمایش یخ زدن و ذوب شدن را با قرار دادن نمونه‌ها در آب گرم در ابتدای سیکل ذوب شدن شروع کنید. در فواصل زمانی که نمونه‌ها بیش از ۳۶ سیکل در معرض یخبندان قرار نگرفته‌اند، در فاز ذوب شدن نمونه‌ها را از دستگاه بردارید و فرکانس طبیعی نمونه را در دمای مشخص شده در بند (۴-۶) اندازه‌گیری کنید و نمونه‌ها را وزن کنید و سپس نمونه‌ها را به دستگاه برگردانید. برای اطمینان از اینکه نمونه‌ها بطور کامل گرم شده و دارای دمای مشخص می‌باشند، آنها را در محفظه گرمایش و سرمایش قرار دهید تا در انتهای فاز ذوب شدن به مدت کافی در دستگاه یخبندان قرار دهید. نمونه‌ها را در برابر دست دادن رضایت محافظت کنید.

در صورت استفاده از روش A ظرف را شستشو داده و آب تازه اضافه کنید. سپس نمونه‌ها را بصورت اتفاقی روی پیروی از یک نظام مشخص چرخش، بطوریکه کل نمونه هنگام آزمایش در معرض شرایط محیطی قرار گیرد. در درون دستگاه قرار دهید.

آزمایش روی نمونه‌ها را تا آنجا ادامه دهید که نمونه‌ها در معرض ۳۰۰ سیکل یخبندان قرار گیرند یا اینکه مدول الاستیسیته دینامیکی آنها به ۶۰ درصد مدول اولیه برسد. (هر کدام که زودتر رخ دهند). مگر اینکه محدودیت‌های دیگری مشخص شده باشد. (نکته ۵) در آزمایش تغییر طول مجاز، 0.1% انبساط ممکن است به عنوان معیاری برای خاتمه آزمایش استفاده شود.

اگر نمونه‌ای بعلت شکست از دستگاه خارج شود باید بجای آن برای مدت باقیمانده آزمایش یک نمونه فرضی قرار داد هنگامیکه فرکانس طبیعی و تغییر طول نمونه آزمایش می‌شود. (نکته ۶) یادداشتی نظری از ظاهر نمونه تهیه کنید و نیز نظرات خود را در مورد خرابیهایی که ایجاد شده است ارائه کنید (نکته ۷).

اگر پیش بینی شود که نمونه ممکن است بسرعت خراب شود، باید آن را در فواصل کمتر از ۱۰ سیکل از دستگاه خارج نمود و تحت آزمایش فرکانس عرضی و تغییر طول مجاز قرار داد.

نکته ۵: توصیه می‌شود برای نمونه‌ای که مدول الاستیسیته دینامیکی آن به کمتر از ۵۰ درصد مدول اولیه تنزل می‌کند انجام آزمایش متوقف شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نکته ۶: توصیه می شود که در ابتدا و نیز بعنوان تائید در مواردی که در صحت تعیین فرکانس عرضی تردید وجود دارد، فرکانس طولی نمونه ها نیز تعیین گردد. علاوه بر این توصیه می شود که در ابتدا و نیز بصورت پیرودی برای تائید مقدار ضریب پواسون فرکانس پیچشی نمونه نیز تعیین گردد.

نکته ۷: در بعضی موارد مانند باند فرودگاهها و دیگر دالها Popouts ممکن است به عنوان یک خرابی ظاهر شده و باعث نگرانی گردد. شکستگی در یک قسمت کوچکی از سطح بتن در اثر فشار داخلی، که نتیجه آن ایجاد ترکهای مخروطی کم عمق و روباز در سطح بتن در میان سنگدانه می باشد به عنوان Popout شناخته می شود. Popout ممکن است به عنوان عیب در سطح نمونه های آزمایشی مشاهده شود. وقتیکه Popouts باعث نگرانی می شوند تعداد و مشخصات آنها به عنوان تشریح نظری باید در گزارش قید شود. سنگدانه هایی که باعث بوجود آمدن Popout می شوند. ممکن است با روش آزمایش سنگ شناسی C295 تحت آزمایش قرار گیرند. ۴-۸ هنگامیکه توالی سیکلهای یخ زدن و ذوب شدن باید قطع گردد، نمونه ها را در شرایط یخ زده قرار دهید. نکته ۸: اگر در اثر خراب شدن دستگاه یا به دلایل دیگر قطع کردن سیکلهای پیوسته لازم باشد. نمونه را طوری در شرایط یخ زده قرار دهید که رطوبت آن از دست نرود. هنگام استفاده از روش A، نمونه ها را در ظرف نگهدارید و آنها را با یخ محصور کنید. اگر امکان نگهداری نمونه در ظرف خود وجود نداشته باشد آن را پیچیده و درزبندی کنید. حتی الامکان نمونه ها را در شرایط مطلوب نگهداری کنید. برای اینکار میتوان از مواد نگهدارنده رطوبت استفاده نمود و سپس آنها را در یخچال با دمای $(-17/8 \pm 1/7^{\circ}C)$ $(3^{\circ}F \pm 0)$ قرار داد. در صورت استفاده از روش B، از راه حل دوم استفاده کنید. معمولاً قرار دادن نمونه ها در شرایط ذوب شده به مدت بیش از ۲ سیکل توصیه نشده است اما اگر این امر فقط یکبار یا دو بار در هنگام انجام آزمایش کامل اتفاق بیافتد مدت طولانی تر ممکن است مجاز باشد.

۹- محاسبات :

۹-۱) مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی: مطابق با رابطه زیر مقدار مدول الاستیسیته دینامیکی را محاسبه کنید .

$$P_o = \left(\frac{n_1 \cdot \epsilon}{n^2} \right) \times 100$$

که در آن:

P_o : مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی بعد از C سیکل یخ زدن و ذوب شدن بر حسب درصد

n : فرکانس طبیعی عرضی در صفر سیکل یخ زدن و ذوب شدن

n_1 : فرکانس طبیعی عرضی بعد از C سیکل یخ زدن و ذوب شدن

نکته ۹: محاسبات مدول الاستیسیته دینامیکی بر این فرض متکی است که وزن وبعاد نمونه در خلال انجام

آزمایش ثابت می ماند. این فرض در بسیاری از موارد در اثر جدا شدن تکه هایی از نمونه درست نیست. با این

حال P_o بدست آمده برای مقایسه مدول دینامیکی نسبی نمونه های مختلف با فرمولاسیون بتنی متفاوت مناسب است.

۹-۲) فاکتور دوام: فاکتور دوام را مطابق با رابطه زیر محاسبه کنید :

$$DF = PN / M$$

که در آن:

DF : فاکتور دوام برای نمونه آزمایشی

P : مدول الاستیسیته دینامیکی نسبی در N سیکل بر حسب درصد

N : تعداد سیکلهایی که در آن P به حداقل مقدار مشخص شده برای خاتمه انجام آزمایش می رسد .

یا تعداد سیکلهایی که آزمایش یخبندان بعد از آن خاتمه می یابد. (هرکدام کمتر است) .

M : تعداد سیکلهایی که آزمایش یخبندان بعد از آن خاتمه می یابد .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۹-۳) درصد تغییر طول: درصد تغییر طول را بطریق زیر محاسبه کنید:

$$L_c = \frac{(L_2 - L_1)}{L_g} \times 100$$

که در آن:

L_c : تغییر طول نمونه آزمایشی بعد از C سیکل یخبندان

L_1 : طول قرائت شده در صفر سیکل

L_2 : طول قرائت شده بعد از C سیکل

L_g : طول موثر با توجه به مشخصات C490

۱۰- گزارش:

۱۰-۱) گزارش باید شامل اطلاعاتی نظیر موارد ذیل که به متغیرهای مطالعه شده در این آزمایشها مربوط بوده و

یا ترکیبی از آنهاست، باشد:

۱۰-۱-۲) خواص مخلوط بتن

۱۰-۱-۲-۱) نوع و نسبت سیمان، سنگدانه ریزودرشت و نیز حداکثر اندازه و دانه بندی مصالح (مشخصه لازم برای طراحی)

و نسبت آب به سیمان

۱۰-۲-۲) نوع و نسبت هر افزودنی و یا ماده مضاف بکار رفته

۱۰-۲-۳) مقدار هوای موجود در بتن تازه

۱۰-۲-۴) وزن واحد حجم بتن تازه

۱۰-۲-۵) قوام بتن تازه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۰-۲-۶) مقدار هوای موجود در بتن سخت شده

۱۰-۲-۷) اگر نمونه آزمایشی از بتن سخت شده بریده می شود در گزارش ذکر گردد. در این صورت اندازه، شکل، نحوه قرارگیری نمونه ها در سازه و سایر اطلاعات مفید باید در گزارش قید گردد.

۱۰-۲-۸) پیرو عمل آوری

۱۰-۳) نحوه مخلوط کردن، قالب گیری، عمل آوری که در قسمت ۷ توضیح داده شده باید در گزارش قید گردد. و اگر در موردی دستورالعمل استاندارد رعایت نشده باید در گزارش آورده شود.

۱۰-۴) روش انجام آزمایش: گزارش کنید که کدام یک از روش های انجام آزمایش استفاده شده است.

۱۰-۵) مشخصات نمونه های آزمایش:

۱۰-۵-۱) ابعاد نمونه قبل از شروع سیکل های یخ زدن و ذوب شدن

۱۰-۵-۲) وزن نمونه ها قبل از شروع سیکل های یخ زدن و ذوب شدن

۱۰-۵-۳) طول اسمی بین انتهای گلمیخ های گیج که بر روی نمونه نشانده شده است.

۱۰-۵-۴) هر عیبی که قبل از شروع سیکل های یخ زدن و ذوب شدن در نمونه وجود دارد.

۱۰-۶) نتایج

۱۰-۶-۱) مقادیر فاکتور دوام برای هر نمونه به نزدیکترین عدد صحیح و میانگین فاکتور دوام برای هر گروه از

نمونه های مشابه نیز به نزدیکترین عدد صحیح محاسبه می شوند. درج مقادیر برای حداقل مدول دینامیکی

نسبی و حداکثر تعداد سیکلها نیز لازم است. (نکته ۹)

۱۰-۶-۲) مقادیر درصد تغییر طول هر نمونه و درصد تغییر طول میانگین برای هر گروه از نمونه های مشابه (نکته ۱۰)

۱۰-۶-۳) مقادیر کاهش یا افزایش وزن برای هر نمونه و میانگین مقادیر برای هر گروه از نمونه های مشابه

۱۰-۶-۴) هرگونه عیبی که در طی انجام آزمایش بوجود آید با ذکر شماره سیکلهایی که در آن، این خرابیهای ثبت

مشاهده شده گزارش شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نکته ۱۰: توصیه شده است که نتایج آزمایش بر روی هر نمونه و میانگین نتایج انجام آزمایش روی هر گروه از نمونه‌های مشابه بصورت منحنی‌هایی ترسیم شود که در آنها مقادیر مدول الاستیسیته در برابر زمان (زمان نشان دهنده تعداد سیکل‌های یخبندان می‌باشد) نشان داده شود.

۱۱- دقت:

۱۱-۱) مدولهای دینامیکی

۱۱-۱-۱) دقت در یک آزمایشگاه (برای مصالح تیره‌های منفرد): معیار پذیرش نتایج آزمایشات انجام شده به دور روش در یک آزمایشگاه روی نمونه‌های بتنی که از یک توده بتنی (batch) یا از دو توده بتنی ساخته شده از مواد یکسان گرفته شده‌اند در جدول ۱ ارائه شده است. دقت داده‌های تغییر طول فعلاً قابل دسترسی نیست.

نکته ۱۱: دقت فاکتورهای دوام در توده‌های (batch) مختلف و در یک توده یکسان است. بنابراین حدودی که در مورد دقت انجام آزمایش داده شده است قابل استفاده در نمونه‌هایی است که از توده‌های مختلف تهیه شده است. بشرطی که مواد، طرح اختلاط و میزان هوای این توده‌ها مشابه نمونه‌های حاصل از همین توده باشد.

نکته ۱۲: برای دو روش A و B دقت انجام آزمایشات عمدتاً به میانگین فاکتور دوام بستگی دارد، و به بیشترین مقدار N یا کمترین مقدار P که بر خاتمه دادن به آزمایش لازم است یا به اندازه تیر بستگی ندارد. داده‌های ارائه شده حداکثر مقدار N_0 از ۱۰۰ تا ۳۰۰ سیکل و حداقل مقدار P_0 از ۵۰ تا ۷۰ درصد E_0 را در بر می‌گیرند بنابراین، اندیس‌های دقت فوق‌الذکر حداقل در این محدوده‌ها معتبر است.

۱۱-۱-۱-۱) ابعاد نمونه‌ها با اندازه‌های مختلف بشرح ذیل می‌باشند: $3 \times 3 \times 16$ in , $3 \times 3 \times 16 \frac{1}{4}$ in

$3 \times 4 \times 16$ in و $3 \times 3 \times 11$ in, $3 \times 3 \times 11$ in و $3 \times 3 \times 11$ in, $3 \times 3 \times 11$ in و $3 \times 3 \times 11$ in

اندازه جهت‌ی را که نمونه در آزمایش فرکانس طبیعی عرضی تعیین می‌شود نشان می‌دهد. عمدتاً از ابعاد $3 \times 3 \times 16$ in برای انجام آزمایش استفاده شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۱-۲) دقت در یک آزمایشگاه (میانگین نتایج بدست آمده از مصالح دو یا چند تیر): گاهی مشخصات ایجاب می کنند که میانگین نتایج بدست آمده از دو یا چند تیر با یکدیگر مقایسه شوند. جداول ۲ و ۳ انحراف معیار استاندارد و محدوده قابل قبول دو روش را برای دو سری میانگین اعداد آزمایش تیرها را نشان می دهند.

۱-۱-۳) دقت چند آزمایشگاه: هیچ اطلاعاتی برای ارزیابی دقت نتایج چند آزمایشگاه در دسترس نمی باشد. عتبه بر این است که عبارت چند آزمایشگاه بری دقت به علت محدودیتهایی که دو یا چند آزمایشگاه بری انجام آزمایش یخبندان روی همان بتن خواهند داشت مناسب نیست.

جدول ۱ - دقت انجام آزمایش در یک آزمایشگاه برای میانگین نتایج بدست آمده از مصالح یک تیر

نکته: مقادیر داده شده در ستونهای ۲ و ۴ انحراف استاندارد مناسب برای روش A و B هستند که هر یک از آنها مربوط به محدوده داده شده در ستون ۱ هستند. مقادیر داده شده در ستون ۳ و ۵ (نتایج دو آزمایش روی مصالح یک تیر منفرد نباید از آن تجاوز کنند)، ارائه شده است.

محدوده میانگین فاکتور دوام	<u>فرآیند A</u>		<u>فرآیند B</u>	
	انحراف استاندارد	محدوده قابل قبول دو نتیجه	انحراف استاندارد	محدوده قابل قبول دو نتیجه
0 تا 5	0.8	2.2	1.1	3.0
5 تا 10	1.5	4.4	4.0	11.4
10 تا 20	5.9	16.4	8.1	22.9
20 تا 30	8.4	23.6	10.5	29.8
30 تا 50	12.7	35.9	15.4	43.5
50 تا 70	15.3	43.2	20.1	56.9
70 تا 80	11.6	32.7	17.1	48.3
80 تا 90	5.7	16.0	8.8	24.9
90 تا 95	2.1	6.0	3.9	11.0
بیشتر از 95	1.1	3.1	2.0	5.7

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۲ - دقت انجام آزمایش در یک آزمایشگاه برای a_2 میانگین نتایج بدست آمده از مصالح دو یا چند تیر - روش A

محدوده میانگین فاکتور دوام	2		3		4		5		6	
	انحراف استاندارد	محدوده قابل قبول	انحراف استاندارد	محدوده قابل قبول	انحراف استاندارد	محدوده قابل قبول	انحراف استاندارد	محدوده قابل قبول	انحراف استاندارد	محدوده قابل قبول
0 تا 5	0.6	1.6	0.5	1.3	0.4	1.1	0.4	1.0	0.3	0.9
5 تا 10	1.1	3.1	0.9	2.5	0.8	2.2	0.7	2.0	0.6	1.8
10 تا 20	4.2	11.8	3.4	9.7	3.0	8.4	2.7	7.5	2.4	6.8
20 تا 30	5.9	16.7	4.8	13.7	4.2	11.8	3.7	10.6	3.4	9.7
30 تا 50	9.0	25.4	7.4	20.8	6.4	18.0	5.7	16.1	5.2	14.7
50 تا 70	10.8	30.6	8.8	25.0	7.6	21.6	6.8	19.3	6.2	17.6
70 تا 80	8.2	23.1	6.7	18.9	5.8	16.4	5.2	14.6	4.7	13.4
80 تا 90	4.0	11.3	3.3	9.2	2.8	8.0	2.5	7.2	2.3	6.5
90 تا 95	1.5	4.2	1.2	3.5	1.1	3.0	0.9	2.7	0.9	2.4
بیشتر از 95	0.8	2.2	0.6	1.6	0.5	1.5	0.5	1.4	0.4	1.3

۱۱-۲) تغییر طول :

۱۱-۲-۱) دقت در یک آزمایشگاه ضریب تغییراتی که توسط یک آزمایشگر تعیین شده است $29/9$ درصد می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش صحیح انجام شده توسط همان آزمایشگر بر روی نمونه های مختلف از همان مخلوط بتن، با استفاده از همان دستگاه یخ زدن و ذوب شدن و همان طول مقایسه نباید بیش از $84/6$ درصد از مقدار متوسط با دیگران تفاوت کند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱-۲-۲ دقت چند آزمایشگاه: هیچ اطلاعاتی برای دقت چند آزمایشگاه قابل دسترسی نیست عقیده بر این است که عبارت چند آزمایشگاه برای دقت به علت محدودیت‌هایی که دو یا چند آزمایشگاه برای انجام آزمایش یخ زدن و ذوب شدن شدگی بر روی همان بتن خواهند داشت، مناسب نیست.

جدوب ۳: دقت انجام آزمایش در یک آزمایشگاه برای میانگین نتایج انجام آزمایش روی مصالح دو یا چند تیر - روش B

محدوده میانگین فاکتور دوام	2		3		4		5		6	
	انحراف	محدوده	انحراف	محدوده	انحراف	محدوده	انحراف	محدوده	انحراف	محدوده
	استاندارد	قابل قبول	استاندارد	قابل قبول	استاندارد	قابل قبول	استاندارد	قابل قبول	استاندارد	قابل قبول
0 تا 5	0.8	2.1	0.6	1.8	0.5	1.5	0.5	1.4	0.4	1.2
5 تا 10	2.9	8.1	2.3	6.6	2.0	5.7	1.8	5.1	1.7	4.7
10 تا 20	5.7	16.2	4.7	13.2	4.1	11.5	3.6	10.3	3.3	7.4
20 تا 30	7.4	21.0	6.1	17.2	5.3	14.9	4.7	13.3	4.3	12.2
30 تا 50	10.9	30.8	8.9	25.1	7.7	21.8	6.9	19.5	6.3	17.8
50 تا 70	14.2	40.2	11.6	32.9	10.1	28.5	9.0	25.5	8.2	23.2
70 تا 80	12.1	34.2	9.9	27.9	8.5	24.2	7.6	11.6	7.0	19.7
80 تا 90	6.2	17.6	5.0	14.4	4.4	12.5	3.9	11.1	3.6	10.2
90 تا 95	2.8	7.8	2.3	6.4	2.0	5.5	1.7	4.9	1.6	4.5
بیشتر از 95	1.4	4.1	1.2	3.3	1.0	2.9	0.9	2.6	0.8	2.3

۱۱-۳ انحراف: این روش آزمایش مقادیر انحراف ندارد زیرا مقادیر تعیین شده فقط در بخش‌های این روش تعیین می‌شود.

۱۲- کلید واژه: تسریع آزمایش، آزمایش‌های آب و هوایی بر روی بتن، یخ زدن و ذوب شدگی، مقاومت یخ زدگی

اغ *****



روش آزمون استاندارد

تعیین انبساط منشورهای ملاتی ساخته شده از سیمان هیدرولیکی نگه‌داری شده در آب ASTM C1038-04

۱ هدف

۱-۱ این روش آزمون برای تعیین انبساط منشورهای ملاتی ساخته شده از سیمان هیدرولیکی، که سولفات جزء جدایی ناپذیر آنها می‌باشد، است.

۱-۱-۱ هشدار: مخلوط‌های سیمان هیدرولیکی تازه، سوزنده است و در صورت تماس طولانی ممکن است باعث سوختگی شیمیایی پوست و بافت آن شود.

۲-۱ مقادیر بیان شده به واحدهای SI به‌عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر داخل پرانتز فقط جهت اطلاع می‌باشند.

۳-۱ این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲ مدارک مرجع

۱-۲ استانداردهای ASTM

C109/C109 M روش آزمون تعیین مقاومت فشاری ملات‌های سیمان هیدرولیکی (برای آزمون‌های مکعبی ۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ)).

C305 دستورالعمل مخلوط کردن خمیر و ملات سیمان هیدرولیکی با غلظت خمیری.

C490 دستورالعمل استفاده از دستگاه تعیین تغییر طول خمیر سیمان سخت‌شده، ملات و بتن.

C511 ویژگی‌های اتاق‌های مخلوط‌کردن، اتاقک رطوبت، اتاق‌های رطوبت و مخازن نگه‌داری آب مورد استفاده در آزمون‌های سیمان هیدرولیکی و بتن.

C778 مشخصات ماسه استاندارد.

C1005 مشخصات وزنه‌های مرجع و ابزار تعیین جرم و حجم مورد استفاده در آزمون‌های فیزیکی سیمان‌های هیدرولیکی.

C1437 روش آزمون تعیین روانی ملات سیمان هیدرولیکی.



D1193 مشخصات آب مصرفی.

۳ اهمیت و کاربرد

۱-۳ این روش آزمون میزان انبساط منشور ملات نگهداری شده در آب را تعیین می‌کند. میزان انبساط منشور ملات می‌تواند بستگی به میزان سولفات در سیمان داشته باشد، به طوری که ممکن است سیمان‌های حاوی مقدار زیاد سولفات، انبساط زیادی یابند.

۲-۳ بعضی ویژگی‌های سیمان منجر به محدود کردن میزان سولفات موجود در سیمان هیدرولیکی می‌شود، این امر مستلزم این است که انبساط در آب از یک مقدار مشخص بیشتر نشود.

۴ لوازم آزمون

۱-۴ وزنه‌های مرجع و ابزار توزین باید مطابق با استاندارد ASTM C1005 باشند. دقت و خطا اندازه‌گیری ابزار توزین باید در بار کلی دو کیلوگرم تعیین شود.

۲-۴ استوانه‌های مدرج شیشه‌ای، قالب‌ها و وسیله انجام مقایسه طول، باید مطابق با استاندارد ASTM C490 باشد.

۳-۴ اتاق یا اتاقک رطوبت، باید مطابق با استاندارد ASTM C511 باشد.

۴-۴ مخلوط‌کن، کاسه و همزن باید مطابق با استاندارد ASTM C305 باشد.

۵-۴ کمچه و کوبه، باید مطابق با استاندارد ASTM C109 باشد.

۵ دما و رطوبت نسبی

۱-۵ دمای اتاق قالب‌گیری، مصالح خشک و آب اختلاط باید در 23.0 ± 0.4 درجه سانتی‌گراد نگهداشته شود و رطوبت نسبی اتاق قالب‌گیری نباید کمتر از ۵۰ درصد باشد.

۶ معرف‌ها و مصالح

۱-۶ آب اختلاط - آب قابل شرب برای آزمون‌های معمول مناسب است. برای همه آزمون‌های کمکی و در صورت اختلاف نظر آب مصرفی باید مطابق با نوع درجه سوم از مشخصات استاندارد ASTM D1193 باشد.

۲-۶ ماسه دانه‌بندی شده - ماسه برای ساخت آزمون‌ها باید مطابق با مشخصات مورد نیاز ماسه استاندارد دانه‌بندی شده در ASTM C778 باشد.



۷ روش آزمون

۱-۷ تعداد و ابعاد آزمون‌ها

چهار آزمون به ابعاد $25 \times 25 \times 285$ میلی‌متر ($\frac{1}{4} \times 1 \times 11$ اینچ) برای هر سیمان بسازید. طول مفید شاخص اندازه‌گیری آزمون‌ها ۲۵۰ میلی‌متر (۱۰ اینچ) است.

یادآوری ۱: در آزمون‌های معمول، کاربرد آزمون‌های $25 \times 25 \times 160$ میلی‌متر ($\frac{1}{4} \times 1 \times 6$ اینچ) مجاز است. در صورت

اختلاف نظر، نتایج به دست آمده از آزمون $25 \times 25 \times 285$ میلی‌متر ($\frac{1}{4} \times 1 \times 11$ اینچ) حاکم خواهد بود. طول

مفید شاخص این آزمون ۱۲۵ میلی‌متر (۵ اینچ) می‌باشد.

۲-۷ قالب‌های آزمون

قالب‌های آزمون را مطابق با استاندارد **ASTM C490** آماده کنید، با این تفاوت که سطوح داخلی قالب باید به وسیله عامل آزادکننده^۱ پوشانده شوند. عامل آزادکننده در صورتی مورد قبول است که به‌عنوان یک عامل جداکننده عمل کند، بدون اینکه گیرش سیمان را تحت تأثیر قرار دهد و باقی‌مانده‌ای برجای گذارد که مانع نفوذ آب به داخل آزمون شود.

یادآوری ۲: نوار فلئوئورکربن TFE^2 با الزامات عامل آزادکننده قالب مطابقت دارد.

۳-۷ نسبت اختلاط، غلظت و نحوه مخلوط کردن ملات

۱-۳-۷ مقدار مصالح خشک لازم برای تهیه چهار آزمون $25 \times 25 \times 285$ میلی‌متر ($\frac{1}{4} \times 1 \times 11$ اینچ)، ۵۰۰ گرم

سیمان و ۱۳۷۵ گرم ماسه دانه‌بندی شده می‌باشد. مقدار آب اختلاط ملات به اندازه‌ای باشد که روانی آن پس از ۲۵ سقوط در ۱۵ ثانیه بر روی میز روانی^۳ 110 ± 5 باشد. (طبق روش آزمون استاندارد **ASTM C1437** ایجاد شود).

مقدار آب به کار رفته را با واحد میلی‌لیتر گرد و یادداشت کنید.

۲-۳-۷ ملات را مطابق با استاندارد **ASTM C305** مخلوط کنید.

¹ Release agent

² TFE-fluorocarbon

³ Flow table



۷-۴ قالب‌گیری آزمون‌ها

بلافاصله بعد از اتمام عمل مخلوط کردن، همزن و جام را از مخلوط‌کن جدا کنید و ملات باقی‌مانده روی همزن را با تکان دادن آن به داخل کاسه بریزید. قالب را در دو لایه پر کنید و هر لایه را با کوبه بکوبید و متراکم کنید. ملات را به کمک کوبه به داخل گوشه‌ها، اطراف گل‌میخ‌های اندازه‌گیر و در امتداد سطوح قالب حرکت دهید تا یک آزمون همگن به دست آید. بعد از این که لایه بالایی متراکم شد، باقی‌مانده ملات را از سطح بالای قالب بردارید و سطح آن را با چند بار کمچه کشیدن صاف کنید.

۸ نگره‌داری آزمون‌ها

۸-۱ نگره‌داری اولیه

بلافاصله پس از اتمام قالب‌گیری، آزمون‌ها را در اتاقک رطوبت قرار دهید. تمام آزمون‌ها همراه قالب آنها را داخل اتاق یا اتاقک رطوبت به مدت 22.5 ± 0.5 ساعت نگره‌داری کنید. به طوری که سطوح بالایی قالب‌ها در معرض هوای مرطوب قرار داشته اما در برابر قطرات آب محافظت شوند. بعد از این مدت، آزمون‌ها را از قالب‌ها بیرون آورید و به طور صحیح شماره‌گذاری کنید و به مدت حداقل ۳۰ دقیقه قبل از انجام اندازه‌گیری اولیه، در آب یا آب آهک اشباع شده که در دمای 23.0 ± 2.0 درجه سانتی‌گراد نگره‌داری می‌شوند، قرار دهید.

۸-۲ نگره‌داری ثانویه

پس از اندازه‌گیری اولیه، آزمون‌ها را در مخزن حاوی آب آهک اشباع و داخل اتاق یا اتاقک رطوبت نگره‌داری کنید. روی آزمون‌ها در طی نگره‌داری باید با حداقل پنج میلی‌متر آب پوشیده باشد. آب نگره‌داری آزمون‌ها را تمیز نگه‌داشته و در صورت لزوم آن را تعویض کنید. مخزن و آب آهک را مطابق الزامات استاندارد ASTM C511 مورد استفاده قرار دهید.

۹ اندازه‌گیری تغییر طول

۹-۱ آزمون‌ها را هم‌زمان از مخزن نگره‌داری آب بیرون آورید و قبل از اندازه‌گیری با یک پارچه مرطوب گل‌میخ‌های اندازه‌گیری را خشک کنید. طول آزمون‌ها را با ابزار مقایسه طول بخوانید. طول مفید شاخص آزمون‌ها برای اندازه قالب استاندارد، ۲۵۰ میلی‌متر (۱۰ اینچ) است.

۹-۲ قرائت اولیه را پس از مدت ۲۴ ساعت به اضافه و منهای ۱۵ دقیقه از آغاز اختلاط آب و سیمان انجام دهید.

طول آزمون‌ها را در سن ۱۴ روز با ابزار مقایسه طول مجدداً بخوانید.



یادآوری ۳: اطلاعات بیشتر، با خواندن طول آزمون‌ها بوسیله ابزار مقایسه طول در سن ۱۴ روز زودتر یا دیرتر به دست می‌آیند.

۱۰ محاسبه و گزارش

۱-۱۰ تغییر طول هر آزمون پس از ۲۴ ساعت و ۱۴ روز را با دقت 0.001 درصد طول مفید شاخص محاسبه و به‌عنوان انبساط هر آزمون در آن مدت گزارش کنید. میانگین تغییر طول چهار آزمون را با دقت 0.001 درصد گزارش کنید.

۱۱ دقت و خطا

۱-۱۱ دقت

موارد زیر برای دقت در صورتی که آزمون‌های مشابهی از یک سیمان هیدرولیکی با مقادیر ثابت آب ساخته شوند، کاربرد دارند:

۱-۱۱ انحراف استاندارد به دست آمده در آزمون‌هایی که توسط یک آزمایش‌گر انجام می‌شود، برای انبساط‌های بین 0.0075 و 0.11 درصد، معادل 0.0165 درصد است. بنابراین، نتایج دو آزمونی که به‌طور صحیح و توسط یک آزمایش‌گر بر روی همان سیمان انجام شده‌اند نباید بیش از 0.005 درصد با یکدیگر اختلاف داشته باشند.

۲-۱۱ انحراف استاندارد به دست آمده در آزمون‌هایی که در چند آزمایشگاه انجام می‌شوند، برای انبساط‌های بین 0.0075 و 0.115 درصد، معادل 0.0287 درصد است. بنابراین، نتایج دو آزمونی که به‌طور صحیح و توسط دو آزمایشگاه مختلف بر روی همان سیمان انجام شده‌اند نباید بیش از 0.008 درصد با یکدیگر اختلاف داشته باشند.

۲-۱۱ خطا

هیچ اطلاعاتی درباره خطای فرآیند به کار رفته در این آزمون نمی‌توان ارائه نمود زیرا مصالحی که دارای مقدار مرجع پذیرفته شده‌ای باشد، در دست نیست.

۱۲ کلمات کلیدی

۱-۱۲ سیمان هیدرولیکی؛ انبساط ملات منشوری؛ سولفات؛ مقدار سولفات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : C ۱۰۶۴ - ۸۶ (۱۹۹۳)

روش استاندارد آزمایش تعیین دمای مخلوط تازه بتن سیمان پرتلند

۱- هدف

- ۱-۱- این روش آزمایش دمای مخلوط تازه بتن سیمان پرتلند را تعیین می نماید.
- ۱-۲- مقادیر بیان شده در واحدهای اینچ - پوند بعنوان استاندارد در نظر گرفته می شود.
- ۱-۳- این استاندارد ممکن است مواد، عملیات و تجهیزات خطرناکی را بکار برد. این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی کند. در مسئولیت استفاده کننده از این استاندارد است تا دستورالعمل های مناسب تندرستی و ایمنی را برقرار نماید و قبل از استفاده قابلیت اجرایی محدودیت های تعدیل کننده را مشخص نماید.

۲- مداخل مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C_{117} = دستورالعمل مربوط به نمونه گیری مخلوط تازه بتن

E_1 = مشخصات مربوط به دماسنج های ASTM

E_{77} = روش آزمایش جهت بازرسی و بررسی دماسنج ها

۲-۲- استاندارد NBS:

N.B.S. ترمونوگراف ۱۵۰ دماسنجی مایع در شیشه

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- این روش آزمایش وسائلی برای اندازه گیری دمای مخلوط تازه بتن را فراهم می آورد. امکان دارد بررسی تطبیق نسبت به نیاز ویژه ای برای دمای بتن مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲- برای انتقال حرارت از مصالح به ملات بتن محتوی مصالح حداکثر اندازه اسمی بزرگتر از ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) ممکن است بیش از ۲۰ دقیقه زمان نیاز باشد (گزارش IR^۲/۲۰۷ کمیته ACI را نگاه کنید)

۴- دستگاهها

۴-۱- ظرف - ظرف بایستی از مواد غیر جاذب ساخته شود و باندازه کافی بزرگ باشد تا حداقل ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) بتن در تمام جهات پیرامون گیرنده حساس وسیله اندازه گیری دما فراهم گردد، همچنین پوشش بتن باید حداقل سه برابر اندازه حداکثر اسمی مصالح درشت باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۲- وسیله اندازه گیری دما - وسیله اندازه گیری دما بایستی قادر به اندازه گیری دمای مخلوط تازه بتن تا ۱ درجه فارنهایت (± 0.5 درجه سانتیگراد) سراسر حدود تغییرات کامل دما، که احتمال دارد در بتن تازه مواجه گردد، باشد. دماسنج های مایع در شیشه ASTM دارای حدود تغییراتی از صفر تا ۱۲۰ درجه فارنهایت (۱۸ تا ۴۹ درجه سانتیگراد)، و مطابق با ملزومات جهت دماسنج ASTM نمره ۳۶ درجه سانتیگراد با شرح در مشخصات E₁ رضایت بخش، می باشد. سایر دماسنج ها با دقت لازم، بانضمام نوع غوطه وری فلزی، قابل قبول می باشند.

۴-۳- دماسنج های مایع در شیشه نیمه غوطه ور (و انواع احتمالی دیگر) باید دارای علامت دائمی باشد تا دستگاه بدون اعمال ضریب تصحیح غوطه ور شود.

۴-۴- وسیله اندازه گیری دمای معرف - وسیله اندازه گیری دمای معرف باید دماسنج مایع در شیشه قابل قرائت تا ۰/۵ درجه فارنهایت (0.2 درجه سانتیگراد) باشد که مطابق با روش E₇₇ بررسی و کالیبره شده است. گواهی یا گزارش کالیبراسیون باید برای بازرسی در دسترس باشد.

۵- کالیبراسیون وسیله اندازه گیری دما

۵-۱- هر وسیله اندازه گیری دما، مورد استفاده برای تعیین دمای مخلوط تازه بتن، سالانه یا وقتیکه مسئله ای راجع به دقت باشد، باید کالیبره شود. این کالیبراسیون باید با مقایسه قرائت های روی وسیله اندازه گیری دما در دو دمای با حداقل ۳۰ درجه فارنهایت (۱۵ درجه سانتیگراد) فاصله انجام شود.

۵-۲- کالیبراسیون وسائل اندازه گیری دما می تواند در روغن یا سایر حمام های مناسب دارای دانسیته یکنواخت باشد، اگر شرایط زیر برقرار باشد:

۵-۲-۱- دمای حمام را در اثنای دوره آزمایش تا حدود ۰/۵ درجه فارنهایت (0.2 درجه سانتیگراد) ثابت نگه دارید.

۵-۲-۲- هر دو وسیله اندازه گیری دما و دمای معرف را قبل از قرائت دماها حداقل ۵ دقیقه در حمام نگهداری می شود.

۵-۲-۳- مایع حمام را بطور پیوسته گردش دهید تا دمای یکنواختی فراهم آید.

۵-۲-۴- اگر ارائه دما در حال کاهش باشد دماسنج های محتوی مایع را به آهستگی ضربه بزنید تا از چسبندگی مایع به شیشه جلوگیری شود.

۵-۳- اگر دمای حدی مشخص شود، وسیله اندازه گیری را، در حدود ± 5 درجه فارنهایت (۲ درجه سانتیگراد) دمای حد مجاز، کالیبره نمائید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶- نمونه گیری بتن

- ۶-۱- دمای مخلوط تازه بتن می‌تواند در تجهیزات در حال انتقال اندازه‌گیری شود مشروط بر اینکه گیرنده حساس وسیله اندازه‌گیری دما در تمام جهات پیرامونش حداقل ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) پوشش بتن دارا باشد.
- ۶-۲- دمای مخلوط تازه بتن را بدنبال قرارگیری بتن، با استفاده از مدل‌هایی مانند ظرف، می‌توان بدست آورد.
- ۶-۳- اگر، تجهیزات انتقال یا مدل‌های قرارگیری، به عنوان ظرف مورد استفاده قرار نگیرد، نمونه‌ای بشرح زیر باید تهیه شود:

- ۶-۳-۱- بی درنگ، قبل از نمونه‌گیری مخلوط تازه بتن، ظرف نمونه را (با آب) مرطوب کنید.
- ۶-۳-۲- مخلوط تازه بتن را مطابق روش C ۱۷۲ نمونه‌گیری نمائید، غیر از آن اگر منظور بدست آوردن نمونه فقط تعیین دما باشد نمونه‌های مخلوط مورد نیاز نیست.
- ۶-۳-۳- مخلوط تازه بتن را داخل ظرف قرار دهید.
- ۶-۳-۴- وقتیکه بتن محتوی حداقل اندازه رسمی مصالح بزرگتر از ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) باشد، بعد از مخلوط کردن ممکن است قبل از اینکه دما تثبیت شود ۲۰ دقیقه مورد نیاز باشد.

۷- روش آزمایش

- ۷-۱- وسیله اندازه‌گیری دما را در مخلوط تازه بتن طوری قرار دهید که قسمت حساس نسبت به دما حداقل ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر)، مستغرق شود. با آرامی بتن دور تا دور وسیله اندازه‌گیری دما را در سطح بتن فشار دهید بطوریکه دمای هوای پیرامون بر قرائت اثر نگذارد.
- ۷-۲- وسیله اندازه‌گیری دما را برای مدتی حداقل ۲ دقیقه یا تا وقتیکه دمای قرائت تثبیت شود در مخلوط تازه بتن رها کنید، سپس دما را قرائت و یادداشت نمائید.
- ۷-۳- اندازه‌گیری دمای مخلوط تازه بتن را در مدت ۵ دقیقه بعد از بدست آوردن نمونه تکمیل کنید.

۸- گزارش

- ۸-۱- دمای اندازه‌گیری شده مخلوط تازه بتن را با تقریب ۱ درجه فارنهایت (۰/۵ درجه سانتیگراد) یادداشت نمائید.

۹- دقت و انحراف

- ۹-۱- دقت و انحراف این روش آزمایش تعیین نشده است. بیان دقت و انحراف زمانی خواهد بود که باندازه کافی اطلاعات آزمایش بدست آمده و تحلیل گردیده باشد.

(اصلاح مجدد ۱۹۹۲) ASTM: C1078-87
روش آزمایش استاندارد برای تعیین مقدار سیمان در مخلوط بتن تازه

۱- هدف

۱-۱- این آزمایش شامل دو روش تعیین مقدار سیمان در نمونه مخلوط بتن تازه می‌باشد. این روشها برای همه مخلوطهای بتن تازه ساخته شده با سیمان پرتلند قابل استفاده اند که کالیبراسیون از قبل تعیین شده است، بجز مخلوطهایی که دارای مصالح سنگی خاص یا مواد افزودنی هستند که هنگام شسته شدن روی الک ۱۵۰ میکرون (نمره ۱۰۰) وا می‌روند و مقدار یونهای کلسیم محلول را تحت شرایط آزمایش تغییر می‌دهند. انتخاب روش بستگی به میل آزمایش کننده دارد. شرایط محیطی مناسب برای هر یک از این روشها ممکن است روی انتخاب روش اثر داشته باشد.

۱-۲- مقادیر بیان شده بر حسب اینچ-پوند به عنوان استاندارد بوده مگر برای اندازه الکها که مطابق با مشخصه E11 می‌باشند.

۱-۳- این استاندارد کلیه مسائل ایمنی مربوط به این استاندارد را در نظر نمی‌گیرد. بر عهده استفاده کننده از این استاندارد است که قبل از استفاده دستورالعملهای ایمنی و سلامتی آن را تهیه کرده و محدوده‌های عملی کاربرد آنها را تعیین نماید.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM :

C94 مشخصه مخلوطهای بتنی آماده.

C127 روش آزمایش چگالی ویژه و جذب آب مصالح درشتدانه

C138 روش آزمایش وزن مخصوص، روانی و مقدار هوای بتن (ثقل سنجی)

C172 دستورالعمل نمونه‌گیری از مخلوطهای بتن تازه

C670 دستورالعمل تهیه دقت و انحرافس برای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

C1079 روشهای آزمایش تعیین مقدار آبدار مخلوط بتن تازه

E11 مشخصه الکهای توریسی برای اهداف آزمایش

۳- خلاصه روشهای آزمایش

۳-۱- جرم معینی از مخلوط بتن تازه روی یکسری الکها با حجم مشخصی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آبشسته می‌شود. آب موجود می‌شود سیمان و ذرات ریز دیگری که از بتن جدا شده‌اند به حالت معلق در آیند. (ذراتی که از ریزترین الک عبور می‌کنند). نمونه‌ای با حجم ثابت از محلول سوسپانسیون سیمان تهیه شده و با حجم مشخصی آب و اسید نیتریک رقیق می‌گردد. نمونه رقیق شده بدون حرارت، گرما داده می‌شود تا مقداری از ترکیبات کلسیم موجود در سیمان حل شود. غلظت سیون کلسیم در محلول در روش A به وسیله تیتراسیون حجمی با دستو در روش B با دستگاه فلئور و متری تعیین می‌گردد. در پایان غلظت سیون کلسیم توسط یک منحنی کالیبراسیون که قبلاً تهیه شده به مقدار سیمان ارتباط داده می‌شود.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- این روش‌های آزمایش را می‌توان برای تعیین قابلیت تغییر مقدار سیمان در یک مرحله ساخت، بتن یا قابلیت تغییر مقدار سیمان در چند مرحله ساخت بتن که اسما " بتن آنها یکسان است، استفاده نمود. اگر این روش‌های آزمایش برای مشخص کردن یکخواختی بتن استفاده شود، باید روش‌های مناسب و صحیح نمونه‌گیری انجام شود. روش‌های نمونه‌گیری مربوط به این روش آزمایش در بخش ۶ ذکر شده است.

۴-۲- وقتی این روش‌های آزمایش همراه با روش‌های آزمایش ۱۰.۷۹ استفاده می‌شود، نسبت آب به سیمان نمونه بتن را می‌توان تخمین زد.

۴-۳- این روش‌های آزمایش برای بتن‌هایی که دارای مصالح سنگی یا مواد افزودنی هستند که هنگام شستن روی الک ۱۵۰ میکرون (نمره ۱۰۰) و اسیروند و مقدار یونهای کلسیم را تحت شرایط آزمایش در محلول تغییر می‌دهند قابل استفاده نیست. تغییر یونهای کلسیم هنگام انجام کالیبراسیون ظاهر می‌شود. این تغییر موجب می‌شود که نتوان در نتایج آزمایش کالیبراسیون تغییری کمتر از ۵٪ را بدست آورد و یا نتوان به یک منحنی کالیبراسیون خطی رسید. (بند های ۹-۴ و ۱۵-۴ را ملاحظه نمایید).

۵- خلوص معرفها

۵-۱- خلوص معرفها - در تمام آزمایشها باید از معرف‌های درجه بندی شده شیمیایی استفاده کرد. به جز در مواردی که مشخص شده باید همه معرفها با مشخصات بیان شده از طرف کمیته آنالیز معرفها وابسته به انجمن شیمیایی آمریکا مطابقت داشته باشد. استفاده از معرف‌های دیگر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بلامانع است، مشروط بر اینکه قبلاً "خلوص معرفت برای رسیدن به دقت مورد نیاز، کافی تشخیص داده شده باشد. برای اطمینان از کفایت خلوص معرفت‌های دیگر باید نتایج حاصل از کاربرد آنها با نتایج حاصل از کاربرد معرفت‌های درجه‌بندی شده شیمیایی مقایسه گردند. مگر اینکه گزارشات قبلی، رضایتبخش بودن آنها را تأیید کند.

۵-۲ خلوص آب - به جز در مواردی که مشخص شده است در بقیه موارد منظور از آب، آب مقطر یا آب خالص می‌باشد. (استفاده اولیه از آب مقطر در آماده‌سازی معرفت است.)

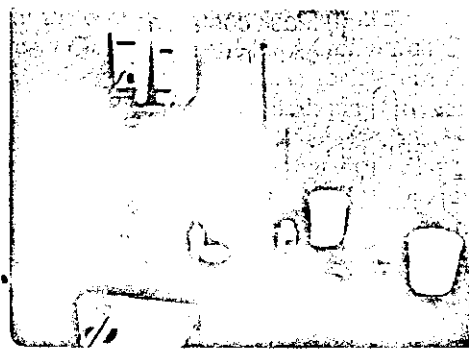
۶- نمونه‌گیری

۶-۱- نمونه ای از بتن که مقدار سیمان آن به عنوان معرفت سیمان کل یک مخلوط بتن در نظر گرفته می‌شود، نباید جرمی کمتر از ۲۰ کیلوگرم داشته باشد. نمونه باید مطابق با مشخصه C۹۴ یا دستورالعمل C1۷۲ تهیه شود. در مشخصه C۹۴ روش‌های نمونه‌گیری یکنواخت از بتنی که در کامیون مخلوط کن تهیه می‌شود، ارائه شده است.

روش A - تینتراسیون حجمی به صورت دستی

۷- وسایل

۷-۱- حداقل وسایل لازم برای انجام آزمایش به شرح زیر می‌باشد. وسایلی جز آنچه در بند ۷-۱-۱ تا ۷-۱-۱۴ آورده شده می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد بشرط اینکه همان عملکرد را داشته باشد. تصویری از وسایل مورد لزوم در شکل A نشان داده شده است.



شکل A - تجهیزات مورد نیاز برای تعیین مقدار سیمان در مخلوط بتن تازه با استفاده از روش A

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

a - ترازو (d) - بیله (n) - تشت نمونه بتن، (h) - تشت نمونه آزمایش، n - ماشین شستشو، f - قاب الکها، n - پیپتازنجیره ای به حجم ۱۰۰ و ۱۲۵ میلی لیتر، h - پیپتاتورهای ۳۰ میلی لیتری، z - همزن مغناطیسی، z - بورت ۱۰۰ میلی لیتری، k - پیپتاتور ۲۵ میلی لیتری، l - بشر مخروطی یا ارلن مایر، m - ظروف با حجم ثابت، n - کیره ها، o - شیشه شستشو ۵۰۰ میلی لیتری، p - قطره چکان

۷-۱-۱- ترازو - با حداقل ظرفیت ۲۶۰۰ گرم و دقت حداقل ۰/۱ گرم.
۷-۱-۲- بیله ها، کمچه و دستکشهای لاستیکی بر حسب نیاز.

۷-۱-۳- تشت مخصوص نمونه بتن، به ظرفیت ۴/۷ لیتر از جنس پلی اتیلن
۷-۱-۴- تشت مخصوص نمونه آزمایش، به ظرفیت ۱/۹ لیتر از جنس پلی اتیلن
۷-۱-۵- ماشین شستشو - ماشین شستشوی قابل حمل و نقل و خانگی با سطوح داخلی صاف که باید اطراف پروانه دوار آن حفاظ داشته باشد و همچنین دارای یک لوله گردش جریان مضاعف و پمپ گردش جریان باشد. لوله گردش جریان مضاعف باید به یک سه راهی T شکل سه فوت (۰/۹ متر) و قطر داخلی ۰/۲۵ اینچ (۶/۴ میلی متر) متصل شود. لوله های لاتکس به پیپتازنجیره ای وصل می شوند. ظرفیت واقعی سگزن ماشین ۱۰ گالن (۳۷/۹ لیتر) می باشد. ابعاد داخلی مخزن ماشین شستشو باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا قاب محتوی الکها به ابعاد ۱۵/۳۱۲۵ اینچ در ۱۲/۳۱۲۵ اینچ (۳۸۹ در ۳۱۲ میلی متر) را در خود نگه دارد. ماشین شستشو، قاب الکها و پیپتاتورهای زنجیره ای در شکل ۲ نشان داده شده است. ظرف طول سوسپانسیون سیمن در بند ۱۳-۵ نیز می تواند به سه راهی متصل گردیده و به جای ماشین شستشو به کار رود.

۷-۱-۶- قاب الکها، قاب مستطیل شکل فولادی به ابعاد ۱۵/۳۱۲۵ در ۱۲/۳۱۲۵ در ۸ اینچ (۳۸۹×۳۱۳×۲۰۳ میلی متر) می باشد که در پایین آن الک ۳۰ میکرون (نمره ۵۰) و در نیمه ارتفاع آن الک ۴/۷۵ میلی متر (نمره ۴) قرار دارد. الک ۴/۷۵ میلی متر باید قابل برداشتن باشد. در زیر الک ۳۰ میکرون باید یک قاب الک اضافی مجزا قرار داده شود که در پایین آن الک ۱۵ میکرون (نمره ۱۰۰) نهاده شده است. ترکیب الکها در آزمایش کالیبراسیون آزمایش تعیین مقدار سیمن باید یکسان باشد. برای سنگدانه های سیلیسی ریزدانه می توان الک ۱۵ میکرون را حذف نمود، اما برای سنگدانه های آتشی ریزدانه باید استفاده نمود. (سنگدانه های سیلیسی

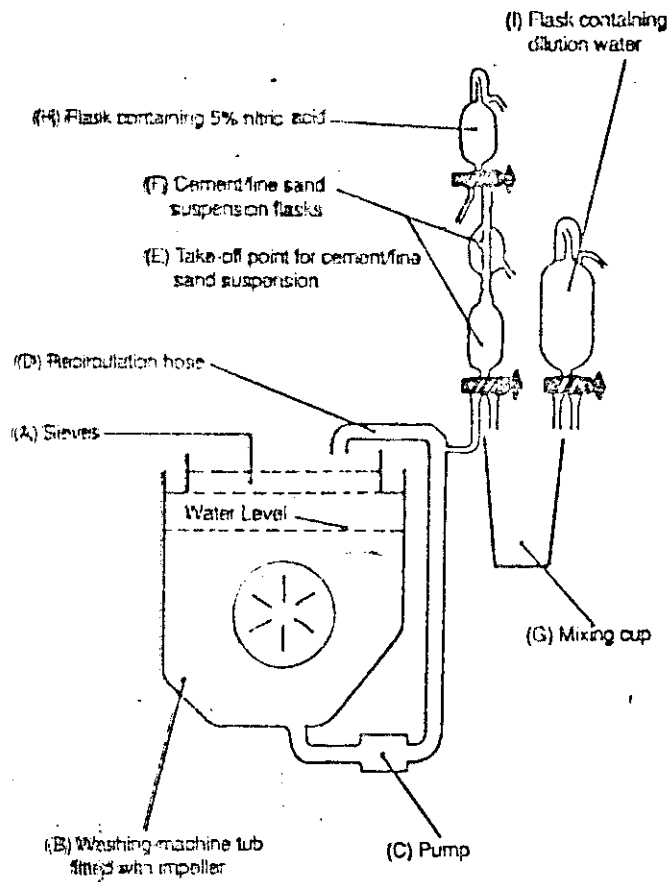
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آزمکی محسوب می‌شوند که نتایج آنالیز شیمیایی، در ترکیبات آنها وجود بیش از ۳۰ درصد Cao را نشان دهد. اگر از مخزن محلول سوسپانسیون سیان که در بند ۱۳-۱-۵ شرح داده شده استفاده گردد، باید به جای قاب الکمای شرح داده شده در این بخش، قاب الکمای یاد شده در بند ۱۳-۱-۶ استفاده شود.

۷-۱-۷- پیپتازنجیره ای - پیپتاشیشه ای به ظرفیت ۱۲۵±۱ میلی‌لیتر که تنظیم تراز سطح آب در آن اتوماتیک بوده و دارای ظرفی برای سر ریز آب اضافی است و به یک سه راهی توپی متصل می‌شود. پیپت اتوماتیک دیگری به ظرفیت ۱۰۰±۱ میلی‌لیتر مجهز به یک شیر توپی سه راهی به این پیپت وصل می‌شود که به کمک آن می‌توان پیپت‌های کوچکتر را بدون تخلیه ظرف سر ریز، از طریق پیپت ۱۲۵±۱ میلی‌لیتری تخلیه کرد. قابلیت تمییز مجدد پیپت اتوماتیک باید ± 0.2 درصد باشد. وسیله پیپت زنجیره ای در شکل ۲ نشان داده شده است.

۷-۱-۸- پیپت اتوماتیک - پیپت اتوماتیک شیشه ای به ظرفیت ۳۰±۲۵ میلی‌لیتر که به یک سه راهی با شیر توپی متصل می‌شود. قابلیت تمییز مجدد پیپت اتوماتیک باید ± 0.2 درصد باشد.

۷-۱-۹- همزن مغناطیسی - همزن مغناطیسی با سرعت متغیر و دارای یک میله همزن که با تترافلوئورواشیلن - فلوئورو کربن پوش داده شده است.



شکل ۲- تجمیز اتیر ای تمیه و نمونه گیری توسط نسبیون ساسه ریز / سیمان بیاسا استفاده از روش A

۷-۱-۱۰-۱- بورت، دارای ظرفیت ۱۰۰ میلی لیتر و از جنس اکریلیک، از گروه A و B است که دارای یکسره لاستیکی از جنس پولی تترافلورواتیلن (PTFE) می باشد. برای نگه داشتن بورت از یک پایه تک سیله و یک کیسره چنگالی استفاده شده است.

۷-۱-۱۱- پیپت، شیشه ای مدرج به ظرفیت ۲۵ میلی لیتر از گروه A یا B. توجه - حساب بکس لاستیکی برای استفاده در ضمن پیپت کردن نمونه حاوی سیمان توصیه می شود.

۷-۱-۱۲- بشرهای مخروطی یا ارلن سایر، بشر مخروطی شیشه ای دهانه باریک یا ارلن سایر یکی با ظرفیت ۵۰۰ میلی لیتر و یکی با ظرفیت ۸۰۰ یا ۱۰۰۰ میلی لیتر.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷-۱-۱۳- توزیع کننده با حجم ثابت به ظرفیت ۵ میلی لیتر از جنس پلی اتیلن با یک مخزن اندازه گیری از جنس پلی پروپیلن.

۷-۱-۱۴- ظروف پخش معرف - شامل بطری شستشو از جنس پلی اتیلن به ظرفیت ۵۰۰ میلی لیتر، یک قطره چکان به ظرفیت ۳۰ میلی لیتر از جنس پلی اتیلن، دو عدد ظرف مستطیلی دهانه کشاد به ظرفیت ۲ یا ۵ گالن (۷/۶ یا ۱۸/۹ لیتر) و لوله لاستیکی کربایی به قطر داخلی ۵/۸ اینچ (۱۲/۷ میلی لیتر) و طول ۲۰ فوت (۶/۱ متر) می باشد.

۸- معرفی

۸-۱- هیدروکسید آلومینیم (محلول با فرکلرید آمونیم (PH = ۱۰) - ۱۴۲ میلی لیتر محلول هیدروکسید آمونیم (NH₄OH) (با غلظت ۲۸ تا ۳۰ درصد) را به ۱۷/۵ گرم کلرید آمونیم (NH₄Cl) اضافه کنید و محلول را تارسیدن به حجم ۲۵۰ میلی لیتر با آب رقیق نمایید. هیدروکسید آمونیم در محلول بافر به سرعت تبخیر می شود، لذا باید محلول تا هنگام پخش معرفها زیر درپوش نگهداری شود تا تبخیر به حداقل برسد.

۸-۲- محلول اندیکاتور اریسوکروم بلسکتی (Eriochrome Black Tindicator Solution) - ۰/۵ گرم اریو کروم بلسکتی با شاخص رنگ شماره ۱۴۶۴۵ را در ۲۵ میلی لیتر تیرتانولامین (triethanolamine) حل کنید. محلول اندیکاتور را می توان به مدت دو ماه نگهداری کرد.

۸-۳- محلول اسید نیتریک (۱+۱۹) - یک حجم اسید نیتریک غلیظ (HNO₃) با چگالی ۱/۴۲ را به ۱۹ حجم آب اضافه کنید.

۸-۴- تترا استات دی سدیم اتیلن دی آمین ۰/۱. محلول تترا استات دی سدیم اتیلن دی آمین (Di - Sodium Ethylenediamine Tetraacetate) - ۳/۷۲ ± ۰/۰۱ گرم را به یک لیتر برسانید. محلول EDTA را در شیشه های پلی اتیلن نگهداری کنید.

۹- کالیبراسیون

۹-۱- مصالح سنگی - نمونه معرفی از بتن به جرم ۲ کیلوگرم با استفاده از مصالح و نسبت های اختلاط بتنی که باید آزمایش شود بمنای سیمان تهیه کنید. جرم نمونه باید کیلوگرم بمنای جرم سیمان موجود در ۲ کیلوگرم بتن باشد. برای تعیین مقدار نسبی یونهای کلسیم مصالح سنگی بندهای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲-۱۰ تا ۵-۱۰ را تعیین کنید. حجم محلول EDTA لازم که برای مصالح سنگی مصرف می شود را یادداشت نمایید. اگر نمونه ۳ کیلوگرمی آزمایش می شود، کلیه مراحل آزمایش باید برای نمونه ۳ کیلوگرمی به جای ۲ کیلوگرمی انجام شود.

۲-۹- سیمان- با نسبتهای اختلاط و مصالح سنگی بتن مورد آزمایش، نمونه ای بتن به وزن ۲ کیلوگرم با مصالح مورد مصرف به صورت دستنویس آماده کنید، (وزن سیمان و آب برای این مخلوط با دقت گرم و وزن مصالح سنگی با دقت ۱ گرم تعیین می شود. اطمینان حاصل کنید تمام سیمان از ابزار، کاسه مخلوط کن و سایر وسایل مشابه دیگر به داخل ماشین شستشو پاک شده است.) مقدار نسبی یون کلسیم را با تعیین بندهای ۲-۱۰ تا ۵-۱۰ تعیین کنید. حجم محلول EDTA لازم برای نمونه کالیبراسیون سیمان را یادداشت نمایید.

۳-۹- منحنی کالیبراسیون مقدار سیمان بر حسب EDTA - برای ساختن منحنی خطی کالیبراسیون مقدار سیمان (گرم) بر حسب حجم EDTA لازم، نقطه سیمان صفر و حجم EDTA لازم برای نمونه مصالح سنگی (بند ۱-۹) را به عنوان یک نقطه مشخص کنید. جرم سیمان در نمونه ۲ کیلوگرمی کالیبراسیون بتن و حجم EDTA لازم (بند ۲-۹) به عنوان نقطه ای دیگر مشخص کنید. برای کامل کردن منحنی کالیبراسیون برای این منابع و با این نوع سیمان و مصالح سنگی، دو نقطه مشخص شده را با یک خط مستقیم بهم وصل کنید. سه مقداریر نامشخص سیمان به طور خطی با مقدار یون کلسیم متناسبی باشند. در بند ۱-۱۰ مثالی از منحنی کالیبراسیون ارائه شده است.

۴-۹- شرایط کالیبراسیون- هر زمان که آب، مصالح سنگی، سیمان یا افزودنیهای بتن عوض شود و هر زمان که یک محلول معرف EDTA جدید استفاده می شود باید هر دو آزمایش کالیبراسیون بندهای ۱-۹ و ۲-۹ تکرار شوند. هر روز باید یک آزمایش کالیبراسیون سیمان (بند ۲-۹) صورت گیرد. نتایج آخرین سه آزمایش انجام شده باید کمتر از ۵ درصد اختلاف داشته باشند. اگر این تفاوت بیش از ۵ درصد باشد، هر روز باید سه آزمایش انجام شود. وقتی میانگین نتایج سه روز پیاپی کمتر از ۵ درصد با هم اختلاف داشته باشند می توان دفعات انجام آزمایش کالیبراسیون را به یک آزمایش در روز کاهش داد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱- روش آزمایش

۱-۱- برای تهیه نمونه آزمایشی از بتنی که اندازه مصالح سنگی آن $1/5$ اینچ ($38/1$ میلیمتر) می باشد، مقدار 2000 ± 300 گرم از بتن مورد آزمایش را طبق بند ۶-۱ توزین کرده و جرم دقیق نمونه آزمایش را با دقت گرم یادداشت نمایید. برای بتنی که اندازه مصالح سنگی آن بزرگتر از $1/5$ اینچ ($38/1$ میلیمتر) می باشد، مقدار 3000 ± 300 گرم نمونه آزمایشی مطابق بند ۶-۱ توزین کنید. وقتی که اندازه آسبی سنگدانه ها بیش از $1/5$ اینچ است، با استفاده از روشی که در بخش ۲۰ شرح داده شده برای پراکندگی سنگدانه های درشت اصلاح کنید. (اصلاح بیسرای سنگدانه های کوچکتر، اگر مد نظر باشد نیز عملی خواهد بود.)

۱-۲- ماشین شستشو را با $10 \pm 0/1$ گالن ($37/9 \pm 0/4$ لیتر) از آب سرد کنید. نمونه آزمایش را بر روی الکهای ماشین شستشو انتقال دهید. به سبب وزن ماشین شستشو را روشن کنید. با استفاده از لوله خرطومی به سمت آب که دارای جت آب است، مصالح باقیمانده روی الک $4/75$ میلیمتر (شماره ۴) را به دقت بشویید. بعد از اینکه سیمان کاملاً از روی سنگدانه های باقیمانده روی الک $4/75$ میلیمتر پاک شد، الک و مصالح باقیمانده روی آن را کنار بگذارید. سنگدانه های باقیمانده روی الک 30 میکرون (شماره ۵۰) را حدود $1/5$ دقیقه یا تا زمانی که سیمان کاملاً از روی سنگدانه ها پاک شود، بشویید. در صورتی که الک 30 میکرون و 150 میکرون استفاده شده است، در این موقع الک 30 میکرون را بردارید و مصالح باقیمانده روی الک 150 میکرون را به مدت $1/5$ دقیقه بشویید. سر لوله خرطومی جریان مضافاً فشار دهید تا با فشار، سیمان معلق در سایع از طریق اتصال T به قطر $25/$ اینچ جریان بیاید (قطر داخلی لوله $6/4$ میلیمتر است). سر لوله را به سرعت آزاد کنید و اجازه دهید سیمان معلق در سایع از طریق آن جریان بیاید. در همان لحظه که سر لوله را آزاد می کنید، سر لوله ای از شاخه T که قطر داخلی آن $25/$ اینچ است را به پیپت زنجیره ای 125 میلیمتر وصل کنید. دوباره سر لوله خرطومی جریان مضافاً را فشار دهید تا سیمان معلق مستقیماً داخل پیپت شود. وقتی پیپت پر شود، سایع به داخل ظرف سوزنی ریخته، شیر پیپت را ببندید و سر لوله خرطومی جریان مضافاً را آزاد کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱-۲-۱۰- ۱۲۵ میلی‌لیتر از محلول سوسپانسیون سیمان را به داخل یک بشر ۸۰۰ میلی‌لیتری تخلیه کنید. با استفاده از ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول HNO_3 که از پیپت اتوماتیک قرار داده شده در بالای پیپت ۱۲۵ میلی‌لیتری خارج می‌شود، پیپت زنجیره‌ای ۱۲۵ میلی‌لیتری را بشویید. شیر توپسی پیپت زنجیره‌ای ۱۲۵ میلی‌لیتری پایین‌تر را باز بگذارید. تنها در ضمن شستشو محلول حاصل از شستشو با اسید به داخل بشر ۸۰۰ میلی‌لیتری جریان یابد. محلول سیمان و HNO_3 را با ۴۰۰ میلی‌لیتر آب که از پیپت اتوماتیک ۳۰۰ میلی‌لیتری خارج می‌شود را داخل بشر رقیق کنید. بسا استفاده از یک همزن مغناطیسی مدت ۳ دقیقه محلول را هم بزنید. همزن مغناطیسی دارای پوشش تترافلوئور اتیلن-فلوئوروکربن می‌باشد.

۱-۲-۱۰- بعد از اتمام عمل هم‌زدن، ۲۵ میلی‌لیتر از محلول سیمان حاصل را با پیپت بردارید. نمونه ۲۵ میلی‌لیتری را داخل یک بشر مخروطی ۵۰۰ میلی‌لیتری بریزید. با استفاده از یک توزیع‌کننده با حجم ثابت، ۱۰ میلی‌لیتر از محلول بافر کلرید آلومینیم آمونیاکی را به محلول اضافه کنید و ۴ تا ۸ قطره از محلول اندیکاتور اریوگرم بلک‌نتی (EITVA) را نیز با یک قطره چکان به محلول اضافه کنید. تعداد قطراتی که به محلول اضافه می‌شود باید با تعداد قطراتی که در هر آزمایش کالیبراسیون استفاده شده، یکسان باشد. برای بدست آوردن یک نقطه پایان روشن و واضح بایستد محلول بافر قبل از محلول اندیکاتور اضافه شود.

۱-۵- غلظت بیون کلسیم در بشر ۵۰۰ میلی‌لیتری و به وسیله یک سبورت ۱۰۰ میلی‌لیتری و تیتراسیون با EDTA تعیین می‌شود. در موقع تیتراسیون محتویات بشر را هم بزنید. وقتی رنگ محلول از حالت قرمز شرابی به رنگ آبی برگشت، تیتراسیون را متوقف کنید. حجم محلول EDTA لازم برای رسیدن به نقطه پایان را به عنوان V یادداشت کنید. آزمایش‌کننده نباید در ضمن انجام عمل تیتراسیون بیون کلسیم، عینک آفتابی یا رنگی به چشم داشته باشد. زیرا این امر سبب عدم تشخیص صحیح تغییر رنگ قرمز به آبی می‌شود.

۱۱- محاسبات

۱۱-۱- مقدار سیمان نمونه را با مراجعه به نمودار کالیبراسیون تعیین کنید.

۱۱-۱-۱- مثال- یک نمونه بتن آزمایش شده است:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

جرم نمونه مورد آزمایش، گرم $M_s = 2100$

EDTA لازم، میلی‌لیتر $V=20$

مقدار EDTA را روی نمودار کالیبراسیون نشان داده شده در شکل ۳ ببینید.

۱۱-۱-۲- از منحنی کالیبراسیون، ۲۰ میلی‌لیتر EDTA متناظر با ۳۰۰

گرم سیمان (C) در 2000 ± 200 گرم نمونه حاصل می‌شود.

مقدار سیمان بر حسب درصد وزنی برابر است با:

$$\begin{aligned} \text{درصد سیمان} &= 100 \times (C/M_s) \\ &= 100 \times (300/2100) \\ &= 14/3 \% \end{aligned}$$

۱۱-۱-۳- مقدار سیمان بر حسب پیوند بر یارد مکعب را می‌توانید به صورت زیر محاسبه کنید:

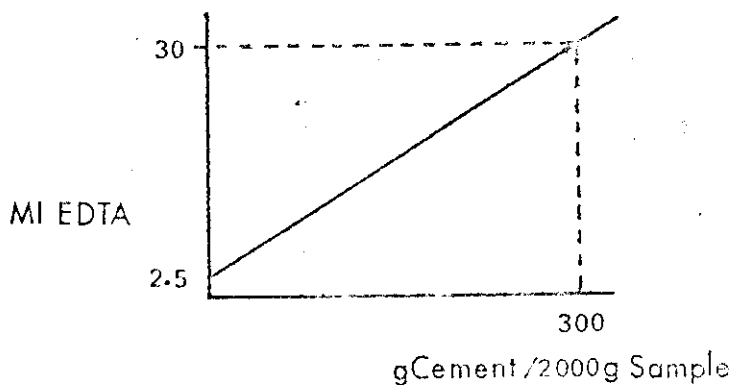
$$C/M_s \text{ (P/W)} = \text{مقدار سیمان بر حسب پیوند بر یارد مکعب}$$

که در آن:

C = جرم سیمان در نمونه آزمایش بر حسب گرم،

M_s = جرم نمونه آزمایش بر حسب گرم، و

W = وزن مخصوص بتن که مطابق با روش آزمایش A تعیین می‌شود بر حسب پیوند بر فوت مکعب



CEMENT CONTENT

شکل ۳- نمودار کالیبراسیون برای روش A

۱۲- دقت و انحراف

۱۲-۱- دقت- انحراف استاندارد آزمایش کننده ± 0.9 درصد، در حدی از

وزن سیمان کل (تقریباً $5/5$ پوند سیمان بر یارد مکعب بر اساس مقدار

564 پوند سیمان بر یارد مکعب) می‌باشد. بر اساس انحراف استاندارد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آزمایش کننده تکمیل نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط همکاران آزمایش کننده روی مصالح یکسان بیش از $2/75$ در مدتها و تائیدی کنند (تقریباً $15/5$ بودند بسیار دستگیر). اطلاعات چند آزمایشگاهی بدست نیامده است.

توجه ۳- مقادیر دقیقی که در اینجا بیان شده است بر اساس شرایط آزمایشگاهی از نوع تحقیقاتی می باشد. آزمایش در محل انجام شده تاکنون بدون افزایش خطا مقادیر فوق را تأیید کرده اند.

۱۲-۲- انحراف- انحرافی برای این روش آزمایش تعیین نشده است.

روش B - تعیین فلوشور و سترو به وسیله دستگاه

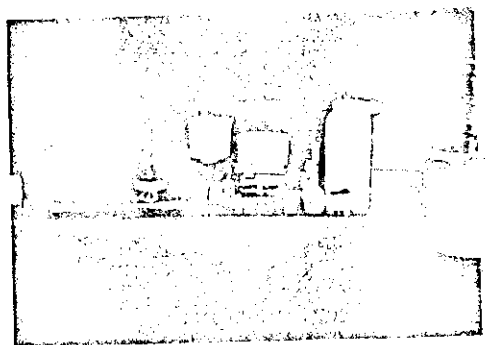
۱۳- وسایل

۱۳-۱- حداقل وسایل لازم برای انجام آزمایش به شرح زیر می باشد. به جای وسایلی که در بندهای ۱۳-۱-۱ تا ۱۳-۱-۸ معرفی شده اند ممکن است از وسایل دیگری که همان عملکرد را دارند نیز استفاده نمود. تصویری از انتخاب قابل قبول وسایل در شکل ۴ نشان داده شده است.

۱۳-۱-۱- ترازو - با حداقل ظرفیت 2500 گرم و حساسیت حداقل 0.1 گرم. ۱۳-۱-۲- پیاجه، دهانه مربعی از جنس آلومینیم به عرض تقریبی ۳ اینچ در طول ۸ اینچ (76 میلی متر در 203 میلی متر)

۱۳-۱-۳- شش مخصوص شوره، به ظرفیت $4/7$ لیتر از جنس پلی اتیلن.

۱۳-۱-۴- شش مخصوص شوره آزمایش، به ظرفیت $4/7$ لیتر از جنس پلی اتیلن



شکل ۴- تجهیز استاندارد برای تعیین مقدار رسوب آن در مخلوط باین تازه با استفاده از

روش B

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۳-۱-۵- مخزن محلول سوسپانسیون سیان- یک مخزن از جنس پلی پروپیلن به ظرفیت ۱ گالن (۳۸ لیتر) مجهز به یک پمپ و لوله خرطومی جریسان مضاعف و یک موتور جریان مستقیم به ظرفیت ۰.۵/ اسب بخار می باشد. همچنین موتور باید دارای یک پوش آبیندی کننده و یک تیغه مخلوط کن یکدم باشد که از طریق یک اتصال عمومی به موتور مخلوط کن ۰.۸۳/ اسب بخار متصل می شود، و موتور دارای تلفه ای است که برای نگه داشتن الکهای به قطر ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلی متر) طرح شده است. ماشین شستشوی شرح داده شده در بند ۷-۱-۵ ممکن است به جای مخزن محلول سوسپانسیون سیان استفاده شود.

۱۳-۱-۶- الکها - یک سری الک استاندارد از جنس فولاد زنگ نزن به قطر ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلی متر)، که از الکهای ۴/۷۵ میلی متر (شماره ۴)، ۳۰۰ میکرون (شماره ۵۰) و ۱۵۰ میکرون (شماره ۱۰۰) تشکیل شده است. ترکیب الکها باید در آزمایش کالسیبراسیون و آزمایش تعیین مقدار سیان یکسان باشد.

۱۳-۱-۶-۱- برای سنگدانه های میلمتری ریزدانه می توان الک ۱۵۰ میکرون (شماره ۱۰۰) را حذف نمود، اما وقتی سنگدانه ها آهکی ریزدانه باشند، استفاده خواهد شد. (سنگدانه هایی آهکی محسوب می شوند که نتایج آنالیز شیمیایی ترکیبات آنها وجود بیش از ۲۰ درصد CaO را نشان دهد.)

۱۳-۱-۶-۲- در صورتی که به جای مخزن محلول سوسپانسیون سیان از ماشین شستشو در بند ۷-۱-۵ استفاده شود، سری الکها باید مطابق بند ۷-۱-۶ استفاده گردد.

۱۳-۱-۷- همزن مغناطیسی - همزن مغناطیسی با سرعت متغیر که میله همزن آن پوشش تترافلوئورواتیلن- فلوشورکربن دارد.

۱۳-۱-۸- پیپتاز نوع سرنگی- پیپتی با حجم متغیر و با ظرفیت ۳۰ میلی لیتر
۱۳-۱-۹- پیپت های اتوماتیک- پیپت های با حجم ثابت، ۳۰ و ۱۰۰ میکرو لیتر با نوک باریک.

۱۳-۱-۱۰- نوک پیپت- نوک پیپت برای پیپت های ۳۰ و ۱۰۰ میکرو لیتر.

۱۳-۱-۱۱- ارلن سایر، ارلن سایر ۵۰ میلی لیتری از جنس پلی کربنات و ۲۵۰ میلی لیتری از جنس پلی پروپیلن.

۱۳-۱-۱۲- آنالیزور کلسیم، برای تعیین مقدار کلسیم، فلوشورومتری را

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

روی مخلوطهای نمونه ۲ تا ۱۰۰ میکرو لیتری انجام دهید. فرایند تیتر برای تکرار مجدد تعیین کلسیم نباید بیش از ۱/۲ درصد برای نمونه‌های ۱۰۰ میکرو لیتری و ۱/۷ درصد برای نمونه‌های ۲۰ میکرو لیتری بزرگتر باشد. ۱۳-۱-۱۳ ظرف دهانه گشاده یک ظرف مستطیلی به ظرفیت ۲ گالن (۷/۶ لیتر) با یک لب که برای پیچاندن یک درب می‌باشد.

۱۴ - معرفیها

۱۴-۲- محلول اسید نیتریک (۵٪) - ۵ میلی لیتر اسید نیتریک (با چگالی ۱/۴۲) را به ۹۵ میلی لیتر آب مقطر اضافه کنید.

۱۴-۳- محلول اسید تترا استیک استیک استیلن گلیکول (آمینو اتیل اتر) (EGTA) - معرف آماده با غلظت ۰.۴ درصد وزن بر حجم. مقدار محلول مورد نیاز بسته به کارخانه سازنده دستگاه آنالیزور کلسیم تفاوت می‌کند.

۱۴-۴- محلول اندیکاتور کلسین - یک گرم پودر اندیکاتور کلسین خشک را با ۱۰ میلی لیتر (۱± درصد) کلسیم استاندارد (۱۰ میلی گرم در صد) مخلوط کنید.

۱۴-۵- محلول استاندارد کلسیم - معرف آماده ۱۰ میلی گرم در صد (۵ میلی اکی والان گرم در لیتر)

۱۴-۶- هیدروکسید پتاسیم (۱ نرمال) - معرف آماده شده ۱ نرمال هیدروکسید پتاسیم با آب بدون یون (خشکی)

۱۵- کالیبراسیون

۱۵-۱- مصالح سنگی - نمونه معرفی از بتن به وزن ۲ کیلوگرم با نسبتهای اختلاط و مصالح بتن مورد آزمایش منتهای سیمان تهیه کنید. جرم نمونه باید ۲ کیلوگرم منتهای جرم سیمان موجود در ۲ کیلوگرم نمونه بتن باشد. برای تعیین کالیبراسیون مصالح سنگی بندهای ۱۶-۲ تا ۱۶-۱۰ را تعقیب کنید. در بند ۱۶-۱ می‌توانید به جای ظرف ۲۰ میکرو لیتری مخصوصی نمونه، از پیپت ۱۰ میکرو لیتری استفاده کنید. فرائد دستگاه آنالیزور کلسیم را برای نمونه مصالح سنگی یادداشت کنید. اگر به جای نمونه ۲ کیلوگرمی، نمونه ۳ کیلوگرمی استفاده می‌کنید. همین روش را برای نمونه ۳ کیلوگرمی تعقیب کنید.

۱۵-۲- سیمان - با استفاده از نسبتهای اختلاط و مصالح بتن مورد آزمایش یک نمونه به وزن ۲ کیلوگرم با مصالح مورد صرف به صورت دستی آماده کنید. (وزن سیمان و آب برای این مخلوط باید با دقت گرم و وزن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مصالح سنگی با دقت ۱ گرم تعیین شود. اطمینان حاصل نمایید تمام سیمان از ابزارها، کاسه مخلوط کن و وسایل مشابه دیگر به داخل ماشین شستشو پاک شده است. مقدار نسبی بون کلسیم را در این مخلوط را با تعقیب بندهای ۱۶-۲ تا ۱۶-۱۰ تعیین کنید. قرائت دستگاه آنالیزور کلسیم را برای نمونه کالسیتراسیون سیمان یادداشت کنید.

۱۵-۳- منحنی کالسیتراسیون مقدار سیمان بر حسب قرائت آنالیزور کلسیم - برای ساختن منحنی خطی کالسیتراسیون، مقدار سیمان (گرم) بر حسب قرائت دستگاه آنالیزور کلسیم (میلی گرم در صد). نقطه سیمان صفر و نتیجه کالسیتراسیون برای مصالح سنگی (میلی گرم در صد) (بند ۱۵-۱) را که بر ۵ تقسیم شده است را مشخص کنید. همچنین جرم سیمان در نمونه کالسیتراسیون سیمان ۲ کیلوگرمی بتن و قرائت دستگاه آنالیزور کلسیم (بند ۱۵-۲) را به عنوان نقطه دیگر مشخص کنید. برای کامل کردن منحنی کالسیتراسیون برای این نوع سیمان و مصالح، دو نقطه مشخص شده را با یک خط مستقیم به هم وصل کنید. همه مقادیر نامشخص سیمان به طور خطی با مقدار بون کلسیم متناسب می باشد. در بند ۱۷-۱ مثالسی از یک منحنی کالسیتراسیون ارائه شده است.

۱۵-۴- شرایط کالسیتراسیون - هر زمان که آب، مصالح سنگی، سیمان یا سایر افزودنیهای بتن عوض شود، باید هر دو آزمایش کالسیتراسیون تکرار شوند. هر روز باید یک آزمایش کالسیتراسیون (بند ۱۵-۲) صورت بگیرد. نتایج آخرین سه آزمایش روزانه انجام شده باید کمتر از ۵ درصد با هم تفاوت داشته باشند. اگر این تفاوت بیش از ۵ درصد باشد هر روز باید سه آزمایش انجام شود. وقتی میانگین نتایج سه روز پی در پی کمتر از ۵ درصد با هم اختلاف دارند می توان دفعات انجام آزمایش کالسیتراسیون را به یکبار در روز کاهش داد.

۱۶ - روش آزمایش

۱۶-۱- برای تهیه نمونه آزمایش از بتنی که اندازه مصالح سنگی آن بنا ۱/۵ اینچ (۳۸/۱ میلی متر) می رسد، مقدار 200 ± 20 گرم از بتن مورد آزمایش مطابق با بند ۱۶-۱ توزین کرده و جرم آن را با دقت کسرم یادداشت کنید. برای بتن با مصالح سنگی بزرگتر از ۱/۵ اینچ (۳۸/۱ میلی متر)، مقدار 300 ± 30 گرم از نمونه را مطابق بند ۱۶-۱ تهیه کنید. وقتی اندازه اسی سنگدانه ها از ۱/۵ اینچ بیشتر است از روشی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

که در بخش ۲۰ شرح داده شده، پراکنندگی سنگدانه‌های درشت را تصحیح کنید.

توجه ۲ - برای جلوگیری از تداخل اندازه نمونه و نسبت‌سیان به مصالح سنگی جرم نمونه بیشتری استفاده می‌شود.

۱۶-۲- ماشین شستشو یا مخزن محلول سوسپانسیون سیمان را با ۱۰ گالن (۳۷/۹ لیتر) آب تا علامت نشانه روی بدنه مخزن پر کنید. سپس سری الکما را روی مخزن قرار دهید و همزن مخزن را روشن کنید.

۱۶-۳- ۲ کیلوگرم نمونه آزمایش را به روی الکهای مخزن انتقال دهید. پمپ جریان مضاعف مخزن را روشن کنید. با استفاده از لوله خرطومی پمپ جریان مضاعف که دارای جت آب سی‌باشد، باقیمانده نمونه ۲ کیلوگرمی را از داخل ظرف نمونه به داخل مخزن بشویید.

۱۶-۴- به دقت با استفاده از لوله خرطومی پمپ آب که دارای جت آب است، مصالح باقیمانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر (نمره ۴) را بشویید. بعد از اینکه سیمان کاملاً از روی سنگدانه‌های باقیمانده روی الک ۴/۷۵ میلی‌متر پاک‌شود (شستشو ۱ تا ۵ را دقیقه انجام می‌گیرد)، الک ۴/۷۵ میلی‌متر و مصالح باقیمانده روی آن را بردارید.

۱۶-۵- سنگدانه‌های باقیمانده روی الک ۳۰ میکرون (نمره ۵) را بدقت بشویید (شستشودر حدود ۱ تا ۱/۵ دقیقه انجام می‌گیرد) تا سیمان کاملاً از روی سنگدانه‌ها پاک‌شود. سپس الک ۳۰ میکرون را بردارید. وقتی از هر دو الک ۳۰ میکرون و ۱۵۰ میکرون (نمره ۱۰۰) استفاده شده است، مصالح باقیمانده روی الک ۱۵۰ میکرون را نیز بدقت ۱ تا ۱/۵ دقیقه به دقت بعد از برداشتن الک ۳۰ میکرون بشویید. وقتی که شستشو کامل شد الک ۱۵۰ میکرون را نیز بردارید.

۱۶-۶- نمونه ۳ میلی لیتری از محلول سوسپانسیون داخل مخزن را با استفاده از پیپت سرنگی ۳ میلی لیتری تهیه کنید. محلول سوسپانسیون را داخل یک ارلن‌مایر ۵۰ میلی لیتری بریزید. پیپت سرنگی را مجدداً با محلول اسید نیتریک ۵ درصد پر کنید. محلول اسید نیتریک را به ارلن‌مایر اضافه کنید، در ضمن تخلیه گاه‌گاهی پیپت سرنگی را تکان دهید تا اطمینان حاصل کنید که هنگام نمونه برداری سیمان ته نشین شده به محلول اسید حل شده و شسته می‌شود. با استفاده از یک قسریک سدرج، ۲۵۰ میلی لیتر آب مقطر به داخل ارلن‌مایر اضافه کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷-۱۶- میلیه همزن مغناطیسی را در داخل ارلن مایر قرار دهید. ارلن مایر را زیر همزن مغناطیسی قرار دهید. موتور همزن را روشن نموده و کنترل نمایید که همزن شروع به کار نماید.

۸-۱۶- دستگاه آنالیزور کلسیم را روشن کنید. کلید کردن دستگاه را از وضعیت میلی کی و آل ان کرم (meq) روی میلی گرم درصد (mg %) قرار دهید، ظرف مخصوص دستگاه را با هیدروکسید پتاسیم با نرمال تا علامت مشخصه پر کنید و ۱۰۰ میکرو لیتر معرف کلسیم (چنانچه استفاده از یک پیپت اتوماتیک با حجم ثابت) به ظرف اضافه کنید. ظرف را در دستگاه آنالیزور قرار دهید، با استفاده از یک پیپت اتوماتیک با حجم ثابت ۱۰۰ میکرو لیتر محلول استاندارد کلسیم به ظرف اضافه کنید. سپس دکمه تیتراسیون را در شرایط ظرف برای آنالیز فشار دهید. (این کار فقط بعد از اینکه ظرف با محلول هیدروکسید پتاسیم جدیدی پر می شود، ضروری است).

توجه ۵- روش ارائه شده در بند ۸-۱۶ برای استفاده با دستگاه آنالیزور مدل کورنیلنگ، ۹۴ می باشد. اگر وسایل دیگری استفاده شود روش باید با توجه به کالیبراسیون کارخانه سازنده و روش های اجرایی اصلاح گردد.

۹-۱۶- برای کالیبره کردن کلسیم سنج، از یک پیپت اتوماتیک با حجم ثابت استفاده کنید و ۱۰۰ میکرو لیتر کلسیم استاندارد به ظرف اضافه کنید. دکمه تیتراسیون را فشار دهید، نتیجه را یادداشت کنید و آزمایش را با اضافه کردن ۱۰۰ میکرو لیتر دیگر کلسیم استاندارد تکرار کنید و تیتراژ کنید. آزمایش را تکرار کنید تا نتایج آزمایش های پیاپی کمتر از ۱/۵ درصد با هم متفاوت داشته باشند. دکمه تیتراسیون را فشار دهید و ۱۰۰ میکرو لیتر نمونه اضافی از کلسیم استاندارد را برای تعیین مقدار کلسیم استاندارد کسه مخفی مانده است (۱/۱۰۰) میلی گرم درصد است. به داخل ظرف بریزید. (توجه ۵)

۱۰-۱۶- برای تعیین عمیق سیمان در محلول داخل ارلن مایر با استفاده از یک پیپت اتوماتیک با حجم ثابت ۲۰ میکرو لیتر، مقدار ۲۰ میکرو لیتر از نمونه را از داخل ارلن به ظرف مخصوص دستگاه بریزید. دکمه تیتراسیون را فشار دهید و نتیجه را تحت عنوان ۷ یادداشت کنید. این آزمایش را با پیپت کردن ۲۰ میکرو لیتر دیگر از نمونه به

داخل ظرف دستگاه و شیتو کردن تکرار کنید تا تمام مقادیر کاهش از ۱/۵ درصد با هم تفاوت داشته باشند (توجه ۵).

۱۷- محاسبات

۱۷-۱- مقدار سیمان نمونه را با مراجعه به نمودار کالیبراسیون تعیین کنید.

۱۷-۱-۱- مثال- یک نمونه بتن آزمایش شده است:

جرم نمونه آزمایش شده، گرم $M_s = 2100$

قراشت کلسیم سنج، $V = 6/3$

قراشت کلسیم سنج را روی نمودار کالیبراسیون شکل ۵ بفرید.

۱۷-۱-۲- از نمودار کالیبراسیون، قراشت کلسیم سنج ۶/۳ متناظر با ۳۰۰

گرم سیمان (C) در 2000 ± 200 گرم نمونه می باشد. مقدار سیمان به صورت درصدی از وزن برابر است با:

$$\text{درصد سیمان} = 100 \times (C/M_s)$$

$$= 100 \times (300/2100)$$

$$= 14/3 \%$$

۱۷-۱-۳- مقدار سیمان را بر حسب پیوند بریارد مکعبی را شرح زیر محاسبه کنید:

$$\text{مقدار سیمان} = 27 \times W \times (C/M_s)$$

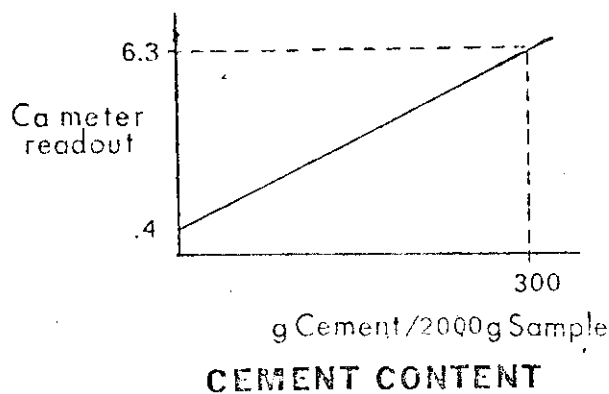
که در آن:

C = جرم سیمان در نمونه آزمایش بر حسب گرم،

M_s = جرم نمونه آزمایش بر حسب گرم، و

W = وزن نمونه بتن بر حسب پیوند بر فوت مکعبی که مطابق با روش

آزمایش C۱۳۸ تعیین شده است.



شکل ۵ - نمودار کالیبراسیون برای روش B

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۸- دقت و انحراف

۱۸-۱- دقت- انحراف استاندارد آزمایش کشنده تکمی ۱/۰۲ درصد سیمان، درصدی از وزن کل سیمان می باشد، (تقریباً " ۵/۸ سیمان بریارد مکعب بر اساس مقدار ۵۶۴ پوند سیمان بریارد مکعب). بر اساس انحراف استاندارد آزمایش کشنده تکمی نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط همان آزمایش کشنده روی مصالح یکسان بیش از ۲/۸۹ درصد تفاوت نمی کنند (تقریباً " ۱۶/۳ سیمان بریارد مکعب). اطلاعات چند آزمایشگاهی به دست نیامده است.

توجه ۶- مقادیر دقت بیان شده در اینجا بر اساس شرایط آزمایشگاهی از نوع تحقیقاتی می باشد. آزمایش انجام شده در محل، تاکنسون بدون افزایش خطای مقادیر فوق را نتایج کرده اند.

۱۸-۲- انحراف- هیچ انحرافی برای این روش آزمایش تعیین نشده است.

۱۹- گزارش

۱۹-۱- گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

۱۹-۱-۱- جرم نمونه بتن آزمایش،

۱۹-۱-۲- تشریح نمونه بتن آزمایش،

۱۹-۱-۳- تشریح نمونه آزمایشی بتن،

۱۹-۱-۴- حجم EDTA برای روش A یا فرانتالکدیم سنج برای روش B، و

۱۹-۱-۵- مقدار سیمان تعیین شده از نمودار کالیبراسیون.

۲۰- تصحیح برای خطاهای نمونه گیری

۲۰-۱- نمونه های کوچک اغلب شامل سنگدانه های درشتدانه نمی باشند و بنابراین دقت تعیین مقدار سیمان را می توان به روش زیر بهبود داد. (به بند های ۱۰-۱ و ۱۶-۱ مراجعه کنید.)

۲۰-۱-۱- بعد از شسته شدن نمونه مجدداً " سنگدانه های درشت، مرطوبی را که روی الک ۲/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) جمع شده اند، الیک کنید. وزن مصالح اشباع با سطح خشک (SSD) سنگدانه های مرطوب را با خشک کردن توسط حوله یا وزن کردن نمونه فوطه ور شده بر طبق روش آزمایش C1۲۷ می باشد. به بیان دیگر:

$$B = C / (1 - (1/G))$$

که در آن:

B = وزن حالت اشباع با سطح خشک (SSD) در هوا،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

C = وزن سنگدانه‌ها در شرایط غوطه‌ور در آب، و

G = چگالی ویژه سنگدانه‌ها در شرایط اشباع با سطح خشک (SSD)

$$At = B/Ws$$

که در آن:

Ws = وزن نمونه آزمایش بر حسب گرم.

۲۰-۱-۲- سپس مقدار مصالح درشت‌دانه را در یک نمونه بزرگ‌ترین مثلاً ۵/۰ فوت مکعب که نماینده بتن ساخته شده در ایستگاه ساخت بتن یا بار بتن است، تعیین کنید. وزن سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک را به صورت کسری از وزن بتن بیان کرده و آنرا با AS نشان دهید. (توجه ۷) با ضرب کردن مقدار سیمن در کسر زیر آنرا تصحیح نمایید.

$$(1 - At)/(1 - AS)$$

توجه ۷ - در بعضی موارد ممکن است بتوانیم مقادیری تکمیلی برای AS استفاده نمود. این مقدار تکمیلی با استفاده از وزن مخلوط بتن و از طریق الک کردن درشت‌دانه‌ها بدست می‌آید. خطاهای این مقادیر به اندازه تفاوت نتایج الک کردن درشت‌دانه‌های مخلوط‌های مختلف با الک ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴) خواهد بود.

روشهای استاندارد آزمایش برای تعیین مقدار آب بتن تازه
ASTM: C1079-87

۱- هدف

۱-۱- این روشهای آزمایش شامل دو روش شیمیایی برای تعیین مقدار آب آزاد موجود در یک نمونه بتن تازه می باشد. این آزمایشها هم در آزمایشگاه و هم در محل قابل اجرا می باشند. روش آزمایش به صلاحدید استفاده کننده، انتخاب می شود. محیط اجرای آزمایشها ممکن است در انتخاب روش آزمایش موثر باشد.

۱-۲- مقادیر بیان شده در واحدهای اینچ-پوند به عنوان استاندارد می باشد مگر اندازه الکها که مطابق با مشخصه E11 می باشد.

۱-۳- این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در نظر نمی گیرد. بر عهده استفاده کنندگان از این استاندارد است که دستورالعملهای ایمنی و سلامتی را در نظر بگیرند و محدوده های عملی آن را قبل از استفاده تعیین کنند. توجه را برای بیان هشدارهای خاص ملاحظه نمایند.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM :

C94 مشخصه بتن آماده

C127 - روش آزمایش چگالی ویژه و جذب آب مصالح درشتدانه

C138 - روش آزمایش وزن مخصوص، روانی و درصد هوای بتن (شکل سنجی)

C172 - دستورالعمل نمونه گیری از بتن تازه

C670 - دستورالعمل تهیه دقت و انحراف برای روشهای آزمایش مصالح

ساختمانی

C1078 - روشهای آزمایش تعیین مقدار سیمان در بتن تازه

۳ - خلاصه روشهای آزمایش

۳-۱- مقدار مشخصی از بتن تازه با حجم معینی از محلول کلرید با غلظت مشخص مخلوط می شود. غلظت یونهای کلرید محلول آمیخته شده با بتن با مقدار آب نمونه بتن نسبت مستقیم دارد. این غلظت را می توان با روش تیتراسیون حجمی یا روش رجوع کولومتری (سنجش مقدار الکتریسیته)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نتایج آزمایشهای معرفهای درجه بندی شده مقایسه کرد. مگر اینکه گزارشات قبلی رضایت بخش بودن آنها را تأیید کرده باشد.

۵-۲- در تمام موارد منظور از آب آّب مقطر یا آبی است که دارای همان درجه از خلوص باشد، مگر اینکه خلاف آن ذکر شده باشد.

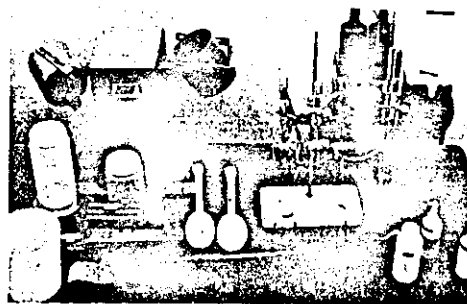
۶- نمونه گیری

۶-۱- نمونه بتنی که از آن نمونه های آزمایشی تعیین مقدار آب تهیه می شود باید نماینده کل بتن ساخته شده در آن مخلوط بوده و جرم آن از ۲۰ کیلوگرم کمتر نباشد. این نمونه باید مطابق با مشخصه C۹۴ و یا دستورالعمل C۱۷۲ گرفته شود. در مشخصه C۹۴، روشهای نمونه گیری برای تعیین یکسواختی بتن ساخته شده در ماشینهای مخلوط کن شرح داده شده است. اگر الک کردن دانه های درشتتر از ۱/۵ اینچ به روشتر مجاز نباشد، باید ظرف دهانه گشاد ذکر شده در بند ۷-۱-۴ به اندازه کافی بزرگ باشد تا کار با بتن با مصالح سنگی درشتتر آسان گردد.

روش A - روش تیتراسیون حجمی

۷- وسایل

۷-۱- در زیر حداقل وسایل لازم برای انجام آزمایش تجزیه ذکر شده است. اگر وسایلی با عملکردی مشابه که در این بخش توصیف گردیده موجود باشند از آنها نیز میتوان استفاده نمود. وسایل قابل قبول در شکل ۱ نشان داده شده است.



a- ترازو، b- بیلچه دستی، c- تشتک نمونه، d- ظرف دهانه گشاد،
e- مخلوط کن بیونورسال، f- بشر مخروطی، g- پیپت ۲۵ میلی لیتر،
h- پیپت اتوماتیک ۲۵ میلی لیتر، i- بطریهای تیره رنگ معرفها،
درپوش لاستیکی، لوله شیشه ای، j- پیپت اتوماتیک ۱ میلی لیتر،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تعیین نمود. علاوه بر این یک آزمایش ساده نیز نیاز می باشد. در این آزمایش ساده، حجم معینی آب مغلط را با وزن مشخصی از نمونه بتن مخلوط کرده و با روش تیتراسیون حجمی یا روش رجوع کولومتری، غلظت یون کلرید را در محلول ساده مخلوط شده به دست می آورند. در روش A، غلظت یون کلرید را با افزودن مقدار زیادی از یک محلول استاندارد نیترات نقره به حجم مشخصی از هر مخلوط بتن و محلول کلرید، بدست می آورند. با این کار یونهای کلرید به صورت کلرید نقره رسوب می کنند. مقدار نقره باقیمانده را از طریق تیتر کردن با محلول استاندارد تیوسیانات در مجاورت معرف سولفات آهن II (نشان دهنده نقطه پایان کار) تعیین می کنند. در روش B، غلظت یون کلرید از طریق افزودن حجم معینی از مخلوط بتن و محلول کلرید به یک محلول بافر اسیدی، بدست می آید. غلظت یون کلرید با استفاده از دستگاههای روش رجوع کولومتری تعیین می شود. (اگر آزمایش ساده نشان دهنده عدم حضور کلریدها باشد، می توان در آزمایشهای بعدی از اجرای آن صرف نظر کرد).

۴- اهمیت و موارد کاربرد

۴-۱- برای تعیین میزان تغییرات مقدار آب بتن ساخته شده در یک مخلوط، یا تفاوت مقدار آب بتنهای ساخته شده از چند مخلوط مختلف که اسما" یک نوع بتن تلقی می شوند، می توان از نتایج آزمایش استفاده نمود. اگر این روشهای آزمایش به منظور تعیین یکنواختی بتن باشد، باید نمونه گیری را باروشهای صحیح مناسب انجام داد. در بند ۶ این روش آزمایش، مراجع روشهای نمونه گیری آورده شده است.

۴-۲- اگر همراه با این آزمایش، روشهای آزمایش C10.78 انجام شود، نسبت آب به سیمان را می توان تخمین زد.

۵- خلوص معرفها

۵-۱- خلوص معرفها - در تمام آزمایشها باید از معرفهای شیمیایی درجه بندی شده استفاده کرد. تمام معرفها باید دارای مشخصاتی باشند که کمیته آنالیز معرفهای انجمن مواد شیمیایی آمریکا تعیین کرده است، مگر اینکه خلاف آن ذکر شده باشد. از دیگر درجات معرفها نیز می توان استفاده کرد، به شرطی که اطمینان حاصل کنیم که این معرفها به اندازه کافی خالص هستند و از دقت آزمایش کاسته نمی شود. بدین منظور نتایج آزمایش انجام شده با این معرفهای پیشنهاد شده را باید با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

k - بورت ۱۰۰ میلی لیتر، l - بالن مدرج ۵۰۰ میلی لیتر، m - پیمانها و با
حجم ثابت، n - گیره ها ،
شکل ا- تجهیزات لازم برای تعیین مقدار آسیدر بتن تازه با استفاده از
روش A

- ۷-۱-۱- ترازو - دارای حداقل ظرفیت ۲۶۰۰ گرم و حداقل دقت ۰/۱ گرم.
- ۷-۱-۲- بیلچه، کسجه و دستکشهای لاستیکی از نوع مورد نیاز.
- ۷-۱-۳- شستکه حجم ۴/۷ لیتر از جنس پلی اتیلن.
- ۷-۱-۴- ظرف دهانه گشاد، به حجم ۰/۵ گالن (۱/۹ لیتر) از جنس
پلی اتیلن و دارای درپوش پیچی .
- ۷-۱-۵- مخلوط کن یونیورسال - یکم مخلوط کن گردان با سرعت ۴ تا ۶۰
دور در دقیقه و قابلیت نگهداری و گرداندن یک ظرف دهانه گشاد ۰/۵
گالنی (۱/۹ لیتری) محتوی ۲/۵ کیلوگرم مواد این مخلوط کن باید مجز
به یک زمان سنج، تا ۱۵ دقیقه ای و یک کلید باشد.
- ۷-۱-۶- یک بشر مخروطی یا یک بالن - یک بشر مخروطی دهانه باریک
یا یک بالن به حجم ۵۰۰ میلی لیتر .
- ۷-۱-۷- پیپت شیشه ای به حجم ۲۵ میلی لیتر از گروه A یا B .
- ۷-۱-۸- پیپت های اتوماتیک، از جنس شیشه با درپوشهایی از جنس
پلی تترافلوئورواتیلن (PTFE) به حجم های ۲۵ و ۱۰ میلی لیتر. از پیپت
اتوماتیک ۲۰ میلی لیتری دو عدد مورد نیاز است. به جای پیپت اتوماتیک
می توان از هر طرف مدرجی با حداقل دقت مساوی یا بیشتر از ± 0.05
میلی لیتر و قابلیت عمل آوری مجدد برابر یا بیشتر از ± 0.02 میلی لیتر
استفاده نمود.
- ۷-۱-۹- بطریهای تیره رنگ معرفیها، دو بطری دهانه باریک تیره رنگ
از جنس پلی پروپیلن با حجم ۳۲ از یا ۰/۹۵ تا یک لیتر مورد نیاز
می باشد. این بطریها را باید به دو درپوش لاستیکی شماره ۶ که یکی
دو سوراخ و دیگری سه سوراخ داشته باشد، مجهز نمود. برای بطریها
باید لوله های شیشه ای و لوله های U شکل با قطر خارجی ۷ میلی متر و
ضخامت جدار استاندارد تهیه نمود. برای درپوشی که سه سوراخ دارد،
دو لوله و برای درپوشی که دو سوراخ دارد یک لوله مورد نیاز است.
برای اتصال لوله شیشه ای U شکل به پیپت های اتوماتیک ۲۵ میلی لیتری،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۱۰ فوت (۳ متر) لوله لاستیکی تیره رنگ به قطر داخلی ۰/۲۵ اینچ (۶/۴ میلی متر) مورد نیاز می باشد.
- ۷-۱-۱۰ - بورت به حجم ۱۰۰ میلی لیتر باید نه آکریلیک و بادقت گروه A یا B و یک درپوش.
- ۷-۱-۱۱ - بالن مدرج، دو عدد بالن مدرج ۵۰ میلی لیتری از جنس پلی اتیلن.
- ۷-۱-۱۲ - پیمانه های با حجم ثابت، پیمانه هایی از جنس پلی اتیلن با محفظه های اندازه گیری از جنس پلی پروپیلن و یک پیمانه ۲ میلی لیتری و دو عدد پیمانه ۵ میلی لیتری مورد نیاز می باشد.
- ۷-۱-۱۳ - ظرف دهانه گشاد مستطیلی از جنس پلی اتیلن خطی به حجم ۲ گالن (۷/۶ لیتر) و از نوع هواکش دار
- ۷-۱-۱۴ - گیره ها - یک گیره برای نگهداری دو بورت و یک گیره معمولی که دارای فکهای سه شاخه و پوشش وینیل باشند.
- ۸ - معرفیها
- ۸-۱ - محلول اسید نیتریک (۱+۱) - یک حجم اسید نیتریک غلیظ (HNO_3) با چگالی ۱/۴۲ را به دقت به یک حجم آب اضافه کنید.
- ۸-۲ - محلول معرف سولفات آهن - ۵۰ گرم سولفات آمونیوم آهن $[\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ را در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل کرده و ۵ قطره از محلول اسید نیتریک (۱+۱) به آن بیفزایید.
- ۸-۳ - نیترو بنزن ($\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$) با چگالی ۱/۲.
- توجه ۱ - هشدار - نیترو بنزن به شدت سمی است و به سرعت از راه پوست جذب می شود. باید از تماس آن با پوست یا لباس جلوگیری کرده و از تنفس بخارات آن خودداری کرد. به هنگام استفاده از این ماده باید احتیاطهای لازم را بعمل آورد.
- ۸-۴ - محلول تیوسیانات پتاسیم (۰/۵، نرمال) - ۰/۲ $\pm 24/3$ گرم از تیوسیانات پتاسیم خشک (KSCN) را در آب حل کرده و حجم محلول را به ۵ لیتر برسانید.
- ۸-۵ - محلول نیترات نقره (۰/۵، نرمال) - ۲ ± 255 گرم نیترات نقره خشک (AgNO_3) را در آب حل کرده و حجم محلول را به ۳ لیتر برسانید.
- ۸-۶ - محلول کلرید سدیم (۰/۵، نرمال) - ۳ ± 292 گرم کلرید سدیم خشک (NaCl) را در آب حل کرده و حجم محلول را به ۱۰ لیتر برسانید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ۲- بلورهای خشک NaCl به کندی حل می‌شوند. برای که این که بلورهای نمک به طور کامل حل شوند، بیشتر است. محلول را به سورت هم بزنیم.

۹- کالیبراسیون

۹-۱- ثابت معادل محلول خالص- با استفاده از یک پیتاتوماتیک ۱۰ میلی لیتر از محلول نیترات نقره ۰/۵ نرمال را در یک بشر بریزید. توسط یک پیمانه ۱۰ میلی لیتر اسید نیتریک (n+1)، ۵ میلی لیتر محلول معرف سولفات آهن و ۲ میلی لیتر نیتر و بنزن را در یک بشر بریزید. به مدت چند ثانیه محتویات بشر را خوب هم بزنید. با استفاده از یک بورت ۱۰ میلی لیتری از محلول ۰/۵ نرمال KSCN، محلول فوق را تیترو کنید. وقتی که اولین لکه های پایدار به رنگ قهوه ای مایل به قرمز پدیدار شدند، تیتراسیون را متوقف کنید. حجم KSCN لازم برای رسیدن به این نقطه پایانی را ثبت کنید. این حجم ثابت معادل محلول خالص است.

۹-۲- مقدار آببر حسب نقطه پایانی تیوسیانات پیتاسیم - ۱۰۰±۱ گرم (۱۰۰ میلی لیتر) آب را وزن کنید. آب را در یک ظرف دهانه گشاد تمیز بریزید. با استفاده از یک بالن مدرج ۵۰۰ میلی لیتر محلول ۰/۵ نرمال NaCl به آن اضافه کنید. در ظرف را محکم بسته و آنرا به مدت سه دقیقه با یک مخلوط کن یونیورسال، مخلوط کنید. سپس ظرف را از مخلوط کن بیرون آورده و با استفاده از یک پیتاتوماتیک نمونه ای به اندازه ۲۵ میلی لیتر از محلول بردارید. نمونه ۲۵ میلی لیتری مذکور را در یک بشر مخروطی بریزید. با استفاده از یک پیتاتوماتیک ۲۵ میلی لیتر محلول ۰/۵ نرمال AgNO₃ و با استفاده از یک پیمانه ۱ میلی لیتر HNO₃ (۱+۱) و ۵ میلی لیتر محلول معرف سولفات آهن و ۲ میلی لیتر نیتر و بنزن در درون بشر فوق بریزید. مخلوط را خوب هم بزنید. با استفاده از یک بورت ۱۰ میلی لیتری حاوی محلول ۰/۵ نرمال KSCN، محلول فوق را تیترو کنید. محتویات بشر را در حین تیتراسیون هم بزنید. تا پیدایش دائمی رنگ قهوه ای مایل به قرمز نقطه پایانی تیتراسیون را ادامه دهید. حجم KSCN را ثبت کنید. این حجم KSCN، مقداری است که برای تیتراسیون یک نمونه بتن بدون کلرید و حاوی ۱۰۰ گرم آب لازم است.

۹-۳- منحنی کالیبراسیون مقدار آببر حسب مقدار کل تیوسیانات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

پتاسیم- روش ذکر شده در بند ۲-۹ را با 14.0 ± 0.1 گرم و 18.0 ± 0.1 گرم آب تکرار کنید. نمودار مقدار آب به گرم را بر حسب مقدار KSCN به سیلیستر رسم کنید. از داده‌های کالیبراسیون بدست آمده، یک منحنی هموار رسم کنید.

۴-۹- ملزومات کالیبراسیون- هر بار که یک معرف جدید به کار برده می‌شود، باید روش کالیبراسیون ذکر شده در بندهای ۱-۹ تا ۳-۹ اجرا شود. قبل از آزمایش نمونه‌های بتن، جایید هر هفته کنترل کالیبراسیون تک نقطه‌ای مطابق بند ۲-۹ انجام داد. اگر این کنترل کالیبراسیون تک نقطه‌ای بیشتر از $0.5 \pm$ میلی‌لیتر KSCN با مقادیر تعیین شده تفاوت داشته باشد، لازم است کالیبراسیون دوباره به طور کامل انجام شود.

۱- روش آزمایش

۱-۱- برای بدست آوردن نمونه آزمایش، دو نمونه به وزن 200.0 ± 20.0 گرم از نمونه‌ای که مطابق بند ۶-۱ تهیه شده، بردارید. جرم دقیق هر نمونه آزمایش را با دقت گرم ثبت کنید. اگر اندازه اسی سنگدانه‌ها بیش از $1/5$ اینچ باشد، مقدار فوق را باید به دلیل خطاهای نمونه‌گیری ناشی از دانه‌های درشت‌تر استفاده از روش بخش ۱۶ تصحیح نمود.

۳- برای این که اطلاعات انجام شده روی اندازه نمونه بر روی نسبت سیمن به سنگدانه اثر نگذارد، نمونه‌هایی با جرمهای مختلف استفاده می‌شود.

۲-۱- هر نمونه را داخل ظرف دهانه‌گشاد قرار دهید. با استفاده از یکبالن مدرج، 50.0 میلی لیتر محلول $NaCl$ $5/8$ ، نرمال به یک نمونه (نمونه شماره ۱) و 50.0 میلی لیتر آب به نمونه دیگر (نمونه شماره ۲) اضافه کنید. درپوش ظرفها را بگذارید.

۳-۱- محتویات هر دو ظرف را با دست با یک مخلوط کن گردان هم بزنید. اگر این کار با دست انجام می‌گیرد، توصیه می‌شود که حداقل ۷۵ دور کامل ظرف را بچرخانید. اگر این کار را با مخلوط کن صورت می‌گیرد، باید ظرف به مدت حداقل ۲ دقیقه و با سرعت ۴ تا ۶ دور در دقیقه چرخانده شود. تحت هیچ شرایطی نباید ظرفها را با سرعتی بیش از ۸۰ دور در دقیقه چرخاند. سرعت زیاد باعث مخلوط شدن کامل محلول نمک و آب با نمونه‌های بتن می‌گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۱- ظرفها را از مخلوط کن خارج کنید، در پوش آنها را شل کرده و ۳ تا ۵ دقیقه صبر کنید تا محتویات آنها رسوب کنند. با استفاده از یک پیپت مدرج، ۲۵ میلی‌لیتر از هر یک از نمونه‌های شفاف و محلول‌های تیره رنگ بگیرید (نمونه حاوی NaCl و نمونه خالص) و در دو بشر مخروطی مجزا بریزید. به وسیله یک پیپت اتوماتیک ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۵ نرمال $AgNO_3$ به محلول نمونه شماره ۱ و ۱۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۵ نرمال $AgNO_3$ به محلول نمونه شماره ۲ اضافه کنید. با استفاده از پیمانها ۱۰ میلی‌لیتر HNO_3 (۱+۱)، ۵ میلی‌لیتر محلول معرف سولفات آهن و ۲ میلی‌لیتر نیتروبنزن به هر بشر اضافه کرده و خوب هم بزنید.

۵-۱- غلظت کلرید در محلول نمونه شماره ۱ و شماره ۲ به وسیله تیتراسیون محلولها با محلول ۰/۵ نرمال KSCN (در یکبورت ۱۰۰ میلی‌لیتری) تعیین می‌شود. اگر در ابتدا با یک پیپت اتوماتیک ۲۵ میلی‌لیتر محلول ۰/۵ نرمال KSCN به محلول اضافه کنید و بعد با استفاده از یکبورت ۱۰۰ میلی‌لیتری حاوی KSCN کار را تکمیل کنید، سریعتر تیتراسیون صورت می‌گیرد. در ضمن تیتراسیون محتویات بشرها را هم بزنید. پس از پدیدار شدن اولین لکه‌های دائمی قهوه‌ای مایل به قرمز، تیتراسیون را متوقف کنید. مقادیر محلول KSCN مصرف شده در هر دو محلول را ثبت کنید. اگر بتن مورد آزمایش حاوی کلرید نباشد، دیگر نیازی به تهیه نمونه شماره ۲ (نمونه خالص) در آزمایشهای بعدی نمی‌باشد.

۱۱- محاسبات

۱۱-۱- معادل KSCN نمونه خالص، Y، را بر حسب میلی‌لیتر به شرح زیر محاسبه کنید.

$$y = a - x$$

که در آن:

a = ثابت معادل محلول خالص مطابق بند ۹-۱ بر حسب میلی‌لیتر، و
x = حجم KSCN مصرف شده در محلول خالص تا نقطه پایانی مطابق بند ۱۰-۵ بر حسب میلی‌لیتر.

۱۱-۲- مقدار آب با استفاده از منحنی کالیبراسیون تشریح شده در بند ۹-۳ تعیین می‌شود. مقدار KSCN که در منحنی کالیبراسیون استفاده می‌شود، مجموع حجم محلول تیوسیانات پتاسیم برای محلول نمونه شماره ۱ (که مطابق بند ۱۰-۵ تعیین می‌شود) و معادل تیوسیانات پتاسیم محلول

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خالص (y) می باشد. مقدار آب محاسبه شده بر حسب گرم می باشد. (مقدار KSCN که باید روی منحنی استفاده شود)

۱۱-۲-۱- اغلب مقدار آب محاسبه شده را به صورت درصدی از وزن کل نمونه بیان می کنند. برای این منظور مقدار آب محاسبه شده، W، را بر جرم ثبت شده نمونه، M_s ، تقسیم کرده و در ۱۰۰ ضرب می کنند:

$$\text{درصد آب} = (W/M_s) \times 100$$

۱۱-۲-۲- مقدار آب محاسبه شده را می توان بر حسب پوند بر یارد مکعب نیز بدست آورد.

$$W \times 2.7 = \text{مقدار آب (پوند بر یارد مکعب)}$$

که در آن:

W = مقدار آب محاسبه شده در نمونه آزمایش بر حسب گرم،

M_s = جرم نمونه آزمایش بر حسب گرم،

W = وزن مخصوص بتن مطابق باروش آزمایش C138 بر حسب پوند بر یارد مکعب.

۱۲- دقت و انحراف

۱۲-۱- دقت- انحراف استاندارد آزمایش کننده تکی ۰/۵۵ درصد آب می باشد، درصد با وزن کل آب مشخص شده است و (تقریباً ۱/۹ پوند بر یارد مکعب بر اساس مقدار ۳۴۰ پوند آب بر یارد مکعب). بر اساس انحراف استاندارد آزمایش کننده تکی، نتایج انجام شده روی نمونه خاص توسط همان آزمایش کننده روی همان مصالح بیش از ۱/۵۶ درصد تفاوت نمی کنند (تقریباً ۵/۳ پوند بر یارد مکعب آب). اطلاعات چند آزمایشگاهی بدست نیامده است.

۱۲-۲- انحراف- انحراف برای این روش آزمایش تعیین شده است.

توجه ۴- مقادیر دقت بیان شده بر اساس شرایط آزمایش از نوع تحقیقاتی می باشد. آزمایش های صحرائی انجام شده بنا بر این، این مقادیر را بدون افزایش در خطا تاکید کرده اند.

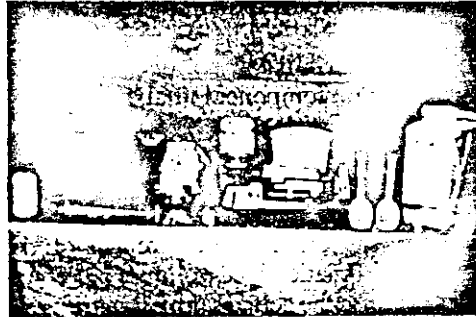
روش B - روش رجوع کولومتری

۱۳- وسایل

۱۳-۱- در زیر حداقل وسایل لازم برای استفاده در انجام آزمایش پیشنهاد می گردد. اگر به غیر از وسایلی که در این بخش تشریح شده، وسایلی موجود باشند که همین کار را انجام دهند، می توان از آنها استفاده نمود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

انتخاب قابل قبولی از وسایل در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- تجهیزات مورد نیاز برای تعیین مقدار آبدرین تازه با استفاده از روش B

- ۱۳-۱-۱- ترازو، دارای حداقل ظرفیت ۲۶۰ گرم و دقت حداقل ۰/۱ گرم
- ۱۳-۱-۲- کمچه، با دهانه مربعی از جنس آلومینیم ریخته شده که دارای عرض تقریباً ۳ اینچ و طول ۸ اینچ (۸۰ در ۲۰۰ میلیمتر) باشد.
- ۱۳-۱-۳- تشت نمونه به حجم ۴/۷ لیتر از جنس پلی اتیلن.
- ۱۳-۱-۴- ظرف دهانه گشاد، به حجم ۰/۵ گالن (۱/۹ لیتر) از جنس پلی اتیلن و دارای درپوش پیچی.
- ۱۳-۱-۵- دستگاه گریز از مرکز (سانتریفیوژ) با سرعت متغیر که دارای چهار محلول برای لوله های آزمایش ۱۵ میلی لیتری باشد.
- ۱۳-۱-۶- لوله های آزمایش سانتریفیوژ، ۱۵ میلی لیتری از جنس پلی استارین (دو عدد در هر آزمایش)
- ۱۳-۱-۷- پیپت اتوماتیک با حجم ثابت ۱۰۰ میکرو لیتر
- ۱۳-۱-۸- نوک پیپت قابل تعویض برای پیپت های ۱۰۰ میلی لیتری
- ۱۳-۱-۹- یک کلرایدسنج - یک کلرایدسنج با قابلیت روی نمونه های ۲۰ میکرو لیتری یا ۱۰۰ میکرو لیتری که قادر باشد کلراید را به روش کولومتریکی تعیین کرده و دقت آن به قدری باشد که در دو بار تعیین کلراید، ضریب تغییرات نتایج ۱ درصد باشد.
- ۱۳-۱-۱۰- بالن مدرج ۲۵۰ میلی لیتری از جنس پلی پروپیلین.
- ۱۳-۱-۱۱- ظرف دهانه گشاد با حجم ۳ گالن (۷/۶ لیتر) از جنس پلی اتیلن خنثی که دارای توبی و در پوش پیچی باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۴- معرفیها

۱۴-۲- محلول کلرید سدیم ۰/۵٪ نرمال - ۲۹۲±۳ گرم NaCl خشکسرا در آب حل کرده و حجم محلول را به ۱۰ لیتر برسانید.
توجه ۵- بلورهای خشک NaCl به کندی حل می‌شوند. برای این که بلورهای نمک به طور کامل حل شوند، بهتر است محلول را به صورت مکانیکی هم‌بزنیم.
۱۴-۳- محلول بافر اسیدی یک محلول معرف آماده شده محتوی ۰/۹ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر الکل پلی‌وینیل، ۴/۸ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید استیک سرد، ۰/۱۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک و ۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر NaCl در آب بدون یون- محلول مورد نیاز ممکن است با توجه به کارخانه سازنده کلراید سنج تغییر کند.

۱۵- روش آزمایش

۱۵-۱- برای تهیه نمونه آزمایش، دو نمونه به وزن ۲۰۰±۲۰۰ گرم (توجه ۶) از نمونه تهیه شده مطابق بند ۶- بردارید. جرم دقیق هر نمونه آزمایش را با دقت ۱ گرم ثبت کنید. اگر قطر اسمی سنگدانه‌ها بیش از ۱/۵ اینچ باشد، مقدار فوق را باید به دلیل خطای ناشی از وجود دانه‌های درشت با استفاده از روش بخش ۱۹ تصحیح نمود.

توجه ۶- برای اینکه اصلاحات انجام شده روی اندازه نمونه بر روی نسبت سیمن به سنگدانه اثر نگذارد، نمونه‌هایی با جرمهای مختلف استفاده می‌شود.

۱۵-۲- هر نمونه را بطور جداگانه داخل یک ظرف دهانه کشاد بگذارید. با استفاده از یک بال‌مدرج ۲۵۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۵٪ نرمال NaCl به یکی از نمونه‌ها (نمونه شماره ۱) و ۲۵۰ میلی‌لیتر آب به (نمونه شماره ۲) اضافه کنید. در پوش ظرف‌ها را بگذارید.

۱۵-۳- محتویات هر دو ظرف را با دست یا یک مخلوط‌کن کردن هم بزنید. اگر این کار را با دست انجام می‌دهید، توصیه می‌شود حداقل ۷۵ دور کامل ظرف را بچرخانید. اگر این کار با مخلوط‌کن انجام می‌گیرد، بایست ظرف به مدت حداقل ۲ دقیقه و با سرعت ۴ تا ۶ دور در دقیقه چرخانده شود. در هیچ شرایطی نباید ظرف‌ها با سرعتی بیش از ۸۰ دور در دقیقه چرخانده شوند، سرعت زیاد مانع از مخلوط شدن کامل نمک و آب با نمونه‌های بتن می‌گردد.

۱۵-۴- بعد از مخلوط کردن، درپوشها را بردارید و مقداری از دوغاب

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آب و سیمان نمونه شماره ۲ و مقداری از دو غابنمکو سیمان نمونه شماره ۱ را در دو لوله سانتریفیوژ جدا بریزید. لوله‌ها را به مدت ۳ تا ۴ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ که با سرعت ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه کار می‌کند، قرار دهید.

۱۵-۵- کلرید سنج را برای آزمایش آماده کنید، دکمه انتخاب کننده نوع نمونه را روی ۰۰ میکرو لیتر قرار داده و با زدن کلید دستگاه را روشن کنید. ۱۵ تا ۱۷ میلی لیتر از محلول بافر اسیدی را در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاه ریخته و بشر را روی دستگاه گذاشته و الکترودهای نقره‌ای را درون بشر قرار دهید. حال دکمه آزمایش را فشار دهید تا چرخه آزمایش شروع شود.

توجه ۷- این مراحل برای استفاده با دستگاه کلرید سنج از نوع Corning و مدل M ۹۲۰ می‌باشد. اگر از وسیله دیگری استفاده می‌کنید باید مراحل بر اساس روش کار برد و کالیبراسیون دستگاه تغییر نماید.

۱۵-۶- برای تعیین غلظت کلراید نمونه شماره ۲ از یک پیپت اتوماتیک با حجم ثابت استفاده کرده و به اندازه ۰۰ میکرو لیتر از لوله سانتریفیوژ حاوی محلول نمونه شماره ۲ برداشته و در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاه بریزید. دکمه تیتراسیون را فشار دهید. نتیجه را ثبت کرده و سپس آزمایش فوق را با یک نمونه ۰۰ میکرو لیتری دیگر تکرار کنید. (اگر چراغ blank دستگاه روشن شود، به معنوم عدم وجود کلراید می‌باشد.) اگر بتن مورد آزمایش حاوی کلرید نباشد پس از آزمایش اولیه، دیگر نیازی به آزمایش نمونه خالص نیست. اگر در هنگام سانتریفیوژ یک ماده حباب ساز یا کف ساز وجود داشته باشد باید یک اقدام اضافی دیگر انجام داد. پس از سانتریفیوژ کردن نمونه، لایه کف را توسط یک لوله پاک کننده ای از درون لوله سانتریفیوژ پاک کنید و قبل از گرفتن نمونه ۰۰ میکرو لیتری دوباره محلول را سانتریفیوژ کنید.

۱۵-۷- برای تعیین غلظت کلرید در نمونه واقعی (نمونه شماره ۱)، از یک پیپت اتوماتیک دارای حجم ثابت استفاده کرده و به اندازه ۰۰ میکرو لیتر از درون لوله سانتریفیوژ حاوی نمونه شماره ۱ برداشته و در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاه بریزید. دکمه تیتراسیون را فشار دهید تا نتیجه را یادداشت کرد. و آزمایش را با یک نمونه ۰۰ میکرو لیتری دیگر تکرار کنید تا به قابلیت تکرار ± 1 درصد برسید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۱۵- برای تعیین غلظت کلرید محلول ۰/۵ نرمال NaCl از یکسپیت اتوماتیک دارای حجم ثابت استفاده کرده و ۱۰۰ میکرو لیتر از محلول ۰/۵ نرمال NaCl را در بشر ۲۰ میلی لیتری دستگاه بریزید. دکمه تیتراسیون را فشار دهید. نتایج را ثبت کرده و آزمایش را با یک نمونه ۱۰۰ میکرو-لیتری دیگر تکرار کنید تا به قابلیت تکرار $\pm 1\%$ درصد برسید.

۱۶- محاسبات

۱۶-۱- مقدار آب، W، بر حسب گرم را به شرح زیر محاسبه کنید.

$$W = 250 \cdot [(Cstd / (Cs - Cb \cdot Ms / Mb)) - 1]$$

که در آن:

$Cstd$ = غلظت نسبی محلول ۰/۵ نرمال NaCl بر حسب میلی اکی والان در لیتر (۸-۱۵)

Cs = غلظت نسبی محلول گرفته شده از نمونه شماره ۱ بر حسب میلی اکی والان در لیتر (۷-۱۵)

Cb = غلظت نسبی محلول گرفته شده از نمونه شماره ۲ بر حسب میلی اکی والان در لیتر (۶-۱۵)

Ms = جرم نمونه شماره ۱ با دقت ۱ گرم،

Mb = جرم نمونه شماره ۲ با دقت ۱ گرم،

۱۶-۲- مقدار آب محاسبه شده را می توان مطابق بندهای ۱۱-۳-۱ و ۱۱-۲-۲ تعیین کرد.

۱۷- دقت و انحراف

۱۷-۱- دقت- انحراف استاندارد آزمایش کننده تکی حدود ۰/۵۳ درصد آب، در صدیا وزن آب کل مشخص شده است. (تقریبا " ۱/۸ پوند آب در یارد مکعب بر اساس مقدار ۳۴۰ پوند آب در یارد مکعب). بر اساس انحراف استاندارد آزمایش کننده تکی، نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط همان آزمایش کننده بر روی همان مصالح بیش از ۱/۵ درصد تفاوت نمی کند (تقریبا " ۵/۱ پوند آب در یارد مکعب) اطلاعات چند آزمایشگاهی بدست نیامده است.

۱۷-۲- انحراف- انحراف برای این روش آزمایش تعیین نشده است.

توجه ۸- مقادیر دقت بیان شده بر اساس شرایط آزمایشگاهی کارهای تحقیقاتی بدست آمده است. آزمایشهای انجام شده در صحرا تاکنون بدون افزایش خطا، مقادیر فوق را تاکید کرده اند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۸- گزارش

۱-۱-۱۸- گزارش باید حاوی اطلاعات زیر باشد:

۱-۱-۱۸- جرم نمونه بتن مورد آزمایش،

۲-۱-۱۸- مشخصات نمونه بتن،

۳-۱-۱۸- مشخصات روش مورد استفاده،

۴-۱-۱۸- حجم KSCN برای روش A یا قرص استیکراید سنج در روش B برای

محلول نمونه بتن شماره ۱، محلول نسبی استاندارد و محلول نمونه شماره

۲ و

۵-۱-۱۸- مقدار آب محاسبه شده و مقدار آب تعیین شده از روی نمودار

کالیبراسیون.

۱۹- تصحیح برای خطاهای نمونه گیری

۱-۱۹- نمونه های کوچک اغلب آنقدر درشت دانه ندارند که نمایانگر وضعیت

واقعی یک توده بتن باشند، و بنابراین دقت تعیین مقدار آب را باید

به روش زیر افزایش داد. (جهت توصیه های کاربردی بندهای ۱۰-۱۵-۱ را

ملاحظه کنید.)

۱-۱-۱۹- پس از تعیین مقدار آب، نمونه باقیمانده در ظرف را روی الک

۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) بریزید و الک کنید. دانه ها را خوب آبکشی

کنید تا مطمئن شوید که جرم اندازه گیری شده مربوط به دانه ها است و غاب

آب و سیان باقیمانده در آن تاثیر ندارد. وزن اشباع با سطح خشک این

دانه های درشت مرطوب را تعیین کنید. برای این کار با سطح دانه ها را با

یک حوله خشک کرده و سپس وزن کنید، یا این که وزن نمونه غوطه ور

شده در آب را با استفاده از روش های تشریح شده در روش آزمایش C127 به

دست آورید. در روش دوم:

$$B=C(1-(1/G))$$

که در آن:

B = وزن اشباع با سطح خشک در هوا،

C = وزن دانه ها در حالت غوطه وری، و

G = چگالی ویژه اشباع با سطح خشک.

$$At=B/Ws$$

که در آن:

g = Ws = نمونه آزمایش است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۹-۱-۲- سپس مقدار درشت‌دانه یک‌شسته بتن بزرگتر مثلاً " ۵/۰ فوت مکعب را تعیین کنید. این حجم نشان‌دهنده خصوصیات یک مخلوط بتن یا یک بار بتن می‌باشد. وزن اشباع با سطح خشک‌دانه‌ها را به صورت کسری از وزن بتن بدست آوردید، به عنوان A_s (توجه ۹).
مقدار آب تعیین شده را با ضرب کردن در کسر زیر تصحیح کنید:
(توجه ۹) $(1 - A_t)/(1 - A_s)$

توجه ۹- در بعضی موارد ممکن است بتوانیم مقادیری تئوریک را برای A_s استفاده نمود. این مقدار تئوریک با استفاده از وزن مخلوط بتن و از طریق الک‌کردن درشت‌دانه‌ها بدست می‌آید. خطاهای این مقادیر به اندازه تفاوت نتایج الک‌کردن درشت‌دانه‌های مخلوط‌های مختلف با الک ۴/۷۵ میلی‌متر (شماره ۴) خواهد بود.



روش آزمون استاندارد

تعیین روانی ملات سیمان هیدرولیکی

ASTM C1437-01

۱ هدف

۱-۱ این روش آزمون برای تعیین روانی ملات‌های سیمان هیدرولیکی است.

۱-۲ مقادیر بیان شده به واحدهای SI به‌عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند. مقادیر داخل پرانتز فقط جهت اطلاع می‌باشند.

۱-۳ این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بیان نمی‌کند. بنابراین وظیفه کاربر این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

۲ مدارک مرجع

۱-۲ استانداردهای ASTM

C109/C109M روش آزمون تعیین مقاومت فشاری ملات‌های سیمان هیدرولیکی (برای نمونه‌های مکعبی ۵۰ میلی‌متر (۲ اینچ)).

C185 روش آزمون تعیین مقدار هوای ملات سیمان هیدرولیکی.

C230 ویژگی‌های میز روانی مورد استفاده در آزمون‌های سیمان هیدرولیکی.

۳ اهمیت و کاربرد

۱-۳ این روش آزمون طراحی شده است برای تعیین روانی ملات‌های سیمان هیدرولیکی و ملات‌هایی که از مواد سیمانی دیگری غیر از سیمان‌های هیدرولیکی ساخته شده‌اند.

۲-۳ در حالیکه روانی، معمولاً جزو ویژگی‌های سیمان هیدرولیکی نمی‌باشد، غالب اوقات در آزمون‌های استاندارد بر روی ملات انجام می‌شود تا مقدار آب برای رسیدن به یک سطح مشخص از روانی به دست آید.

۴ لوازم آزمون

۱-۴ میز روانی، قالب روانی؛ مطابق با الزامات مشخص شده استاندارد ASTM C230.



۲-۴ کولیس، مطابق با الزامات مشخص شده استاندارد ASTM C230. کولیس اندازه‌گیری بیرونی که از مواد مقاوم در برابر خوردگی ساخته شده باشد می‌تواند به‌عنوان جایگزین استفاده شود مشروط بر اینکه درجه‌بندی آن برحسب میلی‌متر بوده و بیشترین اندازه آن حداقل ۲۶۰ میلی‌متر ($10\frac{1}{4}$ اینچ) باشد.

۳-۴ کوبه، مطابق با الزامات مشخص شده استاندارد ASTM C230.

۴-۴ کمچه، دارای یک تیغه فولادی به طول ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر (۴ تا ۶ اینچ)، با لبه‌های مستقیم است. وقتی که لبه‌ها بر روی یک سطح صاف قرار می‌گیرند کج‌شدن آنها نباید از حالت مستقیم بیش از ۱ میلی‌متر ($0\frac{1}{4}$ اینچ) باشد (پاداوری ۱).

۵-۴ ماله، ساخته شده از فولاد، با طول حداقل ۲۰۰ میلی‌متر (۸ اینچ) و ضخامت آن نباید کمتر از ۱٫۵ میلی‌متر ($0\frac{1}{16}$ اینچ) و بیشتر از ۳٫۵ میلی‌متر ($0\frac{1}{4}$ اینچ) باشد. کج‌شدن لبه‌های آن در سطح صاف نباید بیش از ۱ میلی‌متر ($0\frac{1}{4}$ اینچ) باشد.

یاداوری ۱: کمچه مشخص شده در روش آزمون استاندارد ASTM C109 و ماله مشخص شده در روش آزمون استاندارد ASTM C185 می‌تواند برای این منظور استفاده شود مشروط بر اینکه صافی بیان شده را برآورده کنند.

۵ دما و رطوبت

۱-۵ دمای هوای آزمایشگاه باید بین ۲۰ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد (۶۸ و ۸۲ درجه فارنهایت) حفظ شده و رطوبت نسبی آن نباید کمتر از ۵۰ درصد باشد.

۶ مصالح

۱-۶ ملات سیمان هیدرولیکی؛ یک ملات برای تعیین روانی که معین شده یا مطلوب است.

۷ روش کار

۱-۷ تعیین روانی

۱-۱-۷ ۱-۱-۷ میز روانی را با دقت تمیز و خشک کنید، قالب روانی را در مرکز آن قرار دهید. یک لایه ملات با ضخامت حدود ۲۵ میلی‌متر (۱ اینچ) را در داخل قالب ریخته و آن را با ۲۰ بار کوبه متراکم کنید. فشار تراکم باید تا حدی باشد که از پرشدن قالب به‌طور یکنواخت اطمینان حاصل شود. دوباره قالب را با ملات پر کنید و آن را همانطور که برای لایه اول تعیین شده است متراکم کنید. ملات اضافی از روی سطح تراز قالب با کشیدن ماله یا لبه کمچه با حرکت



اره‌ای در سرتاسر سطح قالب بردارید. روی میز را تمیز و خشک کنید، به‌خصوص دقت کنید تا کاملاً آب از اطراف لبه قالب روانی پاک شود. یک دقیقه بعد از اتمام عمل اختلاط، بی‌درنگ قالب را از روی ملات بلند کنید. بلافاصله میز را ۲۵ بار در مدت ۱۵ ثانیه سقوط بدهید مگر آن که روش دیگری مشخص شده باشد.

۷-۱-۲ اگر کولیس تعیین شده با مشخصات استاندارد **ASTM C230** را به کار می‌برید، قطر ملات را در امتداد چهار خط حکاکی شده روی میز اندازه بگیرید، هر قطر را به صورت تقسیمات کولیس با دقت یک دهم یادداشت کنید. اگر کولیس‌های دیگری به کار برده می‌شوند، قطر ملات را در امتداد چهار خط حکاکی شده روی میز اندازه بگیرید و هر قطر را با دقت میلی‌متر یادداشت کنید.

۸ محاسبات

۸-۱ روانی برابر با مقدار افزایش در میانگین قطر پایه جرم ملات که برحسب درصدی از قطر پایه اولیه بیان می‌شود. ۸-۲ اگر کولیس تعیین شده با مشخصات استاندارد **ASTM C230** به کار می‌برید، چهار قرائت را جمع و کل آنها را یادداشت کنید. این مقدار روانی برحسب درصد می‌باشد. اگر کولیس دیگری به کار برده شود، روانی را برحسب درصد، از تقسیم "A" بر قطر پایه داخلی اولیه برحسب میلی‌متر و ضرب در ۱۰۰ محاسبه کنید. A در اینجا میانگین چهار قرائت برحسب میلی‌متر منهای قطر پایه داخلی اولیه برحسب میلی‌متر است. روانی را با دقت یک درصد گزارش کنید.

۹ دقت و خطا

۹-۱ دقت

برای یک آزمایش‌گر، در یک آزمایشگاه انحراف استاندارد روانی به‌دست آمده چهار درصد روانی است. بنابراین نتایج به‌دست آمده از دو آزمون صحیح انجام شده به‌وسیله یک آزمایش‌گر روی یک مجموعه مشابه، نباید بیش از ۱۱ درصد با یکدیگر اختلاف داشته باشند. (یادآوری ۲)

۹-۱-۱ انحراف استاندارد بین چند آزمایشگاه ۱۱ درصد به‌دست آمده است. بنابراین نتایج به‌دست آمده از دو آزمایشگاه متفاوت، بر روی یک مجموعه مشابه نباید بیش از ۳۱ درصد اختلاف داشته باشند. (یادآوری ۲)
یادآوری ۲: وقتی مقدار آب متغیر باشد از داده روانی به‌دست آمده نمی‌توان برای این منظور استفاده کرد. فقط داده‌هایی که در آن روانی با استفاده از یک سیمان مشخص با مقدار آب ثابت تعیین شده است، قابل کاربرد می‌باشند.



۹-۲ خطا

نظر به اینکه در این خصوص مواد مرجع پذیرفته شده مناسبی برای تعیین روانی در دسترس نمی باشد، حکمی راجع به خطا تعریف نشده است.

۱۰ کلمات کلیدی

۱-۱۰ روانی؛ سیمان هیدرولیکی؛ ملات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: D ۲۱۶۷-۸۴

روش آزمایش استاندارد برای تعیین دانسیته و وزن مخصوص خاک در محل بوسیله روش بالن لاستیکی

۱- هدف

۱-۱- این روش شامل تعیین دانسیته و وزن مخصوص خاکهای متراکم یا سفت در محل با استفاده از دستگاه بالن لاستیکی می باشد.

۱-۲- این روش آزمایش جهت استفاده بعنوان وسیله ای قابل قبول برای خاکریزهای کوبیده شده یا ساختارهای خاکی خاکهای ریز دانه یا خاکهای دانه ای که مقادیر محسوسی سنگ یا مصالح درشت ندارند مناسب می باشد.

۱-۳- هم چنین ممکن است این روش آزمایش جهت تعیین دانسیته و وزن مخصوص خاکهای دست نخورده یا خاکهای در جایی که خاک تهیه شده تحت اعمال فشار در طی آزمایش تغییر شکل نخواهد داد مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۴- این روش آزمایش برای استفاده در خاکهای آلی، دست خورده، یا خاکهایی با خاصیت خمیری بالا که تحت فشارهای اعمال شده در حین آزمایش تغییر شکل می دهند مناسب نمی باشد. ممکن است دقت خاصی برای بکاربردن این روش آزمایش مورد نیاز باشد از جمله:

(۱) خاکهایی که شامل مصالح دانه ای غیر متراکمی هستند که دیواره ها در یک گودال کوچک پایدار باقی نخواهند ماند، (۲) خاکهایی که شامل مقادیر محسوسی از مصالح درشت دانه بزرگتر از $\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) باشند، (۳) خاکهای دانه ای دارای نسبت تخلخل بالا، یا (۴) مصالح خاکریزی که شامل ذرات گوشه تیز باشند.

۱-۵- این استاندارد موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی کند. این وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کند و محدودیتهای عملی آنرا قبل از استفاده از آن مشخص نماید.

۲- مراجع و منابع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D ۶۵۲ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و سیالات داخل آنها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D ۶۹۸ روش‌های آزمایش برای تعیین رابطه دانسیته - رطوبت خاکها و مصالح دانه‌ای، با استفاده از چکش ۵/۵ پوند (۲/۴۹ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر)

D ۱۵۵۷ روشهای آزمایش برای تعیین رابطه دانسیته - رطوبت خاکها و مصالح دانه‌ای با استفاده از چکش ۱۰ پوند (۴/۵۴ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر)

D ۲۲۱۶ روشی برای تعیین آزمایشگاهی میزان آب (رطوبت) خاک، سنگ و مصالح دانه‌ای

۳- خلاصه روش آزمایش:

۳-۱- حجم یک گودال حفر شده در خاک مورد نظر، با استفاده از یک ظرف کالیبره شده پر از مایع برای پرکردن غشای لاستیکی انعطاف پذیر و نازک تعیین می‌گردد، این غشا برای پرکردن گودال داخل آن قرار می‌گیرد. دانسیته مرطوب در محل بوسیله تقسیم کردن جرم مرطوب خاک برداشته شده بر حجم گودال تعیین می‌شود. میزان آب (رطوبت) و دانسیته مرطوب در محل جهت محاسبه دانسیته خشک در محل و وزن مخصوص خشک مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- این روش آزمایش می‌تواند جهت تعیین دانسیته و وزن مخصوص در محل، برای نهشته‌های خاک آلی طبیعی، مخلوطهای مصالح سنگی - خاک پا دیگر مصالح سفت مشابه بکار برده می‌شود.

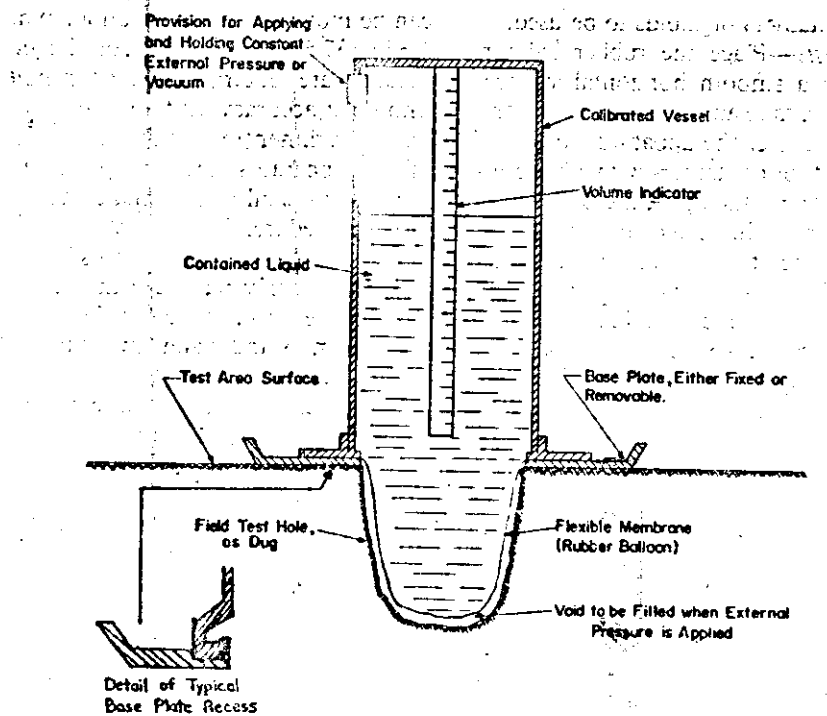
۴-۲- این روش آزمایش ممکن است جهت تعیین دانسیته و وزن مخصوص خاکهای متراکم در ساختمان خاکریزها، خاکریز جاده، و خاکریز ساختمانها بکار رود. این روش آزمایش اغلب بعنوان یک تصویب اساسی، برای خاکهای متراکم یافته به یک دانسیته خاص یا به یک درصد دانسیته یا وزن واحد حجم حداکثر، بکار می‌رود که بعنوان یک روش آزمایش استاندارد تعیین می‌شود.

۴-۳- استفاده از این روش آزمایش معمولاً محدود به خاک در شرایط دست نخورده می‌باشد، و برای خاکهایی که نرم هستند یا به آسانی تغییر شکل می‌دهند پیشنهاد نشده است. چنین خاکهایی ممکن است در طی اعمال فشار حین آزمایش دچار تغییر حجم گردند. ممکن نیست که این روش آزمایش برای خاکهایی شامل تکه‌های سنگ خرد شده یا مصالح گوشه تیزی که ممکن است غشای لاستیکی را پاره کنند، مناسب باشد.

۵- وسایل آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۱- دستگاه بالن - این ظرف کالیبره شده شامل یک مایع داخل یک غشای الاستیک، انعطاف پذیر و نسبتاً نازک (بالن لاستیکی) می باشد که برای اندازه گیری حجم گودال آزمایش در شرایط این روش طرح شده است. مثالی از اجزای اصلی برای این دستگاه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ - شماتیکی از ظرف کالیبره شده که بیانگر اجزای اصلی آن می باشد (بدون مقیاس)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دستگاه باید طوری مجهز باشد که یک فشار کنترل شده یا خلأ جزئی از بیرون بتواند به مایع داخل آن اعمال شود. این دستگاه باید وزن و اندازه‌ای داشته باشد که در حین انجام آزمایش موجب تغییر شکل گودال حفر شده و سطح مجاور آزمایش نگردد. دستگاه باید برای استفاده به گیج فشار مرکب یا دیگر وسایلی برای کنترل فشار اعمالی در هنگام کالیبراسیون و آزمایش مهیا گردد. محلی برای قراردادن بارها (سربارها) روی دستگاه باید ساخته شود. یک نشاندهنده برای تعیین حجم گودال آزمایش با دقت ۱ درصد باید موجود باشد. غشای انعطاف پذیر باید ابعاد و شکلی داشته باشد که گودال آزمایش را بطور کامل و بدون تا و چروک در زمانی که داخل گودال آزمایش باد می‌شود، پر کند و برای اینکه فشار لازم برای پر کردن مطمئن گودال آزمایش را بتواند تحمل کند باید به اندازه کافی مقاوم باشد. خارج نمودن غشاء از گودال آزمایش باید بوسیله فراهم نمودن یک خلأ جزئی به مایع یا به طریقی دیگر انجام گیرد.

۵-۱-۱- توضیحات و نیازمندیهای داده شده عمومی تلقی شوند هر دستگاهی با یک غشای انعطاف پذیر (لاستیکی) و یک مایع می‌تواند جهت اندازه‌گیری حجم گودال آزمایش در خاک تحت شرایط این روش آزمایش و با دقت ۱ درصد استفاده شود و رضایت بخش باشد. زمانی که ذرات بزرگتر از $\frac{1}{16}$ اینچ (۳۷/۵ میلی‌متر) در مصالح آزمایش شونده پخش شوند، دستگاه بزرگتر و گودالهای آزمایش با حجم بزرگتری مورد نیاز می‌باشد.

۵-۲- صفحه تحتانی - یک صفحه فلزی صلب در قسمت تحتانی دستگاه بالن و به نحو مناسبی قرار می‌گیرد. کمترین بعد صفحه تحتانی باید حداقل دو برابر قطر چاله آزمایش باشد، تا در حالی که دستگاه و سربارها (اگر بکار روند) را نگهدارد از تغییر شکل گودال آزمایش جلوگیری نماید.

۵-۳- ترازوها - یک ترازو یا وسیله سنجش دارای ظرفیت ۱۰ کیلوگرم و قابلیت خواندن تا ۱/۱۰ گرم، که دارای دقت ۲ گرم برای ۱۰۰ تا ۷۰۰۰ گرم و دقت ۳ گرم برای بالاتر از ۷۰۰۰ گرم باشد، بهر حال ترازوی با ظرفیت ۲۰۰۰ گرم و قابلیت خواندن ۱/۱۰ گرم و دقت تا ۱/۱۰ درصد مورد نیاز می‌باشد.

۵-۴- دستگاه خشک‌کننده - تجهیزات و گرمخانه که مطابق روش ۲۲۱۶ D می‌باشد. ممکن است دیگر وسایل خشک‌کننده برای ارزیابی سریع میزان رطوبت، چنانچه خاص باشد، مورد استفاده قرار گیرند (بند ۷-۵ ملاحظه شود)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۵ - تجهیزات متفرقه - شامل وسایل: کلنگ‌های کوچک، خردکننده‌ها، بیل‌ها، برس‌ها، و آچارهای پیچ‌گوشتی برای حفر گودال آزمایش، کیسه‌های پلاستیکی، سطل‌های درپوش دار، یا دیگر ظروف مناسب و عایق رطوبت دارای درپوش‌های مناسب برای نگهداری خاکی که از گودال آزمایش برداشته می‌شود، خاک‌انداز یا بیلچه و یک لبه مستقیم برای آماده‌کردن و تراز نمودن محل آزمایش، محاسب یا خط‌کش مهندسی برای محاسبات، و چنانچه لازم باشد وزنه‌های سربار برای دستگاه می‌باشد.

۵-۶ - تجهیزات کالیبراسیون: حرارت‌سنج با دقت ۱ درجه فارنهایت (۰/۵ درجه سانتیگراد)، صفحه شیشه‌ای، ۱/۴ اینچی (۶ میلی‌متری) یا با ضخامت بیشتر، و گریس.

۶- کالیبراسیون

۶-۱ - روش مورد استفاده و دقت نشان دهنده حجم را بررسی کنید. این کار را بوسیله استفاده از دستگاه اندازه‌گیر ظروف یا قالبهایی با حجم مشخص که از نظر ابعاد مطابق با گودالهای آزمایشی هستند که در محل بکار خواهند رفت (توجه ۱). دستگاه و روش‌ها طوری باید باشد که ظروف با دقت ۱ درصد حجم واقعی اندازه‌گیری شوند (توجه ۱) ظروف با حجمهای مختلفی باید استفاده شوند طوری که کالیبراسیون نشان‌دهنده حجم محدوده پیش‌بینی شده حجمهای آزمایش را پوشانند.

توجه ۱ - قالبهای ۴ و ۶ اینچی (۱۰۲ و ۱۵۲ میلیمتری) که در روش آزمایش D ۶۹۸ و روش آزمایش D ۱۵۵۷ شرح داده شده یا دیگر قالبهایی که برای نشان‌دادن حجم و ابعاد واقعی گودال آزمایش مهیا شده‌اند ممکن است استفاده شوند. وقتی که چند سری دستگاه بالن استفاده شود یا اینکه مدت طولانی جهت پیش‌بینی استفاده شود، ممکن است قالب‌گیری مجدد از سوراخهای گودال آزمایش واقعی مناسب باشد. این امر می‌تواند بوسیله شکل دادن کلیشه‌هایی در گچ پاریس مطابق گودالهای آزمایشی بالاتر از یک محدوده حجمی انجام شود و بعنوان اشکالی برای قالبهای بتن سیمان پرتلند استفاده شود. آنها باید در برابر سطح یک صفحه صاف، و پس از برداشتن کلیشه، با عایق ضد آب قالب‌گیری شوند.

۶-۲ - تعیین حجم - جرم آب مورد نیاز برای پرکردن ظروف یا قالبهای گودال را برحسب گرم تعیین کنید. چنانچه احتیاج به آب‌بندی بود از یک صفحه شیشه‌ای و یک لایه نازک گریس استفاده کنید. جرم ظرف و قالب و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

صفحه شیشه‌ای را با دقت گرم تعیین کنید. ظرف یا قالب را با آب پر کنید، صفحه شیشه‌ای را بدقت در بالای دهانه طوری بلغزانید که مطمئن شوید هیچ حباب هوایی محبوس نشده است و اینکه قالب بطور کامل با آب پر شده است. آب اضافی را بردارید و جرم صفحه شیشه‌ای، آب، و قالب یا ظرف را با دقت گرم تعیین کنید. دمای آب را تعیین کنید. حجم قالب یا ظرف را مطابق با بند ۸ - ۱ محاسبه نمایید. برای تمامی ظروف و قالبها این روش را آنقدر تکرار کنید تا سه حجم متوالی با حداکثر اختلاف 0.001 فوت مکعب (2.8×10^{-6} متر مکعب) بدست آیند. میانگین این سه مقدار را بعنوان حجم قالب یا ظرف، V_1 ثبت کنید. این روش را برای تمامی ظروف و قالبهای مورد استفاده تکرار کنید.

۶-۳- آزمایشهای کنترل کالیبراسیون - دستگاه بالن لاستیکی و صفحه تختانی را روی یک سطح افقی هموار قرار دهید. یک فشار عامل فراهم کنید، قرائت اولیه نشاندهنده حجم را برداشت کنید (توجه ۲) دستگاه را به یکی از ظروف یا قالبهایی که قبلاً با یک سطح اتکا تراشده افقی، کالیبره شده انتقال دهید. فشار عامل را باندازه مورد نیاز فراهم کنید طوری که نشاندهنده حجم هیچ تغییری را نشان ندهد. بسته به نوع دستگاه، ممکن است فشار عامل بزرگتر از ۵ پوند بر اینچ مربع ($34/5$ کیلو پاسکال) باشد، و نیز ممکن است برای نگهداری آن از بلند شدن، لازم باشد که بار رو به پائین (سربار) فراهم گردد (توجه ۳) قرائتها، فشارها، بارهای سربار مورد استفاده را ثبت کنید. اختلاف بین قرائتهای اولیه و نهایی نشان دهنده حجم می باشد. حجم سایر ظروف یا قالبها را تعیین کنید. بررسی کالیبراسیون یک دستگاه وقتی رضایت بخش خواهد بود که اختلاف بین حجم کالیبره شده و حجم نشان داده شده ظرف یا قالب، برای کلیه حجمهای اندازه گیری شده ۱٪ یا کمتر باشد. فشار عامل بهینه را انتخاب کنید و آنرا برای استفاده با دستگاه در هنگام انجام آزمایش صحرائی ثبت کنید.

توجه ۲ - قبل از اینکه هرگونه اندازه گیری انجام شود ممکن است لازم شود که بالن لاستیکی باد شود و حبابهای هوا بوسیله ورزدادن به داخل غشا حرکت داده شوند. چنانچه پیش ساخته‌ها یا قالبهای کالیبراسیون، عایق هوا باشند ممکن است لازم باشد که یک راه گریز برای هوا فراهم گردد تا از نتایج نادرست به سبب محبوس شدن هوا در غشا جلوگیری گردد. یک روش برای فراهم نمودن این راه گریز از هوا، قراردادن رشته‌هایی با قطر کوچک در بالای، کناره داخلی پائین قالب، نسبتاً در آن طرف مرکز تختانی می باشد. این امر اجازه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خواهد داد که در هنگام اندازه گیری ظرفیت یا قالب کالیبره شده، هوای محبوس بتواند فرار کند.

توجه ۳- مادامیکه دقت حجمی ۱٪ باقی می ماند توصیه شده که فشار عامل دستگاه تا حد ممکن پائین نگهداشته شود. ممکن است استفاده از فشارهای بالاتر از حد مورد نیاز، لازم بدارد که از بار اضافی یا وزنه سرپار برای جلوگیری از بلند شدن دستگاه استفاده شود. ممکن است ترکیب فشار و سرپارها موجب تنش در خاک بدون اتکای اطراف گودال آزمایش گردد و موجب تغییر شکل آن شود.

۴-۶- آزمایشهای بررسی کالیبراسیون باید انجام شوند. اینها باید سالبانه یا هر وقت خسارتی وارد شد، تعمیری انجام شد یا هرگاه تغییری در غشاء بوجود آید که ممکن است روی فشار یا قسمت‌های نشاندهنده حجم دستگاه تأثیر بگذارد انجام شود.

۷- روش آزمایش

۷-۱- در محل آزمایش سطحی آماده کنید که بطور قابل قبولی مسطح و تراز باشد. بسته به میزان آب (رطوبت) و بافت خاک، ممکن است سطح با استفاده از بولدوزر یا دیگر تجهیزات سنگین تیغه دار تراز شود، سطح آزمایشی به گونه‌ای آماده می شود که تغییر شکل نمی دهد، فشرده نمی شود، گسیخته نمی شود یا به سایر طریق‌ها دست خورده نمی گردد.

۷-۲- صفحه تحتانی و دستگاه بالن لاستیکی را در موقعیت آزمایش سوار کنید. با استفاده از همان فشار و سرپار تعیین شده در ضمن کالیبراسیون دستگاه، قرائت اولیه نشاندهنده حجم را برداشت و ثبت کنید. صفحه تحتانی باید تا کامل شدن آزمایش در محل باقی بماند.

۷-۳- دستگاه را از محل گودال آزمایش بردارید، با بکار بردن قاشقک، بیلچه و سایر ابزار لازم، در داخل صفحه تحتانی یک گودال حفر کنید. در حفر گودال آزمایش دقت کنید که خاک اطراف لبه بالایی گودال دست خورده نشود. گودال آزمایش باید حداقل حجم نشان داده شده در جدول ۱ را براساس حداکثر اندازه ذره خاک مورد آزمایش داشته باشد. وقتی که مصالح مورد آزمایش دارای مقدار کمی ذرات فوق اندازه باشند، و با ذرات بزرگتر جداگانه‌ای مواجه شویم، آزمایش می تواند به یک محل جدید انتقال داده شود. زمانی که ذرات بزرگتر از $\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلی‌متر) پخش شده باشند، دستگاه آزمایش و حجم‌های آزمایش بزرگتری مورد نیاز می باشند. حجم‌های

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بزرگتر گودال آزمایش بدقت اصلاح خواهند شد و در جایی که عملی باشند بکار می‌روند. ابعاد بهینه گودال آزمایش به طرح دستگاه و فشار مصرفی ارتباط دارد. بطور معمول ابعاد تقریباً باید همان‌هایی باشند که در روش بررسی کالیبراسیون بکار رفته است. باید تا حد امکان گودال آزمایش را از کیسه‌ها و داخل شدن ذرات نوک تیر محافظت نمود، چراکه ممکن است آنها روی دقت تأثیر بگذارند یا اینکه ممکن است غشای لاستیکی را سوراخ کنند. جهت تعیین جرم و میزان آب (رطوبت)، تمام خاک برداشته شده از گودال آزمایش را در یک ظرف عایق رطوبت قرار دهید.

۷-۴- پس از اینکه گودال آزمایش جفر شد، دستگاه را روی صفحه تختانی، در همان موقعیتی که برای قرائت اولیه بکار رفت قرار دهید. همان فشار و سرباری که در بررسی کالیبراسیون استفاده شد اعمال کنید، قرائت روی نشاندهنده حجم را برداشت و ثبت کنید. اختلاف بین قرائت اولیه و قرائت نهایی حجم گودال آزمایش، V_h ، می‌باشد.

۷-۵- جرم همه خاک مرطوب برداشته شده از گودال آزمایش را با دقت 0.05 کیلوگرم تعیین کنید. تمامی خاک را کاملاً مخلوط کنید و یک نمونه معرف جهت تعیین رطوبت انتخاب کنید و میزان آب (رطوبت) آنرا مطابق با روش $D 2216$ تعیین کنید. ممکن است روشهای سریع‌تر تعیین آب (رطوبت) برای بدست آوردن مقدار تقریبی که بعداً طبق مقادیر بدست آمده از روش $D 2216$ بررسی و تصحیح می‌گردند مورد استفاده قرار گیرند.

۸- محاسبات (توجه ۶ و ۷)

۸-۱- حجم ظروف یا قالبهای کالیبراسیون را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$V = (M_2 - M_1) \times V_w \quad (1)$$

که در آن:

V = حجم ظرف یا قالب، برحسب میلی لیتر

M_2 = جرم ظرف یا قالب، شیشه، و آب، برحسب گرم

M_1 = جرم ظرف یا قالب و شیشه، برحسب گرم، و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

V_w = حجم آب بر حسب دمای داده شده از جدول ۲، بر حسب میلی لیتر بر گرم.
توجه ۴ - چنانچه برای بکاربردن تجهیزات لازم بود با ضرب میلی لیتر در $10^{-5} \times 3/5315$ آنرا به فوت مکعب تبدیل کنید.

جدول ۱: حداقل حجم گودال آزمایش بر اساس حداکثر اندازه ذره «A»

حداقل حجم گودال آزمایش فوت مکعب	حداقل حجم گودال آزمایش سانتیمتر مکعب	حداکثر اندازه ذره
۰/۰۴	۱۱۳۰	(۴/۷۵ میلیمتر) الک نمرة ۴
۰/۰۶	۱۷۰۰	(۹/۰ میلیمتر) $\frac{3}{4}$ اینچ
۰/۱۰	۲۸۴۰	(۳۷/۵ میلیمتر) $1\frac{1}{4}$ اینچ

^A برای ذرات تا $1\frac{1}{4}$ اینچ (۳۱/۷۵ میلیمتر) بازای هر ۰/۲۵ اینچ (۶/۴ میلیمتر) حداکثر اندازه ذره، حجم گودال آزمایش در هر مرحله ۰/۰۱ فوت مکعب (۲۸۰ سانتیمتر مکعب)، و برای ذرات بزرگتر از $1\frac{1}{4}$ اینچ (۳۱/۷۵ میلیمتر) بازای هر ۰/۲۵ اینچ (۶/۴ میلیمتر)، ۰/۰۲ فوت مکعب (۵۶۰ سانتیمتر مکعب) افزایش می یابد.

جدول ۲: حجم آب بر حسب دما بازای هر گرم «A»

دما		حجم آب میلی لیتر بر گرم
°C	°F	
۱۲	۵۳/۶	۱/۰۰۰۰۴۸
۱۴	۵۷/۲	۱/۰۰۰۰۷۳
۱۶	۶۰/۸	۱/۰۰۰۱۰۳
۱۸	۶۴/۴	۱/۰۰۰۱۳۸
۲۰	۶۸/۰	۱/۰۰۰۱۷۷
۲۲	۷۱/۶	۱/۰۰۰۲۲۱
۲۴	۷۵/۲	۱/۰۰۰۲۶۸
۲۶	۷۸/۸	۱/۰۰۰۳۲۰
۲۸	۸۲/۴	۱/۰۰۰۳۷۵
۳۰	۸۶/۰	۱/۰۰۰۴۳۵
۳۲	۸۹/۶	۱/۰۰۰۴۹۷

^A ممکن است مقادیر دیگری از کتاب های شیمی یا فیزیک، انتشارات کمپانی Cleveland, OH لاستیک شیمیائی به غیر از آنچه در اینجا آمده، بدست آید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۲- دانسیته مرطوب در محل، ρ_{wet} خاک برداشته شده از گودال آزمایش را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$\rho_{wet} = \frac{M_{wet}}{V_h (1 \times 10^3)} \quad (2)$$

که در آن:

ρ_{wet} = دانسیته مرطوب در محل، برحسب مگاگرم بر متر مکعب،

M_{wet} = جرم خاک مرطوب برداشته شده از گودال آزمایش، برحسب کیلوگرم، و

V_h = حجم گودال آزمایش، برحسب متر مکعب.

توجه ۵- متر مکعب = $0.2832 \times$ متر مکعب

توجه ۶- محاسبات نشان داده شده برای استفاده با واحدهای گرم و متر مکعب می باشند، واحدهای دیگر زمانی مجاز هستند که در تمامی محاسبات برای بدست آوردن آنها از ضرایب تبدیل مناسب استفاده گردد.

توجه ۷- این یک رویه عادی در حرفه مهندسی است که از پوند برای نشان دادن هم واحد جرم

($1bm$) و هم واحد نیرو ($1bf$) استفاده شود. این عمل دو سیستم جداگانه واحدها یعنی سیستم مطلق و

سیستم ثقلی را با هم ترکیب می کند. این یک موضوع نامطلوب علمی است که دو سری مجزا از واحدهای اینچ -

پوند در یک استاندارد با هم ترکیب گردند. این روش آزمایش، با استفاده از سیستم ثقلی نوشته شده است زمانی

که با سیستم اینچ - پوند سروکار داشته باشد. در این سیستم پوند ($1bf$) واحد نیرو (وزن) را نشان می دهد.

اگرچه بکار بردن یادداشتهای پوند برای جرم ($1bm$)، یا ثبت کردن دانسیته برحسب پوند جرمی بر فوت، مکعب

یا پوند بر فوت مکعب نباید بعنوان عدم تطابق با این روش آزمایش تلقی گردد.

۸-۳- دانسیته خشک در محل، ρ_d ، خاک را بصورت زیر محاسبه نمائید:

$$\rho_d = \frac{\rho_{wet}}{\left[1 + \frac{\omega}{100}\right]}$$

که در آن:

ρ_d = دانسیته خشک در محل، برحسب مگاگرم بر متر مکعب.

ρ_{wet} = دانسیته مرطوب در محل، برحسب مگاگرم بر متر مکعب.

ω = درصد رطوبت خاک برداشته شده از گودال آزمایش، که بصورت درصدی از جرم خشک خاک با دقت ۱٪

بیان می گردد.

۸-۴- وزن مخصوص خشک در محل، δ_d ، را بصورت زیر محاسبه نمائید:

$$\delta_d = \rho_d (9/807) \text{ برحسب کیلو نیوتن بر متر مکعب}$$

(۲)

$$\delta_d = \rho_d (62/43) \text{ برحسب پوند بر فوت مکعب}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

که در آن:

δ_d = وزن مخصوص خشک در محل، و

ρ_d = دانسیته خشک در محل، برحسب مگاگرم بر مترمکعب.

توجه ۸: ممکن است بیان دانسیته در محل بصورت درصدی از برخی دانسیته‌ها یا وزن مخصوص‌های دیگر مطلوب باشد بعنوان مثال: حداکثر دانسیته یا وزن مخصوص خشک آزمایشگاهی که مطابق با روشهای آزمایش استاندارد D ۶۹۸ تعیین می‌گردد. این روابط می‌تواند بوسیله تقسیم‌کردن دانسیته یا وزن مخصوص خشک در محل به ترتیب بر حداکثر دانسیته یا وزن مخصوص خشک، و ضرب آن در ۱۰۰ بدست آید.

۹- گزارش

۹-۱-۱- حداقل اطلاعات زیر را گزارش کنید:

۹-۱-۱- محل آزمایش،

۹-۱-۲- ارتفاع محل آزمایش،

۹-۱-۳- حجم گودال آزمایش، برحسب مترمکعب،

۹-۱-۴- دانسیته مرطوب در محل، برحسب مگاگرم بر مترمکعب،

۹-۱-۵- دانسیته خشک در محل، برحسب مگاگرم بر مترمکعب،

۹-۱-۶- وزن مخصوص خشک در محل، برحسب کیلونیوتن بر مترمکعب و پوند بر فوت مکعب،

۹-۱-۷- درصد آب (رطوبت) خاک که بصورت درصدی از جرم خشک بیان می‌شود،

۹-۱-۸- تشریح دستگاه آزمایش و فشار اعمالی مورد استفاده،

۹-۱-۹- تفسیر آزمایش بصورت عملی، و

۹-۱-۱۰- تشریح نظری خاک

۹-۱-۱۱- چنانچه دانسیته یا وزن مخصوص خشک در محل بصورت درصدی از مقدار دیگری بیان

شود، موارد زیر را نیز گزارش کنید:

۹-۱-۱۱-۱- مشخصه روش مرجع مورد استفاده،

۹-۱-۱۱-۲- حداکثر دانسیته یا وزن مخصوص خشک نسبی و درصد آب (رطوبت) بهینه مورد

استفاده، و

۹-۱-۱۱-۳- تصحیح برای ذرات «فوق اندازه» و جزئیات، اگر قابل اجرا بود.

۱۰- دقت و خطا:

۱۰-۱- تاکنون دقت و خطای این روش آزمایش تعیین نشده است. روش کاملی بدست نیامده است که مقادیر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مطلق دانسیته یا وزن مخصوص خاک در محل را بدست دهد تا بتواند در مقابل با این روش آزمایش مقایسه گردد. تغییرپذیری خاک و طبیعت مخرب این روش آزمایش اجازه فراهم آوردن نسخه‌ای اضافی از موارد مورد نیاز نتایج آزمایش را نمی‌دهد تا بتوان ارزیابی آماری خوبی از خطای آن بدست آورد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : D ۴۱۸۶ - ۸۹

روش استاندارد آزمایش برای تعیین خواص تحکیم یک بعدی خاکها با استفاده از بارگذاری با کرنش کنترل شده

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش برای تعیین سرعت و مقدار تحکیم خاک بکار می رود، و قتیکه خاک بطور جانبی مفید و در جهت محوری زهکشی گردد و تحت اثر بارگذاری با کرنش کنترل شده قرار گیرد.

توجه ۱- تعیین سرعت و مقدار تحکیم خاک وقتی تحت اثر بارگذاری پله ای قرار دارد، در روش آزمایش D ۲۴۳۵ ارائه شده است.

۱-۲- مقادیر بیان شده برحسب واحدهای SI استاندارد بوده و مقادیر بیان شده برحسب واحدهای اینچ - پوند تقریبی می باشند.

۱-۳- این آزمایش ممکن است شامل مواد، عملیات و ابزار خطرناک باشد، استاندارد موجود موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D ۴۲۲	روش آزمایش برای آنالیز اندازه ذرات خاکها
D ۶۵۳	اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات موجود در آنها
D ۸۵۴	روش آزمایش برای تعیین چگالی ویژه خاکها
D ۱۵۸۷	دستورالعمل برای نمونه گیری از خاکها با استفاده از لوله جدار نازک
D ۲۲۱۶	روش آزمایشگاهی تعیین درصد رطوبت خاک، سنگ، مخلوط های خاک و سنگدانه
D ۲۴۳۵	روش استاندارد آزمایش جهت تعیین خصوصیات تحکیم یک بعدی خاکها
D ۳۵۵۰	دستورالعمل نمونه گیری از خاکها با لوله رینگ دار
D ۴۲۲۰	دستورالعمل هایی برای نگهداری و انتقال نمونه های خاک
D ۴۳۱۸	روش آزمایش برای تعیین حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- اطلاعات مربوط به سرعت و مقدار نشست حاصل از تحکیم خاک، برای طراحی سازه‌های خاکی و سازه‌های متکی به خاک ضروری می‌باشند. نتایج این آزمایش ممکن است برای تحلیل یا تخمین نشست و سرعت تحکیم یک بعدی خاکها مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲- سرعت کرنش

۳-۲-۱- نتایج آزمایش تحکیم به سرعت کرنش بستگی دارد. سرعت‌های کرنش پیشنهادی در این استاندارد در حدود محدوده‌ای است که معمولاً در روش آزمایش D ۲۴۳۵ ارائه می‌گردد.

۳-۲-۲- سرعت‌های کرنش در محل با توجه به زمان، عمق زیر سطح بارگذاری شده و فاصله شعاعی از سطح بارگذاری شده به مقدار زیادی تغییر می‌نماید. چراکه سرعت‌ها را نمی‌توان به دقت در محل تعیین نمود، و یا تخمین زد. مرتبط ساختن سرعت کرنش آزمایشگاهی با محلی میسر نمی‌باشد. بنابراین ممکن است ارتباط بین نسبت‌های فشار منفذی ($U_b \sigma_v$) محلی به آزمایشگاهی عملی می‌باشد. در این راستا لازم است تا تحقیقات بیشتری بعمل آید.

۳-۲-۳- آزمایش تحکیم با سرعت کرنش ثابت موضوع اثرات سرعت کرنش را بیان نکرده ولی وسایلی را برای مطالعه اثرات سرعت کرنش فراهم می‌سازد.

۳-۳- این روش برای خاکهای با نفوذپذیری بالا، نظیر ماسه‌ها و دیگر خاکهای درشت دانه یا خاکهای با اشباع جزئی قابل استفاده نمی‌باشد.

۳-۴- فرضیات در نظر گرفته شده در این روش به قرار زیر است:

۳-۴-۱- نسبت نفوذپذیری خاک به تراکم پذیری آن ثابت است.

۳-۴-۲- جریان آب در میان منافذ خاک فقط در جهت قائم اتفاق می‌افتد.

۳-۴-۳- قانون داری برای جریان عبوری از میان منافذ قابل استفاده می‌باشد.

۳-۴-۴- خاک اشباع است.

۳-۴-۵- خاک همگن می‌باشد.

۳-۴-۶- تراکم پذیری ذرات خاک و آب ناچیز است

۳-۴-۷- رابطه لگاریتم تنش بر حسب کرنش در فاصله کوتاه زمانی در حین بارگذاری خطی می‌باشد.

۳-۴-۸- توزیع اضافه فشار آب منفذی در امتداد نمونه به شکل سهمی است.

۴- اصطلاحات

۴-۱- تعاریف - تعریف عبارات بکار برده شده در این روش آزمایش باید مطابق اصطلاحات D ۶۵۳

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

باشد.

۴-۲- تشریح عبارات خاص این استاندارد:

۴-۲-۱- فشار متقابل - فشار آب منفذی در مرز زهکشی

۴-۲-۲- اضافه فشار آب منفذی، u_b - فشار آب منفذی بوجود آمده در انتهای غیر قابل نفوذ نمونه

(معمولاً در قسمت تحتانی نمونه) در اثر افزایش فشار متقابل.

۴-۲-۳- تنش قائم وارده، σ_v - تنش محوری وارده در مرز زهکشی در اثر افزایش فشار متقابل

۴-۲-۴- نسبت فشار منفذی - اضافه فشار آب منفذی تقسیم بر تنش قائم وارده.

۵- وسایل

۵-۱- دستگاه بارگذاری محوری - دستگاه فشار محوری ممکن است شامل جک پیچی که بوسیله

یک موتور الکتریکی بواسطه انتقال دنده‌ها کار می‌کند، یک سکوی قرارگیری وزنه‌ها مجهز به جک پیچی

فعال‌کننده یوغ بارگذاری، دستگاه بارگذاری هیدرولیکی یا بادی، یا هر دستگاه فشاری دیگر با ظرفیت کافی و

کنترل فشار محوری نمونه در سرعت کرنش ثابت مطابق آنچه در بند ۹ - ۶ تشریح شده است، می‌باشد. در

صورتیکه دستگاه بارگذاری محوری خارج تحکیم‌سنج قرار دارد، بند ۵ - ۸ ملاحظه گردد.

۵-۲- دستگاه اندازه‌گیری بار محوری - دستگاه اندازه‌گیری بار محوری ممکن است شامل

رینگ‌گذاری، محفظه بارگیج کرنش، محفظه بار هیدرولیکی، یا هر وسیله اندازه‌گیری بار دیگری دارای دقت شرح

داده شده در این بند باشد. و ممکن است جزئی از دستگاه بارگذاری محوری باشد. دستگاه اندازه‌گیری بار

محوری باید قادر به اندازه‌گیری بار محوری با دقت $0/25$ درصد حداکثر بار محوری وارد به نمونه باشد.

توجه ۲- برای انتقال بار از دستگاه بارگذاری محوری بواسطه وسیله اندازه‌گیری بار محوری در یک

سرعت ثابت تغییر شکل، دستگاه اندازه‌گیری بار باید نسبتاً محکم باشد. تعدادی از محفظه‌های بار هیدرولیکی یا

حلقه‌های اندازه‌گیر ممکن است سختی کافی را فراهم نیاورند.

۵-۳- دستگاه اندازه‌گیری فشار آب منفذی - این دستگاه باید مبدل فشار تفاضلی باشد. ممکن است

از مبدل‌های فشار مجزا جهت اندازه‌گیری فشار آب منفذی در قسمت تحتانی نمونه و فشار متقابل استفاده گردد.

این عمل هنگامی ضرورت دارد که نیاز به دقت در هر دو وجود داشته و هر دو مقدار در حین آزمایش نشان داده

شوند. دستگاه باید طوری ساخته و نصب گردد تا بتوان فشار آب منفذی در قسمت تحتانی نمونه را در اثر

زهکشی جزئی آب حفره‌ای از قسمت زیر نمونه در یک طرف مبدل اندازه‌گیری نمود. طرف دیگر مبدل، فشار

متقابل وارد به نمونه را اندازه‌گیری می‌نماید. زهکشی جزئی فشار آب منفذی از قسمت تحتانی نمونه هنگامی

حاصل می‌گردد که ضریب تغییر حجم دستگاه اندازه‌گیری فشار آب منفذی و آب بدون هوای پرکننده حفرات که

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دستگاه را به قسمت زیر نمونه متصل می نماید، کمتر از $10^{-5} \text{ in}^2/\text{psi}$ ($10^{-8} \text{ m}^2/\text{pa}$) باشد. دستگاه اندازه گیری فشار آب منفذی باید قادر به اندازه گیری فشار آب منفذی در قسمت تحتانی نمونه با دقت $0/25$ درصد حداکثر فشار منفذی پیش بینی شده باشد.

۴ - ۵ - دستگاه نگهدارنده فشار متقابل - قادر به اعمال و کنترل فشار متقابل با تقریب ± 2 درصد می باشد. این دستگاه ممکن است شامل یک مخزن باشد. مخزن به قسمت های فوقانی و تحتانی نمونه متصل شده و به مقدار جزئی با آب بدون هوا پر می شود. بخش فوقانی مخزن باید به منبع گاز تحت فشار متصل گردد. فشار گاز بوسیله یک تنظیم کننده فشار، کنترل شده و با استفاده از یک فشارسنج اندازه گیری می شود. (توجه ۳ ملاحظه گردد). بنابراین یک سیستم هیدرولیکی تنظیم فشار هوا بوسیله وزن مرده وارد به پیستون یا هر وسیله دیگر اعمال فشار که قادر به اعمال و کنترل فشار متقابل با رواداری تشریح شده در این بند باشد، ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. یک شیر با تغییر حجم کم باید تا حد امکان در نزدیکی قسمت انتهایی نمونه در دستگاه اندازه گیری فشار متقابل پیش بینی گردد. هنگامی که این شیر باز است فشار متقابل به قسمت تحتانی نمونه اعمال می گردد. وقتی که شیر بسته است زهکشی آب از قسمت زیر نمونه و از دستگاه اندازه گیری فشار آب منفذی به مخزن دستگاه نگهداری فشار متقابل جلوگیری بعمل می آورد.

توجه ۳ - سطوح مشترک گاز و آب نسبت به سطح نمونه باید کم بوده و باید توسط لوله های با قطر کم مخازن به تحکیم سنج متصل شوند.

۵ - ۵ - نشان دهنده تغییر شکل - نشان دهنده تغییر شکل باید عقربه ای یا مبدل تغییر مکان با حساسیت $0/002$ میلی متر ($0/0001$ اینچ) بوده و حدود تغییرات آن حداقل 50 درصد ارتفاع نمونه باشد، یا وسیله اندازه گیری دیگری که این شرایط را برای حساسیت و حدود دارا باشد، مجاز می باشد.

۵ - ۶ - زمان سنج - نشان دهنده زمان سپری شده آزمایش با دقت یک ثانیه برای حصول به سرعت های کرنش اعمالی که در بند ۹ - ۶ تشریح شده است.

۵ - ۷ - ترازوها - وسایلی برای تعیین جرم نمونه های خاک و قسمت هایی از تجهیزات، کلیه اندازه گیری های جرم باید با دقت $0/1$ درصد صورت پذیرد.

۵ - ۸ - تحکیم سنج - برای نگهداری نمونه در رینگ که به یک پایه صلب ثابت شده و طرفین آن سنگهای متخلخل قرار دارد. قسمتهایی از تحکیم سنج که مستغرق می شوند، باید از ماده ای ساخته شوند تا در ارتباط با خاک یا دیگر اجزاء تحکیم سنج خوردگی در آنها بوجود نیاید. قسمت تحتانی رینگ باید به شکل غیر قابل نفوذ به پایه صلب درزبندی شده و قادر به تحمل فشار داخلی 1400 کیلو پاسکال (200 پوند بر اینچ مربع) باشد. تحکیم سنج باید طوری ساخته شود، که فرار گرفتن نمونه داخل رینگ و تحکیم سنج باعث محبوس شدن هوا در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قسمت تحتانی نمونه نگردد. دستگاه بارگذاری محوری و دستگاه نگهداری فشار متقابل ممکن است جزء مکملی از تحکیم سنج باشند. اگر طراحی تحکیم سنج طوری است که فشارهای متقابل روی قرائت‌های بار محوری تأثیرگذار است (به علت فشار وارد به پیستون از تحکیم سنج) تغییر در مقادیر قرائت شده در اثر تغییرات فشار متقابل باید بوسیله کالیبراسیون تعیین گردد. تحکیم سنج باید با مقررات زیر مطابق نماید:

۵-۸-۱ - حداقل قطر نمونه باید ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) بوده و در صورتیکه از نمونه‌های دست‌نخورده استفاده می‌شود، به جز آنچه در بند ۷-۲ نشان داده شده است، قطر نمونه باید ۶ میلیمتر (۰/۲۵ اینچ) کمتر از قطر لوله نمونه گیر باشد.

۵-۸-۲ - حداقل ضخامت نمونه باید ۲۰ میلیمتر (۰/۷۵ اینچ) بوده اما نباید کمتر از ده برابر حداکثر قطر ذره تعیین شده مطابق با روش D ۴۲۲ باشد.

۵-۸-۳ - حداقل نسبت قطر به ضخامت نمونه باید ۲/۵ باشد.

۵-۸-۴ - ضخامت حلقه باید طوری در نظر گرفته شود که تحت شرایط تنش هیدروستاتیک فرض شده در نمونه، تغییر قطر حلقه تحت اثر بزرگترین بار اعمالی از ۰/۰۳ درصد تجاوز نکند.

۵-۸-۵ - حلقه باید از ماده‌ای ساخته شود که در ارتباط با خاک یا مایع منفذی، خوردگی در آن حاصل نگردد.

۵-۹-۹ - دیسک متخلخل (سنگهای متخلخل)

۵-۹-۱ - سنگ‌های متخلخل باید از جنس کاربید سیلیسیوم، اکسید آلومینیم، فلز یا ماده مناسب دیگری که خاک یا رطوبت خاک به آن نچسبد و دارای دانه‌های متوسط باشد. برای خاکهای نرم ریزدانه باید از سنگ‌های متخلخل با دانه‌های ریز استفاده گردد. برای جلوگیری از دخول ذرات خاک به داخل منافذ دیسکها، ابعاد آنها باید بقدر کافی ریز باشد، از طرفی باید دارای نفوذپذیری کافی بوده طوری که مانع جریان آب از نمونه نگردد. (در این زمینه معیار دقیقی ارائه نشده است)

۵-۹-۲ - قطر سنگ فوقانی باید ۰/۲ تا ۰/۵ میلیمتر (۰/۰۱ تا ۰/۰۲ اینچ) کمتر از رینگ باشد.

۵-۹-۳ - ضخامت سنگ متخلخل باید به اندازه کافی بوده تا از شکستن آن جلوگیری بعمل آید. سنگ متخلخل فوقانی که توسط صفحه مقاوم در برابر خوردگی بارگذاری می‌شود، باید دارای صلبیت کافی جهت جلوگیری از شکستن سنگ باشد.

۵-۱۰ - اتاق رطوبت - در آب و هوایی که در ضمن تهیه، رطوبت به کمتر از ۰/۱ درصد کاهش می‌یابد، نمونه باید در اتاق رطوبت تهیه گردد.

۵-۱۱ - تراشنده یا برنده استوانه‌ای - برای تراشیدن نمونه به اندازه قطر داخلی حلقه تحکیم سنج با حداقل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دست خوردگی.

۵-۱۲ - وسیله اندازه گیری ابعاد نمونه، قادر به اندازه گیری ارتفاع و قطر نمونه با دقت $0.02/0$ میلیمتر ($0.001/0$ اینچ).

۵-۱۳ - اون خشک کننده که بتواند دما را در 9 ± 230 درجه فارنهایت (5 ± 110 درجه سانتیگراد) ثابت نگهدارد.

۵-۱۴ - وسایل متفرقه - ابزار تراشیدن و صاف کردن نمونه، شامل کاردک ها، چاقوها و اهر مویی، ظروف درصد رطوبت و برگه های اطلاعاتی مورد نیاز.

۶- نمونه گیری

۶-۱ - نمونه گیری و تحقیقات محلی باید مطابق دستورالعمل D ۱۵۸۷ انجام پذیرد. همچنین ممکن است نمونه ها از نمونه های بلوکی قابل استفاده، بریده شوند.

۶-۲ - در صورتی که نمونه های مناسب با استفاده از دستورالعمل D ۳۵۵۰ بتواند تهیه شود، ممکن است مورد استفاده قرار گیرند.

۶-۳ - نگهداری و انتقال نمونه ها باید مطابق دستورالعمل D ۴۲۲۰ صورت پذیرد.

۷- نمونه ها

۷-۱ - نمونه ها باید طوری تهیه شوند که کاهش رطوبت آنها کمتر از $1/0$ درصد باشد. در صورت نیاز این عمل می تواند در اتاق رطوبت انجام پذیرد. نمونه را به اندازه قطر داخلی رینگ تحکیم تراشید. کلیه تورفتگی های جزئی را با استفاده از خاک دست خورده پر کنید بطوریکه کلیه منافذ بین نمونه و رینگ از بین برود. نمونه را در رینگ قرار داده و آترا همتراز سطح رینگ تراشید. سطح باید صاف باشد. در بیشتر خاکها رینگ نمونه متصل به لبه برنده مناسبترین وضعیت را بوجود می آورد.

۷-۲ - خاکهای آلی نظیر گیاهی و خاکهایی که بسادگی خسارت می بینند، ممکن است مستقیماً از لوله نمونه گیر به رینگ انتقال داده شوند. این عمل در صورتی امکان پذیر است که لبه برنده رینگ هم قطر نمونه بوده و اندازه های رینگ و لوله برای این منظور انتخاب شده باشند.

۷-۳ - جرم و ارتفاع نمونه را تعیین نمائید. جرم، ارتفاع و قطر نمونه را یادداشت کنید.

توجه ۴ - جهت به حداقل رساندن دست خوردگی خاک یا تغییر رطوبت و دانسیته در ضمن تهیه نمونه، باید تمام جوانب احتیاط را بکار بست. از ارتعاش، پیچش و تراکم نمونه باید اجتناب نمود.

۷-۴ - با استفاده از مواد تراشیده شده مجاور نمونه (بند ۷-۱ ملاحظه گردد) درصد رطوبت طبیعی (بر اساس جرم خشک) را مطابق روش D ۲۲۱۶ و چگالی ویژه را مطابق روش آزمایش D ۸۵۴ تعیین کنید. با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

استفاده از جرم، قطر و ارتفاع رینگ نمونه، وزن تر اولیه نمونه و حجم آنرا تعیین کنید. تعیین دقیقتر وزن خشک نمونه و رطوبت با استفاده از نمونه خشک شده در انتهای آزمایش انجام می پذیرد (بند ۹ - ۱۱ ملاحظه گردد) مقدار تعیین شده با استفاده از تراشیده ها تقریبی است اما می توان برای تعیین نسبت تخلخل قبل از آزمایش استفاده نمود. در صورتی که نیاز به تعیین دقیق نسبت تخلخل نباشد، می توان چگالی ویژه را تخمین زد.

۷-۵- حدود روانی و خمیری را با استفاده از روش آزمایش D_{4318} تعیین نمایید. این مقادیر جهت شناسایی خاک و ایجاد ارتباط بین نتایج آزمایشات در خاکهای مختلف مفید می باشد. همچنین این آزمایشات ممکن است روی تراشیده ها انجام پذیرد.

۸- آماده نمودن دستگاه

۸-۱- در دستگاه نگهداری فشار متقابل و سیستم اندازه گیری فشار آب منفذی باید از آب بدون هوا استفاده گردد. (بند های ۳-۵ و ۴-۵ ملاحظه شود)

۸-۲- سنگهای متخلخل را با آب بدون هوا اشباع کنید.

۸-۳- سنگ متخلخل تحتانی را طوری از تحکیم سنج قرار دهید که هیچ هوایی در سیستم اندازه گیری فشار آب حفره ای محبوس نگردد.

توجه ۵- در مراجع ارائه شده در انتهای این روش، راهنمایی هایی برای سیستم اشباع نمونه ارائه شده است.

۹- روش آزمایش

۹-۱- نمونه، رینگ، سنگ های متخلخل و صفحه بارگذاری را در تحکیم سنج قرار دهید. از محبوس شدن هوا بین سنگ متخلخل تحتانی و نمونه جلوگیری نمایید.

۹-۲- تحکیم سنج را در وسیله بارگذاری محوری قرار داده و نشان دهنده تغییر شکل را برای فرائت اولیه یا صفر تنظیم کنید. فشار نشاننده ۵ کیلو پاسکال (۱۰۰ پوند بر فوت مربع) را وارد نمایید. دستگاه بارگذاری محوری ممکن است برای اعمال فشار نشاننده ثابت یا اعمال ارتفاع نمونه ثابت سوار شود. در صورتیکه ارتفاع ثابت نمونه مورد نظر است، فشار نشاننده لازم برای نگهداشتن ارتفاع ثابت نمونه باید یادداشت گردد. (برای خاکهای خیلی نرم، فشار نشاننده ۲/۵ کیلو پاسکال (۵۰ پوند بر فوت مربع) یا کمتر مناسب می باشد).

۹-۳- برای اطمینان از اینکه سیستم متشکل از مخازن آب دستگاه نگهدارنده فشار متقابل و تحکیم سنج بطور کامل بدون هوا می باشند، کنترل باید انجام پذیرد. شیر مربوط به پایه تحکیم سنج را به منبع آب بدون هوا باز کرده و تا سطح مناسب مخزن را پر کنید. برای اطمینان از اشباع کامل نمونه یا جهت اطمینان از اشباع تقریباً کامل نمونه تا حد امکان، در فاصله زمانی مقتضی، مقدار فشار متقابل مناسب را بطور پیوسته در قسمت فوقانی و تحتانی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نمونه وارد نمائید. جهت به حداقل رساندن تغییر شکل نمونه‌ها و پیش‌تنش نمودن نمونه‌هایی که دارای درجه اشباع اولیه پائینی می‌باشند، فشار متقابل باید به آرامی اعمال گردد.

۹-۴- در صورت نیاز (بند ۵-۸ ملاحظه شود)، دستگاه اندازه‌گیری بار محوری را برای جبران بار تولید شده بوسیله فشار متقابل تنظیم نموده یا بار محوری تولید شده در دستگاه اندازه‌گیری بار عمودی را بوسیله فشار متقابل (بدون تغییر حجم) یادداشت کرده و این مقدار را از کلیه بارهای قرائت شده کم نمائید.

۹-۵- اگر دستگاه بارگذاری محوری برای نگهداشتن فشار نشاننده ثابت نصب شده است، مقدار تحکیم یا تورم بوجود آمده قبل از بارگذاری با کرنش کنترل شده را یادداشت نمائید. اگر دستگاه بارگذاری محوری برای نگهداشتن ارتفاع ثابت نمونه نصب شده باشد، کاهش یا افزایش در بار محوری که قبل از بارگذاری با کرنش کنترل شده اتفاق می‌افتد را یادداشت کنید.

۹-۶- **انتخاب سرعت کرنش** - سرعت کرنش باید طوری انتخاب گردد که قدر مطلق اضافه فشار آب منفذی بین ۳ و ۳۰ درصد تنش قائم وارده در حین انجام آزمایش باشد (توجه ۶ ملاحظه گردد).
توجه ۶- برای رسیدن به این هدف مقدار حداکثر ۲۰ درصد مناسب بوده و در هیچ حالتی نباید این مقدار حداکثر از ۳۰ درصد تجاوز نماید. راهنمایی‌هایی برای انتخاب سرعت کرنش در یک یا چند مرجع ارائه شده در انتهای این روش موجود است. به منظور دستیابی به نتایج قابل مقایسه با آزمایشات بارگذاری پله‌ای (روش آزمایش ۲۴۳۵ D) ممکن است اضافه فشار آب منفذی به مقادیر کمتر از ۳۰ درصد محدود گردد.

۹-۷- **بارگذاری محوری** - شیر ارتباط قسمت تحتانی نمونه با دستگاه نگهدارنده فشار متقابل را ببندید و بار محوری را برای کرنش محوری در سرعت ثابت انتخاب شده بند ۹-۶ اعمال کنید. مقادیر بار محوری، اضافه فشار آب منفذی، تغییر شکل و زمان سپری شده را در فواصل زمانی تقریباً یک دقیقه برای ۱۰ دقیقه اول، ۵ دقیقه برای یک ساعت بعدی و ۱۵ دقیقه برای فواصل بعدی، یادداشت نمائید. برای تعیین منحنی تنش - کرنش، قرائت‌ها باید به اندازه کافی صورت پذیرد. وقتی که تغییرات اساسی در پارامترهای آزمایش اتفاق می‌افتد، تعداد قرائت‌های بیشتری مورد نیاز است. برای دستیابی به اطلاعات مورد نیاز، ممکن است از نحوه قرائت پیوسته یا ترسیم یا هر دو استفاده گردد. بارگذاری را تا حصول به تنش یا کرنش مورد نظر ادامه دهید. زمانیکه بارگذاری محوری به اتمام رسید، اجازه دهید تا اضافه فشار آب منفذی در بار محوری ثابت یا تغییر شکل ثابت محو گردد. بار محوری، تغییر شکل و اضافه فشار آب منفذی را ارائه نمائید.

۹-۸- در هر زمانی در طول آزمایش، ممکن است تراکم ثانویه مورد ارزیابی قرار گیرد. برای دستیابی به اطلاعات مربوط به تراکم ثانویه، بارگذاری محوری با کرنش کنترل شده در هر بار محوری از پیش انتخاب شده را قطع کنید و بار محوری را ثابت نگهدارید. قرائت مقادیر بار محوری، اضافه فشار آب منفذی، تغییر شکل و زمان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

سپری شده را در فواصل زمانی پیشنهادی در بند ۹ - ۷ ادامه دهید. همچنین مقادیر تغییر شکل و زمان سپری شده را در زمانهای ۱/۲۵، ۰/۵، ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۵ و ۳۰ دقیقه و ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۵ و ... ساعت از زمان قطع بارگذاری با کرنش کنترل شده، اندازه گیری نمایید. این قرائت‌ها باید حداقل تا مشخص شدن شیب قسمت خطی نمودار تغییر شکل برحسب لگاریتم زمان ادامه یابد. در صورت نیاز به اعمال بارگذاری بیشتر، مجدداً بارگذاری محوری با کرنش کنترل شده را در سرعت کرنش ثابت مطابق قبل آغاز نموده و مقادیر بار محوری، اضافه فشار آب منفذی، تغییر شکل و زمان سپری شده را در فواصل زمانی ۱، ۵، ۱۵ دقیقه مطابق بند ۹ - ۷ یادداشت نمایید. در صورت لزوم در مقادیر تنش بیشتر بعدی می‌توان روش ارائه شده در این بند را تکرار نمود.

توجه ۷ - قطع آزمایش با کرنش کنترل شده به منظور دستیابی به اطلاعات مربوط به تراکم ثانویه تحت اثر بار ثابت، ممکن است روی رابطه نسبت تخلخل - تنش موثر تاثیر بگذارد. برای تعیین این اثرات نیاز به تحقیقات بیشتری می‌باشد.

۹ - ۹ - برگشت - هنگامی که مشخصات برگشت یا باربرداری مورد نظر است، باربرداری نمونه را در یک سرعت کرنش ثابت طوری انجام دهید که تنش قائم کل مثبت باقی بماند (توجه ۸ ملاحظه گردد) اضافه فشار آب منفذی منفی خواهد شد. به منظور اینکه فشار قسمت تحتانی نمونه بیشتر از فشار اتمسفر باقی بماند، فشارهای متقابل باید به اندازه کافی بالا بوده یا سرعت‌های کرنش به مقدار کافی پائین باشد. در صورتیکه تعیین ضریب تحکیم برای قسمت برگشت مورد نظر است، برای حفظ فشار بزرگتر در قسمت تحتانی نمونه از فشار متقابل مورد نیاز برای اشباع نمودن آن، باید فشارهای متقابل به اندازه کافی بالا بوده یا سرعت‌های کرنش به مقدار کافی پائین باشد. مقادیر بار محوری، اضافه فشار آب منفذی، تغییر شکل و زمان سپری شده را در فواصل زمانی ۱، ۵ و ۱۵ دقیقه مطابق بند ۹ - ۷ یادداشت نمایید. هنگامی که عملیات برگشت به اتمام رسید، اجازه دهید تا اضافه فشار آب منفذی در بار محوری ثابت یا تغییر شکل ثابت محو گردد.

توجه ۸ - به منظور حفظ تنش قائم کل مثبت روی نمونه و حفظ مقادیر مناسب فشارهای آب منفذی در قسمت تحتانی، سرعت‌های کرنش باربرداری در حدود یک دهم سرعت‌های کرنش بارگذاری مناسب می‌باشد.

۹ - ۱۰ - جهت بازسازی ساختار تغییرات تنش یا بدست آوردن تعریف بهتر قسمتی از منحنی تنش - کرنش (یا تنش - نسبت تخلخل) یا کمک در تفسیر رفتار خاک در محل، می‌توان جدول بارگذاری، باربرداری یا بارگذاری مجدد دیگری استفاده نمود.

۹ - ۱۱ - بعد از اتمام آزمایش، کل نمونه را از تحکیم سنج برداشته و وزن کنید. سپس آنرا داخل اون خشک کننده قرار داده و برای بدست آوردن وزن قسمت جامد، مجدداً توزین نمایید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۰- محاسبات

۱-۱۰- نسبت تخلخل اولیه، درصد رطوبت، وزن مخصوص و درجه اشباع را براساس وزن خشک کل نمونه محاسبه کنید. حجم نمونه با استفاده از مقادیر اندازه گیری شده در بند ۷-۳ محاسبه می گردد، حجم قسمت جامد را با تقسیم وزن خشک نمونه به چگالی ویژه قسمت جامد محاسبه نمائید. حجم منافذ اختلاف بین حجم نمونه و حجم قسمت جامد در نظر گرفته می شود.

۱۰-۲- نسبت تخلخل (e) (یا کرنش محوری، ϵ)، تنش قائم کل (σ_v) و میانگین تنش قائم موثر (σ'_v) برای هر سری از مقادیر قرائت شده در بندهای ۹-۷ تا ۹-۹ را محاسبه کنید.

۱۰-۲-۱- نسبت تخلخل را مطابق زیر محاسبه نمائید:

$$e = e_0 - \frac{\Delta H}{H_s}$$

که در آن:

e_0 = نسبت تخلخل اولیه،

ΔH = تغییر شکل،

H_s = ارتفاع قسمت جامد، حجم قسمت جامد تقسیم بر سطح مقطع نمونه.

۱۰-۲-۲- کرنش محوری را بصورت ذیل محاسبه کنید:

$$\epsilon = \frac{\Delta H}{H_0}$$

که در آن:

H_0 = ارتفاع اولیه نمونه مطابق مقادیر اندازه گیری شده در بند ۷-۳ می باشد.

۱۰-۲-۳- تنش محوری اعمال شده را به شرح زیر محاسبه کنید:

$$\sigma_v = \frac{\rho}{A}$$

که در آن:

ρ = بار محوری وارده (توجه ۹ ملاحظه شود)، و

A = سطح مقطع نمونه.

۱۰-۲-۴- میانگین تنش موثر قائم را مطابق زیر محاسبه نمائید (بند ۳-۴-۸ ملاحظه گردد):

توجه ۹- اگر بار محوری وارده در خارج از محفظه اندازه گیری شده باشد، جهت به حساب آوردن نیرویی که توسط فشار متقابل به پیستون اعمال می شود باید اصلاح تنش صورت پذیرد:

$$\sigma'_v = \left[\sigma_v^3 - 2\sigma_v u_b + \sigma_v u_b^2 \right]^{\frac{1}{3}}$$

که در آن:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

u_b = اضافه فشار اندازه گیری شده در قسمت تحتانی نمونه می باشد.

۱۰ - ۳ - زمانیکه اضافه فشار آب منفذی اندازه گیری شده در قسمت تحتانی نمونه از ۳ کیلو پاسکال (۰/۵ پوند بر اینچ مربع) تجاوز نماید، ضریب تحکیم (C_v) برای فواصل زمانی بین دو سری از قرائت های یادداشت شده از بندهای ۹ - ۷ تا ۹ - ۹ را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$C_v = \frac{H^2 \log \left[\frac{\sigma_{v2}}{\sigma_{v1}} \right]}{2 \Delta t \log \left[1 - \frac{u_b}{\sigma_v} \right]}$$

که در آن:

σ_{v1} = تنش محوری وارده در زمان t_1

σ_{v2} = تنش محوری وارده در زمان t_2

H = ارتفاع متوسط نمونه بین زمانهای t_1 و t_2

Δt = زمان سپری شده بین t_1 و t_2

u_b = میانگین اضافه فشار بین زمانهای t_1 و t_2 و

σ_v = میانگین تنش کل محوری وارده بین زمانهای t_1 و t_2 .

اگر سرعت های کرنش در حین آزمایش تغییر کند، مقادیر C_v محاسبه شده در این زمانها ممکن است دقیق نباشد. توجه ۱۰ - مقادیر میانگین از نصف مجموع دو مقدار بدست می آیند.

۱۰ - ۳ - ۱ - بهتر است محاسبه C_v بین قرائت های متوالی صورت پذیرفته و مقدار آن برای متوسط مقدار σ'_v بین دو قرائت تعیین شود.

۱۰ - ۳ - ۲ - اگر مقادیر تنش موثر قائم بین قرائت های متوالی، به مقدار قابل ملاحظه ای تغییر نکند، فاصله زمانی ممکن است افزایش یابد.

۱۱ - گزارش

۱۱ - ۱ - گزارش باید شامل اطلاعات ذیل باشد:

۱۱ - ۱ - ۱ - تشریح و توصیف نمونه، شامل اینکه خاک دست نخورده، دوباره سازی شده، متراکم شده یا به روش دیگری تهیه شده است.

۱۱ - ۱ - ۲ - درصد رطوبت اولیه،

۱۱ - ۱ - ۳ - وزن مخصوص مرطوب اولیه،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۱-۱-۴- درجه اشباع اولیه،

۱۱-۱-۵- در صورت نیاز به محاسبه نسبت تخلخل، مقدار چگالی ویژه قسمت جامد در محاسبات،

۱۱-۱-۶- شرایط آزمایش (مقدار فشار متقابل، تورم یا تحکیم در ضمن اعمال فشار متقابل یا فشار نشاننده مورد نیاز برای ثابت نگهداشتن ارتفاع، سرعت های کرنش در حین بارگذاری یا باربرداری)

۱۱-۱-۷- ترسیم نمودار نسبت تخلخل برحسب لگاریتم میانگین تنش مؤثر قائم یا کرنش محوری برحسب لگاریتم میانگین تنش مؤثر قائم.

۱۱-۱-۸- ترسیم نمودار ضریب تحکیم برحسب لگاریتم میانگین تنش مؤثر قائم،

۱۱-۱-۹- رسم نمودار فشار آب منفذی برحسب لگاریتم میانگین تنش مؤثر قائم،

۱۱-۱-۱۰- رسم نمودار نسبت فشار آب منفذی برحسب لگاریتم میانگین تنش قائم مؤثر،

۱۱-۱-۱۱- بررسی آزمایشاتی که اطلاعات مربوط به تراکم ثانویه در دسترس است، رسم نمودار تغییر شکل برحسب لگاریتم زمان، و

۱۱-۱-۱۲- ارائه هر نوع انحراف از روش بیان شده شامل ترتیب بارگذاری خاص.

۱۲- دقت

۱۲-۱- نمونه های خاک دست نخورده حاصل از نهشته های خاک همگن در موقعیت مشابه، غالباً خواص تحکیمی بسیار متفاوتی را نشان می دهند. هیچ روشی برای ارزیابی دقت تعدادی از آزمایشات تحکیم انجام شده روی نمونه های دست نخورده، به علت تغییرپذیری نمونه ها وجود ندارد.

۱۲-۲- مصالح مورد آزمایش و روش مناسب تهیه نمونه برای تعیین اختلافات موجود در آزمایش، به علت مشکلاتی که در ایجاد نمونه های یکسان خاک چسبنده وجود دارد، تعمیم داده نشده اند. هیچ تخمینی از دقت برای این روش آزمایش در دسترس نمی باشد.

شرکت سنیامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: E - ۱۹۶ - ۸۰

دستورالعمل استاندارد آزمایش بارگذاری ثقلی سقف‌های صاف و کف‌ها

۱- هدف

۱-۱- این دستورالعمل شامل آزمایش بارگذاری استاتیکی کف‌ها و سقف‌های صاف (سقف‌های با شیب کمتر از ۱ به ۱۲) تحت شرایط بارگذاری واقعی یا شرایطی مشابه با آن می‌باشند و برای نمونه آزمایشی اعضا یا بخشهای ساختمانی ساخته شده در کارخانجات یا برای اجزای ساختمانی واقعی موجود به کار می‌رود از آنجایی که مقاومت و سختی اعضا یا بخشهایی از سقفها و کف‌های ساختمانی تحت بارگذاری ثقلی را می‌توان تعیین نمود، لذا کنترل طراحی، مصالح، اتصالات و کیفیت کار کارخانجات سازنده اعضا ساختمانی را می‌توان به خوبی انجام داد.

۲- مراجع مورد استفاده

۲-۱- استاندارد ASTM:

E ۵۷۵ دستورالعمل پیشنهادی برای گزارش اطلاعات حاصل از آزمایشهای سازه‌ای کار سازندگان ساختمانی، اعضا، اتصالات و مجموعه آنها.

۳- موارد کاربرد و استفاده

۳-۱- این دستورالعمل به صورت راهنمایی برای آزمایش کف‌ها و سقف‌های ساختمانی چه در محل و یا در آزمایشگاه می‌باشد و قصد اینکه به صورت یک آزمایش کنترل کیفیت روزمره اعضا ساختمانی یا سازه‌های منفرد مورد استفاده قرار گیرد را ندارد. آزمایشها ممکن است به صورت محک زدن و یا تا رسیدن به مرحله گسیختگی باشند.

۴- انواع آزمایشها

۴-۱- آزمایشهای حصول اطمینان (محک زدن) - این آزمایشها بمنظور حصول اطمینان از اینکه ساختمان بار مشخصی را تحمل کرده و یا تحت این بار خیزی بیش از خیز مجاز نخواهد داشت، یا هر دو، انجام می‌شوند. اگر کف یا سقفی بعد از آزمایش محک زدن بارگذاری شود یا بخشی از یک سازه موجود که بعد از آزمایش باید در خدمت دمی باقی بماند، بایستی دقت زیادی برای تعیین اینکه خسارتی به سازه وارد نشده است، یا اگر گسیختگی رخ داده، خسارت وارده حداقل است و امنیت اشخاص در مخاطره نیست انجام شود.

شرکت ستهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۲- آزمایشهای گسیختگی - آزمایشهای گسیختگی برای بدست آوردن اطلاعات با جزئیات بیشتری روی عملکرد، ظرفیت تحمل بار نهایی، نحوه گسیختگی، مناسب بودن اتصالات و تعیین منحنی بار کل - خیز برای سازه‌ها انجام می‌شود.

۵- نمونه‌های آزمایش

۵-۱- سطح یا اندازه نمونه آزمایش باید بخش نماینده‌ای باشد که عملکرد سازه کف یا سقف واقعی را کمی نماید، یا باید عضو نمونه یا جلوگیری از یک سازه موجود باشد. وقتی که آزمایش بارگذاری روی یک سقف بخصوص که ترکیبی از چند قسمت یکسان است، اجرا می‌شود، انتخاب بخش آزمایشی نماینده باید توسط اداره ساختمان یا هیئتی که آزمایش برای آنها انجام می‌شود، تصویب شود. معمولاً فقط یک بخش نماینده ساختمان نیاز به آزمایش دارد، مگر آنکه سطوح مختلفی از کف یا سقف در معرض انواع مختلف بارگذاری باشد یا قسمتهایی که تعدادی از اعضاء سازه یا بخشهایی در ساختمان مضمون هستند و باید بار محک زده شوند.

۵-۲- شرط مصالح در مجموعه‌های آزمایشی بدلالی باید در زمان آزمایش با شرایط فرض شده در طرح معادل باشد یا نمایانگر شرایط واقعی در خدمت دهی باشد.

۶- سازه‌های مشابه سازی شده

۶-۱- وقتی که آزمایش بارگذاری روی سازه‌های مشابه سازی شده انجام می‌شود، شرایط تکیه گاهی و ثابت بودن لبه‌های کف یا سقف در سازه واقعی باید تا حد ممکن در نمونه آزمایشی فراهم شود.

۶-۲- مصالح، اشکال سازه، اتصالات، رابط‌ها و ترکیب‌هایی که در سازه مشابه سازی شده استفاده می‌شود باید تا حد امکان مشابه آنچه که در سازه واقعی استفاده می‌شود یا قصد استفاده را دارد، باشند.

۷- آرایش کلی آزمایش

۷-۱- تنوع فرضیات طراحی - کف‌ها یا سقف‌ها به دلیل مشخص نمودن فرضیات اولیه طراحی بارگذاری خواهند شد. کف‌ها یا سقف‌هایی که برای بارگذاری یکنواخت طراحی شده‌اند باید تحت بارگذاری یکنواخت یا به روشی که نیروها و ممان‌های وارده با توزیع یکنواخت بار مشابه سازی گردند، آزمایش شوند. وقتی سازه‌های با پیشامدگی یا اعضاء سازه‌ای واقع در بالای سطح اعمال بار، آزمایش می‌شوند، باید دقت کافی بعمل آید تا اطمینان حاصل گردد که روش بارگذاری مورد استفاده سهواً خمش جانبی این اعضاء را محدود نسازد.

۷-۲- بار زنده یکنواخت - بار زنده یکنواخت واقعی ممکن است روی نمونه (های) آزمایشی اعمال گردد. این بار ممکن است با استفاده از کیسه هوا، محفظه خلاء، آب یا مصالح مناسب دیگریست آید. اگر آب به عنوان عامل بارگذاری استفاده شود بایستی دقت کرد که اثرات ناشی از بوجود آمدن حوضچه را که سبب غیر یکنواختی بارگذاری می‌شود به حداقل رساند. این کار با تقسیم سطحی که باید با آب بار داده شود به تعدادی

روشکوت ستهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قسمتهای منفرد که جداگانه بر می شوند، می تواند انجام شود. گسیختگی غیر عملی سازی آزمایشی که با آب بارگذاری شده می تواند بی نهایت بد انجام شود و ممکن است مشکلات غیر منتظره ای را بوجود آورد.

۷-۳- بار زنده یکنواخت مشابه سازی شده - بار زنده یکنواخت مشابه سازی شده ممکن است به وسیله وزنه های مرده، جک ها، کابل ها و قرفره ها یا هر روش دیگری که به طریق قابل قبولی توزیع یکنواخت بار را توسط بارهای متمرکز مشابه سازی نماید، ترتیب یابد. اگر بارها توسط جک اعمال می شوند، نیروها را روی سطح کافی پخش نماید تا از خسارت موضعی جلوگیری شود. اگر توزیع بار یکنواخت توسط وزنه های مرده همچون بلوک های آجری، شمش های فلزی یا مصالح دیگر با وزن مشخص تأمین شود، باید بگونه ای گذاشته شوند تا از پدیده قوسی شدن و اثر خروک شدن مصالح بارگذاری که می تواند در تنشهای خمشی اثر بگذارد، جلوگیری شود.

۷-۴- بار متمرکز - وقتی که یک کف یا سقف برای بار متمرکز یا بارهایی علاوه بر بار یکنواخت طراحی می شود، همچنین باید یک آزمایش بار متمرکز اجرا شود که شرایط واقعی بارگذاری را مشابه سازی نماید. اگر به عبارتی سطح بارگذاری مشخص نباشد، بار متمرکز باید روی سطحی برابر با 46×46 میلیمتر (۱۸ در ۱۸ اینچ) و روی نقاطی که انتظار می رود در خدمت دهی باشد یا جایی که بار یا بارها، ماکزیمم برشها و ممانهای خمشی را بدست خواهد داد، توزیع شود. بار یکنواخت، همان که در بند ۶-۲ یا ۶-۳ مشخص شده، خواهد بود.

۷-۵- ملاحظات ایمنی - طبیعتاً آزمایشهای بار کامل برای اشخاص و تجهیزات خطرناک می باشند. احتیاط کامل برای جلوگیری از آسیب به اشخاص در ضمن آزمایشهای بارگذاری ناشی از خطر فروریزی کامل کف یا سقف در حالت گسیختگی باید انجام پذیرد. این کار در هنگام ضرورت با شمع زدن یا تکیه گاهی در زیر کف یا سقف برای نگهداری سازه در حالت گسیختگی انجام خواهد گرفت و ترتیبی خواهد یافت که بار اصلی اعضای باربر کف یا سقف سازه و نه تنها پوشش سطح، همچون صفحات سفتی یا سقفهای کاذب را بگیرد، سیستم شمع زنی قادر خواهد بود وزن مرده کل سقف یا کف به علاوه بار کامل آزمایش را بگیرد، و در ضمن آزمایش تنظیم گردد تا فاصله ای برای خیز و مشاهده باقی بماند. در صورت امکان، عامل بارگذاری فشار متقابل رو به بالا خواهد داشت که آن را از تبدیل شدن به بارگذاری نوع بعدی که در صورت گسیختگی ضمن آزمایش بارگذاری خسارت به سازه را بزرگ خواهد کرد، حفظ خواهد کرد. در صورتیکه مشکلات سازه ای مشهود شد، توصیه می شود از سیستم بارگذاری استفاده شود که بتوان آن را بسرعت برداشت و خسارت را محدود کرد.

۸- اندازه گیری ها

۸-۱- خیزها - اندازه گیری های خیز در ضمن آزمایش های بارگذاری در مرکز ثقل سقف یا کف و نقاط یک چهارم از دو محور اصلی سطح بارگذاری شده و محل های دیگری که خیزها مورد توجه باشد، انجام خواهد گرفت. در محلهایی که خیز اعضای تکیه گاهی در سختی واحد آزمایش شده اثر می گذارند، خیز اعضای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تکیه گاهی همچنین باید اندازه گیری شود. خیزها ممکن است با استفاده از گیج های عقبه ای، تراز مشاهده یا روشهای دیگری که خطا را به ۲٪ خیز کل محدود نماید، اندازه گیری شوند. گیج های خیز باید به گونه ای که تحت اثر اعمال بار یا تغییر شکل های موضعی ناشی از بار نباشند نگهداری شوند. تبدیل کننده های خیز و عملکرد مجموعه آزمایشی به صورت ایمن با استفاده از تجهیزات ویدئویی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۸-۲- دقت بارگذاری - متوسط بارگذاری یا بارهای اعمالی با روشی که خطا را به ۰.۵٪ بار زنده مشخص طراحی، محدود نماید، اندازه گیری خواهد شد. روشهای بارگذاری که چنین دقتی را ندارند، استفاده نخواهند شد.

۸-۳- بار شمع گذاری - در محلی که چند عضو سازه در بخشی هستند که باید آزمایش شود یا آزمایش بار روی سازه موجود انجام شود، قرائت های تغییر شکل باید روی عضو اصلی ارزشیابی شوند و روی اعضای مجاور انجام شود و در صورت نیاز اثرات بار شمع گذاری تعیین شود. بارهای شمع گذاری در تحلیل داده های آزمایش برشمرده خواهد شد.

۹- روش

۹-۱- تعیین مقدار بار:

۹-۱-۱- آزمایشهای محک زدن - در حالتی که آزمایشهای محک زدن اعضاء یا بخشهای ساختمان در سازه واقعی نمی باشد، مقدار بار، بارهای مینا با قضاوت های مشخص شده کدهای کاربردی مناسب خواهد بود. در حالتی که یک عضو یا بخشی از ساختمان موجود بار محک زده می شود، مقدار بار، سرعت بار تنظیم شده خواهد بود که برای تداوم بار، سطح تابع و غیره مناسب می باشد.

۹-۱-۲- آزمایشهای بار نهایی - مقدار بارها همانند روش آزمایشهای محک زدن تعیین خواهد شد. تقریبی از حداقل بار نهایی هدف با ضرب کردن بار طراحی در ضرایب بار مناسب برای مصالح مشمول تعیین می شود. سپس مقادیر بار نهایی میانگین مورد نظر با قضاوت آماری حداقل مقادیر هدف به مقادیر متوسط با استفاده از ضریب متغیر برای مصالح مشمول یا عوامل قضاوتی شناخته شده دیگر می تواند تعیین شود.

۹-۲- تداوم بار اعمالی:

۹-۲-۱- اعضاء در سازه های مشابه سازی شده و کمتر از پنج عضو در سازه های موجود - به جز در مورد مثالهای آزمایشهای ضربه ای، بعد از آنکه هر افزایش بار صورت گرفت، سطح بارگذاری را حتی الامکان برای مدت ۵ دقیقه ثابت نگه دارید (توجه). بعد از اعمال بار، هر چه سریعتر قرائتهای تغییر شکل را در پایان ۵ دقیقه تحت بار ثابت و فوراً در پایان ۵ دقیقه بعد از برداشتن کامل یا جزئی بار یادداشت کنید. قرائتهای اولیه و ۵ دقیقه ای را بصورت منحنی های بار - تغییر شکل رسم کنید. در سراسر آزمایش ثبت کامل

۱۴۵

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت تنهایی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

زمان - تغییر شکل - بارگذاری را بدست آورید. اگر اعمال بار مشخصی نیاز به زمان مشخصی، نظیر ۲۴ ساعت داشت، قرائتهای تغییر شکل را در ابتدا، فواصل زمانی مشخص، و در پایان ۲۴ ساعت یادداشت کنید تا ترسیم رضایت بخشی از منحنی زمان - تغییر شکل برای یک مدت زمان کامل داشته باشید. عملکرد بخش کف یا سقف و همچنین هرگونه علامتی از خرابی یا گسیختگی در اعضاء و درزه‌ها را یادداشت کرده و بتفصیل توضیح دهید و هرگاه که ممکن بود این موارد را عکس گرفته یا با طراحی بتصویر بکشید.

توجه - دلایل اعمال ۵ دقیقه‌ای افزایشات بارگذاری با سطح ثابت به قرار زیر می‌باشند:

(۱) به مجموعه اجازه داده شود تا قبل از گرفتن دومین سری قرائتها به یک استراحت اساسی دست یابد. بسته به روشی که برای اعمال آزمایش بارگذاری بکار می‌رود، ممکن است ادامه حرکت وسیله بارگذاری با سرعت کاهش یافته‌ای به منظور رسیدن به سطح بارگذاری ثابتی طی زمان ۵ دقیقه ضروری باشد.

(۲) تا مین زمان کافی برای انجام تمام مشاهدات. (ممکن است تحت شرایط خاصی، فواصل زمانی طولانی‌تر مورد نیاز باشد).

(۳) تا هرگونه تغییر شکل وابسته به زمان یا توزیع مجدد بار یا هر دو مورد مشاهده گردد، و هنگامی که تغییر شکل وابسته به زمان شروع می‌شود، سطح بارگذاری بدقت ثبت شود (یعنی در واگرایی منحنی‌های سزج و طولانی مدت بارگذاری - تغییر شکل). این سطح بارگذاری تحت شرایط خاصی، ممکن است تأثیر بسزایی روی بار طراحی داشته باشد.

(۴) در صورتی که لازم بود، قبل از گسیختگی کامل، بعد از آنکه گسیختگی اولیه به عنوان نتیجه مشاهدات در آزمایش مد نظر باشد، بتوان آزمایش را متوقف کرد.

(۵) تا از یکنواختی در اجرای آزمایش و سازگاری در نتایج آن اطمینان حاصل شود.

۲-۲-۹ - آزمایشهای عضو مضاعف در سازه‌های موجود - در جایی که پنج یا تعداد بیشتری عضو مشابه یا تقریباً مشابه در سازه موجود همانند باید بار محک داده شوند تا قابلیت شان را در حمل بار زنده مشخصی، تعیین کنند، محدودیتهای زمانی و اقتصادی اشاره بر آن دارد که ضرورتی بر دنبال کردن تداوم ملزومات بارگذاری بند ۲-۲-۹ نخواهد بود. در چنین مواردی، اعمال ملایم بار محک از پیش تعیین شده بزرگتری در مدت ۵ دقیقه و در یک مرحله و سپس برداشتن آن بعد از مدت معین تحت بار زنده کامل مجاز خواهد بود. در ابتدا بعد از اعمال بار محک، در پایان مدت ۵ دقیقه، فوراً بعد از برداشتن بار، و ۵ دقیقه بعد از برداشتن بار قرائتهای افت و خیز یادداشت می‌شود.

۳-۲-۹ - نگهداری بار کامل طراحی - بعد از رسیدن به کل بار طراحی، یا به هر سطح باری که لازم دانسته شده، بجز موردی که در بند ۲-۲-۹ مشخص شده است، بارگذاری را برای مدت حداقل ۶ ساعت ثابت نگه

شرکت سنجایی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دارید و طی این ۶ ساعت، هر ساعت فرائنها را یادداشت کنید تا افت و خیز وابسته به زمان اضافی تعیین گردد. در پایان مدت ثابت بارگذاری، آن قسمت از کف یا سقف:

۹-۳-۱- ممکن است مطابق بند ۹-۱-۲ در معرض بارگذاری اضافی، بار آزمایشی مشخص شده‌ای یا در معرض گسیختگی قرار گیرد یا

۹-۳-۲- در صورتی که قسمت یا مسئول ساختمان که برای او این آزمایش انجام شده است، درخواست نماید بار آزمایشی برداشته شود و برگشت یا مجموعه دائمی فوراً و کمتر از ۲۳ ساعت بعد از برداشتن بار اندازه‌گیری شود.

۹-۴- بار گذار یه‌های مکرر یا اضافی - بخشی از کف یا سقف مطابق با بند ۹-۳-۲ و با استفاده از روش آزمایش بند ۹-۱ تا بار آزمایشی مشخص برای آزمایش محک یا بارگذاری نهایی برای آزمایش گسیختگی ممکن است مجدداً بارگذاری شود.

۱۰- آزمایشهای کمکی

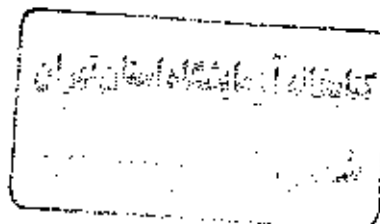
۱۰-۱- ممکن است برای کمک به تفسیر نتایج در آزمایشها تعیین کیفیت مصالح، اتصالات، متصل‌کننده‌ها و دیگر قسمتهای سیستم مطلوب باشد. چنین تعیینهایی روی نمونه‌های یکسان یا مضاعف انجام می‌گیرد و انجام آن مطابق با روشهای ASTM مربوطه خواهد بود.

۱۱- گزارش

۱۱-۱- گزارش این آزمایش مطابق با دستورالعمل توصیه شده E575 آماده خواهد شد.
۱۱-۲- گزارش شامل فضاوت در مورد انتخاب شرایط یا نمونه‌ها در زمان آزمایش و محیط آزمایش نیز خواهد بود.

۱۲- صحت و دقت

۱۲-۱- هیچ گفتاری روی صحت یا دقت این دستورالعمل انجام نشده است زیرا راهنماییهای کلی روی اندازه نمونه، استفاده ابزارها، روشهایی که در اینجا فراهم شده است تجزیه و تحلیل آماری آن و مقایسه آن را با آزمایشهای دیگر مشکل و غیر ممکن می‌سازد.



دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

« نمونه برداری از بتن تازه در کارگاه »

BS1881 : Part 101

مقدمه:

این قسمت از استاندارد BS که تحت نظارت کمیته استانداردهای سیمان، گچ، مصالح سنگی و سایر تولیدات معادن آماده شده، تجدید نظر بند ۲ از استاندارد BS1881:Part1:1970 می باشد که در اصلاحیه شماره ۱ آن استاندارد حذف شده بود.

این بخش روشهای نمونه برداری از مخلوطهای بتن با کاراییهای متفاوت را شرح می دهد و نیز شامل اطلاعاتی در مورد نمونه برداری از بتنهایی که به علت اختلاط با فوق روان کننده ها کارایی خیلی زیادی دارند، می باشد. نمونه برداری در این استاندارد مورد قبول استاندارد بین المللی ISO 2736 : Part1 می باشد. در این استاندارد برای اندازه گیری اسلامپ بتن تحویلی از کامیون روش دیگری ارائه شده که در این حالت از اولین بخش بتن تخلیه شده نیز نمونه اخذ می گردد. این روش که در BS 1881: Part102 بیان شده، زمانی مجاز است که از دیگر روشهای موجود میزان اسلامپ قابل تعیین نباشد. در این بخش از این استاندارد در مورد تعداد نمونه های مورد نیاز برای انجام آزمایش دستورالعملی داده نشده است. ممکن است که در این زمینه، اطلاعاتی در دیگر استانداردها مانند BS 5328 بیان شده باشد. با قبول این استاندارد انگلیسی بی نیاز از رعایت الزامات قانونی نمی باشیم.

۱- هدف:

این بخش از این استاندارد روشهای تهیه نمونه های معرف از یک بچ بتن تازه در کارگاه را جهت انجام آزمایشات و ساخت نمونه های آزمایش بر اساس دیگر بخشهای این استاندارد شرح می دهد، ضمناً شامل دستورالعملی برای محاسبه خطاهای نمونه برداری با استفاده از نتایج آزمایش مقاومت فشاری نمونه های مکعبی می باشد. روشهای بیان شده برای بتن هایی که کار می روند که حداکثر اندازه اسمی سنگدانه های آن بیشتر از ۴۰ میلیمتر نباشد و نیز برای بتن هایی با کارایی خیلی کم، کم، متوسط و زیاد تا اسلامپ ۱۵۰ میلیمتر به کار برده می شود. (برای نمونه برداری و اختلاط در آزمایشگاه به BS1881:Part1:1970 رجوع شود).

۲- تعاریف:

مفاهیم اصطلاحات این بخش از استاندارد BS در استاندارد BS 5328 و بندهای ذیل توضیح داده شده است:
۱-۲- بچ: مقدار بتن تولید شده توسط مخلوط کن در یک مرحله، یا مقدار بتن حمل شده توسط یک کامیون و یا مقدار بتن تولید شده در مدت یک دقیقه توسط یک بتن ساز پیوسته.

۲-۲- نمونه: تعدادی پیمانانه استاندارد از یک بچ بتن می باشد که به منظور تعیین خواص آن اخذ می شود.

۲-۳- پیمانانه استاندارد: مقداری از بتن که با یک بار به کاربردن پیمانانه (سرطاس) برداشته می شود و برای بتن معمولی، مقدار آن تقریباً برابر با ۵ کیلوگرم می باشد.

۲-۴- خطای نمونه برداری: خطایی تصادفی که ناشی از نواقص و کمبودهای اجتناب ناپذیر در یک فرایند نمونه برداری می باشد.
تذکر: خطای قابل قبول برای نمونه برداری خطایی است که به افت قابل توجه در صحت و دقت آزمایش منجر نشود.

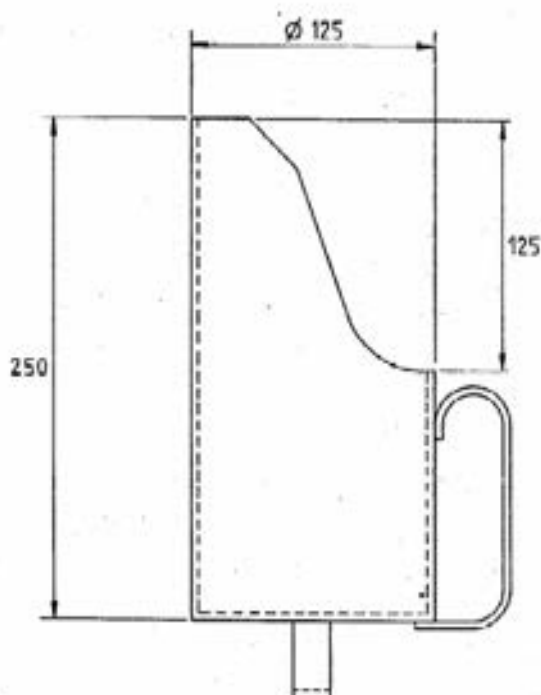
۳- لوازم:

۳-۱- پیمانانه (سرطاس): که باید از فلزی مقاوم در برابر پوسیدگی و با ضخامت حداقل ۰/۸ میلیمتر ساخته شده باشد. و برای برداشتن مقادیر استاندارد از بتن مناسب باشد.
تذکر: یک سرطاس مناسب در شکل ۱ نشان داده شده است.

۳-۲- ظرفی برای جمع آوری نمونه‌های گرفته شده با سرطاس که از جنس پلاستیک یا آهن بوده و ظرفیت آن حداقل ۹ لیتر باشد.

۳-۳- سینی نمونه برداری: دارای حداقل ابعاد ۹۰۰×۹۰۰ میلیمتر و با عمق ۵۰ میلیمتر که از یک ماده غیرجاذب، صلب و مقاوم در برابر واکنش با خمیر سیمان ساخته شده است. (برای استفاده از آن در محاسبه خطای نمونه برداری بند ۶ را ببینید).
تذکر: برای بتن‌های دارای کارایی زیاد و نیز نمونه‌های تیری شکل ممکن است استفاده از یک سینی بزرگتر لازم باشد.

۳-۴- بیلچه با دهانه مربعی دارای سایز ۲ بر طبق BS 3388 (جهت استفاده در محاسبه خطای نمونه برداری، بند ۶ را ببینید).



شکل ۱- سرطاس (تمامی ابعاد به میلیمتر هستند)

۴- دستورالعمل نمونه برداری:

۴-۱- روش نمونه برداری: تعداد پیمانه های مورد نیاز برای انجام آزمایشات را با مراجعه به جدول یک انتخاب کرده و بچ مورد نظر را به این تعداد تقسیم کنید طوری که بخشها تقریباً با هم مساوی باشند. هنگام نمونه برداری از یک مخلوط کن یا کامیون حمل کننده بتن آماده از اولین و آخرین قسمت تخلیه صرف نظر کنید. اگر بخواهیم از بتن تخلیه شده نمونه برداری کنیم این بخشها بایستی تا حد ممکن به طور یکنواخت در تمام سطح و عمق بتن تخلیه شده توزیع گردد. تذکر: هنگام نمونه برداری از یک کامیون حمل کننده بتن آماده، تقسیم بندی می تواند بر اساس تعداد معینی از دوره های تخلیه صورت گیرد. یک روش دیگر در مورد نمونه برداری برای انجام آزمایش اسلامپ در BS1881: Part 102 آمده است.

۴-۲- اخذ نمونه: مطمئن شوید که لوازم و تجهیزات آزمایش تمیز هستند و سپس از وسط هر یک از بخشهای بچ یک پیمانه استاندارد برداشته و در ظرف یا ظروف آزمایش بریزید. هنگام نمونه برداری از یک بتن در حال

شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

جریان پیمانانه را هر بار از مقابل مقطع کامل جریان عبور دهید. ظرف یا ظروف را به جایی که نمونه برای آزمایش و یا پر کردن قالبها آماده می شود انتقال دهید.

تذکر: هنگامی که نمونه ها از بتنی با کارایی خیلی زیاد (مانند بتن های فوق روان) تهیه می شوند ممکن است که اصلاحاتی لازم باشد. برای اینکه بتوان نمونه ای با وزن تقریبی ۵ کیلوگرم را بدون هیچگونه ریزشی جمع آوری کرد، ممکن است که به یک پیمانانه بزرگتر از اندازه استاندارد نیاز داشته باشیم و یا اینکه می توان از تعداد بیشتری پیمانانه استاندارد برای فراهم نمودن جرم مورد نیاز برای آزمایش استفاده کرد.

هشدار: وقتی که سیمان و آب با یکدیگر مخلوط می شوند یک ترکیب قلیائی به وجود می آید. به همین خاطر اقدامات احتیاطی را برای اجتناب از ورود سیمان خشک به چشم، دهان و بینی هنگام انجام عمل اختلاط انجام دهید و با پوشیدن پوششها و لباسهای مناسب و محافظ از تماس سیمان یا بتن مرطوب با سطح پوست جلوگیری نمایید. در صورتیکه بتن یا سیمان وارد چشم شدند بلافاصله کاملاً آن را با آب تمیز شسته و بدون هیچ گونه تاخیری در خصوص معالجه آن اقدامات لازم را انجام دهید. بتن مرطوب را بلافاصله از روی پوست بشوئید.

۳-۴- محافظت نمونه ها: نمونه های بتن تازه می بایست که در تمام مراحل نمونه برداری، نقل و انتقال در مقابل به دست آوردن یا از دست دادن آب و همینطور دماهای بیش از اندازه محافظت شوند.

تعداد پیمانانه های استاندارد	آزمایش یا نمونه
۴	اسلامپ
۶	ضریب تراکم
۴	زمان وب
۴	شاخص جریان
۴	میزان هوا
۶	دانسیته
۴	نمونه مکعبی ۱۰۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه مکعبی)
۴	نمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه مکعبی)
۶	نمونه تیری شکل ۱۰۰×۱۰۰×۵۰۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه تیری شکل)
۱۸	نمونه تیری شکل ۱۵۰×۱۵۰×۷۵۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه تیری شکل)
۶	نمونه استوانه ای ۱۵۰×۳۰۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه استوانه ای)
۴	نمونه استوانه ای ۱۰۰×۲۰۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه استوانه ای)
۴	نمونه منشوری ۷۵×۷۵×۳۰۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه منشوری)
۴	نمونه استوانه ای ۱۵۰×۱۵۰ میلیمتری (برای هر جفت نمونه استوانه ای)

تذکر: برای انجام آزمایشات بر روی بتن های با کارایی خیلی زیاد مثل بتن های فوق روان بخش ۴-۲ را ببینید.

شناسه نمونه برداری:

نمونه بردار باید برای هر نمونه یک شناسه در نظر بگیرد که در آن ضمن اشاره به نمونه برداری بر اساس این استاندارد انگلیسی، موارد ذیل نیز قید گردد:

الف) تاریخ و زمان نمونه برداری

ب) نام پروژه

ج) محل بتن ریزی

د) محل نمونه برداری (به عنوان مثال از محل تخلیه کامیون یا از بتن تخلیه شده)

ه) شماره قبض تحویلی یا دیگر وسائل شناسائی بچ

و) شماره شناسایی نمونه

ز) درجه حرارت محیط و وضعیت هوا

ح) نام نمونه بردار

ط) امضاء شخص مسئول نمونه برداری

۶- محاسبه خطای نمونه برداری:

۶-۱- کلیات: تعیین خطای نمونه برداری به منظور کنترل یا تشخیص مناسب بودن روش نمونه برداری در شرایط محیطی یا مصالح غیر معمول می باشد. در یک نمونه برداری صحیح، خطای نمونه برداری بر اساس تفاوت در نتایج مقاومت فشاری نمونه های استاندارد با شاهد و مقایسه با خطای مجاز این آزمایش ارزیابی می گردد.

۶-۲- دستورالعمل:

۶-۲-۱- کلیات: از هر یک از ۲۰ بچ بتن با رده یا طرح اختلاط یکسان یک نمونه استاندارد و یک نمونه شاهد با توجه به بند ۴ اخذ می گردد. به ازاء هر پیمانانه برای نمونه استاندارد می بایست سریعاً یک پیمانانه نیز برای نمونه شاهد اخذ گردد و دو نمونه در ظروف مجزا جمع آوری شوند.

هر دو نمونه استاندارد و شاهد بر طبق بند ۶-۲-۲ آماده می شوند و از هر نمونه یک جفت نمونه مکعبی ۱۵۰ میلیمتری بر طبق BS1881: Part108 درست می شود و سپس مقاومت فشاری ۲۸ روزه آنها بر اساس BS1881: Part116 تعیین می گردد.

۶-۲-۲- آماده کردن نمونه برای آزمایش: نمونه را از ظرف یا ظروف بر روی سینی نمونه برداری خالی کرده و مطمئن شوید که بیش از یک لایه نازک از دوغاب در داخل آنها چیزی باقی نمانده باشد. سپس آنها کاملاً مخلوط کرده و به شکل مخروطی بر روی سینی نمونه برداری در آورید و سپس به کمک بیلچه آنها برگردانده و

به شکل مخروط جدیدی در آورید. این فرایند را ۳ بار انجام دهید. هنگام ساختن مخروطها، بیلچه های پر شده از مصالح را روی سر مخروط خالی کنید، طوری که بخشهایی که از کناره ها به پایین می لغزند تا حد ممکن به طور یکنواخت پخش شوند. و در مصالح مرکز مخروط جابه جایی ایجاد نشود. سومین مخروط را با حرکات عمودی و مکرر بیلچه از میان راس مخروط مسطح نمایید و بعد از هر بار فرو کردن بیلچه در بتن آنرا عاری از بتن بیرون آورید.

تذکر: هنگام نمونه برداری از بتن هایی که کارایی خیلی زیادی دارند، ممکن است که اصلاحات ذیل در فرایند اختلاط لازم باشد:
الف) سینی نمونه برداری: برای اینکه در حین عمل اختلاط بتن از سینی بیرون نریزد ممکن است مجبور شویم لبه های عمودی کناره های سینی را بزرگتر در نظر گیریم.

ب) مخلوط کردن نمونه: روش مخروط سازی برای بتن هایی که کارایی خیلی زیادی دارند مناسب نمی باشد و روشهای دیگری در این رابطه توصیه می گردد. برای این منظور بتن را در سینی ریخته و از بیلچه برای برگرداندن بتن از کناره ها به سمت مرکز استفاده کنید. این کار را یک بار به تدریج و از همه اطراف سینی نمونه برداری انجام دهید.

۳-۶- محاسبه و گزارش خطای نمونه برداری: برای هر جفت از نتایج مقاومتهای فشاری به دست آمده از ۲۰ نمونه استاندارد، میانگین (M_s) و تفاوتها (D_s) را حساب نمایید و به طور مشابه برای هر جفت از نتایج مقاومتهای فشاری به دست آمده از ۲۰ نمونه شاهد، میانگین (M_d) و تفاوتها (D_d) را محاسبه نمایید. همچنین میانگین با دقت $\frac{N}{mm^2}$ ۰/۲۵ ثابت گردد.

مقادیر ذیل را محاسبه نمایید:

$$V_t = \frac{\sum D_s^2 + \sum D_d^2}{80} \quad \text{واریانس آزمایش } (V_t)$$

$$V_{ts} = \frac{\sum (M_s - M_d)^2}{40} \quad \text{واریانس نمونه برداری و آزمایش } (V_{ts})$$

$$M = \frac{\sum M_s + \sum M_d}{40} \quad \text{مقاومت میانگین } (M)$$

$$\frac{100\sqrt{(V_{ts} - 0.5V_t)}}{M} \quad \text{خطای نمونه برداری (بر حسب درصد)}$$

$$\frac{100\sqrt{V_i}}{M}$$

خطای آزمایش (بر حسب درصد)

خطای نمونه برداری و آزمایش را با دقت ۰/۱ درصد گزارش نمایید.

۴-۶- ارزیابی: اگر خطای نمونه برداری بیش از ۳ درصد باشد در آن صورت روش نمونه برداری باید ارزیابی شود. اگر خطای آزمایش بیش از ۳ درصد باشد در آن صورت روش آزمایش می بایست ارزیابی شود و اگر هر دو کمتر از ۳ درصد باشند فرایند نمونه برداری را می توان رضایتبخش فرض کرد.

تذکر: واریانس آزمایش که در بخش ۳-۶ تعریف شده است مطابق با فرمول ذیل با انحراف معیار تکرار پذیری بیان شده در بند ۳-۷ از استاندارد BS1881: Part116: 1983 رابطه دارد.

$$S_r = \sqrt{V_i}$$

« روش اندازه گیری اسلامپ »

BS 1881: part 102

مقدمه:

این قسمت از این استاندارد انگلیسی که تحت نظارت کمیته استانداردهای سیمان، گچ، مصالح سنگی و سایر تولیدات معادن آماده شده تجدید نظر بند ۲ از BS1881:part2:1970 می باشد که اصلاحاتی جزئی در مورد روش اندازه گیری اسلامپ در آن صورت پذیرفته، خصوصاً تعداد لایه های آزمایش، که از ۴ به ۳ کاهش یافته است. آزمایش بر طبق این بخش از این استاندارد با ISO4109 مطابقت دارد و بخشهای ۱۰۳، ۱۰۴، ۱۰۶ و ۱۰۷ این بخش از BS 1881 جایگزین BS1881:part2:1970 شده است.

برای نمونه برداری به BS1881:part101 مراجعه شود. در صورتیکه با روشهای قید شده در قسمتهای دیگر این استاندارد میزان اسلامپ بتن یک کامیون قابل اندازه گیری نباشد، بایستی از روش نمونه برداری جایگزین استفاده گردد.

در BS1881 چهار روش برای اندازه گیری کارایی بتن بیان شده که عبارتند از: اسلامپ، ضریب تراکم، زمان وب و جریان که به شرح جدول ذیل برای مخلوطهای بتن با کاراییهای مختلف مناسب می باشند.

کارایی	روش
خیلی کم	زمان وب
کم	زمان وب، ضریب تراکم
متوسط	ضریب تراکم، اسلامپ
زیاد	جریان، اسلامپ، ضریب تراکم
خیلی زیاد	جریان

روابط خاصی بین مقادیر به دست آمده توسط ۴ آزمایش وجود ندارد. این روابط به فاکتورهای نظیر شکل سنگدانه، مقدار ماسه و درصد حبابهای ریز هوا که جهت افزایش مقاومت در برابر یخ زدگی به بتن اضافه میشوند، بستگی دارد. این آزمایش برای بتنهایی که اسلامی کمتر از ۵ میلیمتر و یا بیش از ۱۷۵ میلیمتر دارند مناسب نمی باشد.

۱-هدف:

این قسمت از این استاندارد انگلیسی روشی برای اندازه گیری اسلامپ بتن خمیری با کارایی متوسط تا زیاد را شرح می دهد. این روش برای بتن های همراه با حباب هوا و بدون حباب هوا که با مصالح سبک، معمولی یا سنگین ساخته می شوند و دارای حداکثر اندازه اسمی ۴۰ میلیمتر یا کمتر می باشند به کار می رود ولی برای بتن های متخلخل و بدون ریزدانه (زبر) کاربردی ندارد.

۲-تعاریف:

مفاهیم اصطلاحات این بخش از استاندارد در BS 5328, BS 1881:part 101 و BS 5497: part1 توضیح داده شده است.

۳-لوازم:

۱-۳- قالب: قالب ساخته شده از فولاد (فولاد گالوانیزه مناسب است) مقاوم در برابر خمیر سیمان و دارای ضخامت حداقل ۱/۵ میلیمتر، سطح داخلی قالب بایستی صاف، صیقلی و بدون برآمدگی هایی نظیر برآمدگی ناشی از پرچ شدن و فرورفتگی باشد. قالب می بایست به شکل یک مخروط توخالی ناقص (قسمتی از یک مخروط کامل) و دارای اندازه های داخلی ذیل باشد:

قطر پایین: 200 ± 2 میلیمتر

قطر بالا: 100 ± 2 میلیمتر

ارتفاع: 300 ± 2 میلیمتر

بالا و پایین قالب می بایست باز و موازی یکدیگر و عمود بر محور مخروط باشند. دو دستگیره در $\frac{2}{3}$ ارتفاع آن تعبیه شده باشد و نیز دارای دو عدد جا پایی که بتوان آنرا ثابت نگاه داشت. به عنوان یک راه حل دیگر استفاده از قالبی که بتوان آنرا به کمک گیره ها محکم به صفحه زیرین بست نیز قابل قبول می باشد، به شرطی که گیره ها بدون اینکه موجب حرکت قالب گردند از آن جدا شوند.

۲-۳- پیماننه: با عرض تقریبی ۱۰۰ میلیمتر

۳-۳- سینی نمونه گیری: با حداقل ابعاد 900×900 میلیمتر و با عمق ۵۰ میلیمتر، که از یک ماده صلب، غیر جاذب و مقاوم در برابر واکنش با خمیر سیمان و از فلزی غیر قابل خوردگی و با ضخامت ۱/۶ میلیمتر ساخته شده باشد.

۴-۳- بیلچه با دهانه مربعی دارای سایز ۲ بر طبق BS 3388.

۳-۵- میله ضربه زن، میله ای راست، با سطح مقطع دایره و از جنس آهن یا فولاد می باشد که دارای قطر 16 ± 1 و طول 600 ± 5 میلیمتر بوده و هر دو طرف آن بایستی به صورت نیمکره باشد.

۳-۶- خط کش، که از ۰ تا ۳۰۰ میلیمتر با دقت ۵ میلیمتر درجه بندی شده و نقطه صفر در یکی از دو انتهای خط کش می باشد.

۳-۷- قیف (اختیاری):

قیفی که از یک ماده غیر جاذب و مقاوم در برابر خمیر سیمان ساخته شده و شامل دو مخروط ناقص هم محور می باشد که قطر مشترکی به اندازه ۱۰۰ میلیمتر را دارا می باشند و در دو انتها قطر بیشتری دارند. یکی از مخروطهای ناقص مثل یک قیف پرکننده عمل می کند و دیگری مانند بستی عمل می کند تا قیف بر روی سطح بیرونی قالب اسلامپ مستقر شود.

۴- نمونه برداری:

۴-۱- روش معمول: نمونه ای از بتن تازه را به وسیله دستورات عملهای داده شده در BS 1881: part 101 یا BS 1881: part 125 تهیه کرده و تا جایی که امکان دارد بلافاصله بعد از نمونه برداری اسلامپ اندازه گیری شود.

۴-۲- روش جایگزین: برای بتن موجود در یک کامیون مخلوط کن بتن، ممکن است اسلامپ با استفاده از نمونه ای که از نخستین تخلیه بتن گرفته می شود اندازه گیری شود. برای انجام این کار، پس از اینکه حدود ۰/۳ متر مکعب از بتن تخلیه شد نمونه ای به اندازه شش پیمانانه استاندارد از جریان متحرک بتن اخذ نموده و در سطل یا ظرف مناسب دیگری بریزید. نمونه را دوباره روی یک سطح غیر جاذب مخلوط کرده و آنرا به دو بخش تقسیم و آزمایش اسلامپ را بر روی هر قسمت انجام دهید.

۵- آماده کردن نمونه برای آزمایش:

نمونه را از داخل ظروف بر روی سینی نمونه گیری خالی کرده و مطمئن شوید که بیش از یک پوشش نازک از دوغاب، چیزی در داخل ظرف باقی نمانده باشد. با بیلچه کل نمونه را مخلوط کرده و آنرا به شکل یک مخروط بر روی سینی نمونه گیری در آورده و سپس توسط بیلچه آنرا برگردانده و به شکل یک مخروط جدید در آورید. این کار را سه بار انجام دهید. هنگام ساختن مخروطها بیلچه های پر شده از مصالح را روی رأس مخروط خالی کنید، لذا بخشهایی که از کناره ها به پایین می لغزند تا حد ممکن به طور یکنواخت پخش خواهند شد و در

مصالح مرکز مخروط جا به جایی به وجود نخواهد آمد. مخروط سوم را با حرکات عمودی و مکرر بیلچه از میان راس مخروط مسطح نمایید و بعد از هر بار فرو بردن بیلچه در بتن آنرا عاری از بتن بیرون آورید. هشدار: هنگامی که سیمان با آب مخلوط می شود یک ترکیب قلیایی پدید می آید، احتیاط لازم را برای اجتناب از ورود سیمان خشک به چشمها، دهان و بینی به هنگام مخلوط کردن بتن انجام دهید و با استفاده از پوشش های محافظتی مناسب مانع از تماس پوست با سیمان مرطوب و یا بتن شوید. اگر سیمان یا بتن وارد چشم شد، فوراً با استفاده از آب تمیز سراسر چشم را شسته و پیگیریهای لازم را در خصوص معالجه آن انجام دهید. بتن مرطوب را سریعاً از روی پوست بشویید.

۶- روش انجام آزمایش:

از تمیز و مرطوب بودن سطح داخلی قالب اطمینان حاصل کرده و توجه داشته باشید که رطوبت زیادی نیز قبل از انجام آزمایش وجود نداشته باشد. قالب را روی یک سطح صاف، افقی، صلب، غیر جاذب و دور از لرزش و ضربه قرار دهید و در خلال پر کردن آن، قالب را به همراه قیف (اگر به کار برده شده) محکم بر روی سطح زیرین نگاه دارید. وقتی تقریباً یک سوم ارتفاع قالب پر شد، ضربات زده می شوند. به هر لایه توسط میله ضربه زن، ۲۵ ضربه وارد کنید این ضربات به طور یکنواخت در سرتاسر مقطع لایه زده می شوند. ضربات را تا انتهای عمق لایه وارد کنید و مطمئن شوید که میله ضربه زن هنگام کوبیدن اولین لایه، محکم به سطح زیرین ضربه وارد نکند و هنگام کوبیدن لایه های دوم و سوم فقط از میان همان لایه ها عبور کرده و کمی نیز در لایه زیرین فرو رود. قبل از کوبیدن لایه سوم بتن را بالای قالب به صورت کپه ای در آورده و در صورت لزوم در حین متراکم کردن، عمل اضافه نمودن بتن را برای داشتن یک مقدار اضافی از آن در بالای قالب، انجام دهید. بعد از اینکه آخرین لایه متراکم شد قیف را در صورتی که به کار برده شده از آن جدا کرده و بتن اضافی را با یک تیغه فلزی و غلتاندن میله تراکم بر روی آن با سطح بالایی قالب تراز نمایید و با بی حرکت نگاه داشتن قالب تمامی بتنهایی را که ممکن است بر روی سطح زیرین افتاده باشند و یا اینکه از لبه پایین قالب تراوش کرده باشند را تمیز نمایید.

قالب را به صورت عمودی و با دقت و آهستگی در طی مدت ۵ تا ۱۰ ثانیه به نحوی که حداقل حرکت جانبی و پیچشی به بتن وارد شود بالا آورده و از بتن خارج نمایید. کل زمان طی شده از موقع پر کردن قالب تا زمان بالا کشیدن آن نباید بیش از ۱۵۰ ثانیه به طول انجامد.

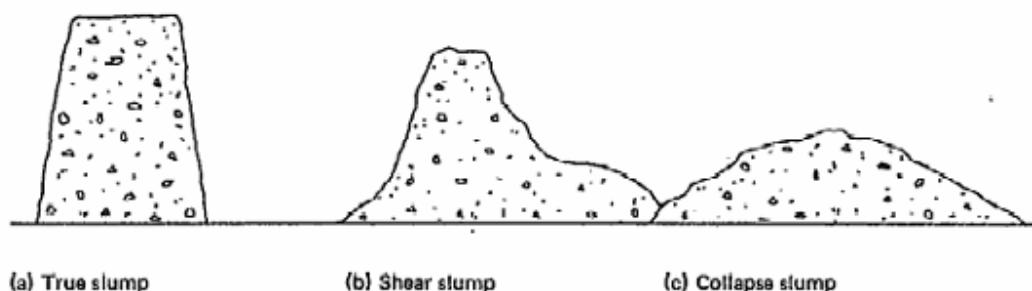
بلافاصله بعد از اینکه قالب بیرون کشیده شد، اختلاف ارتفاع بین قالب و بلندترین نقطه نمونه آزمایش شده را با دقت ۵ میلیمتر اندازه گیری نمایید.

تذکر ۱- بعضی نشانه های مربوط به چسبندگی و کارایی مخلوط بتن می توانند بعد از اتمام اندازه گیری اسلامپ به دست آیند، به این صورت که با میله ضربه زن به آهستگی به کنار بتن ضربه زده می شود، در صورتی که مخروط ایجاد شده به آرامی نشست نماید بتن مناسب تشخیص داده می شود و اگر به صورت قسمتهای مجزا فرو ریزد دارای طرح اختلاط مناسبی نمی باشد.

تذکر ۲- کارایی یک مخلوط بتن در طی هیدراتاسیون و شاید از دست دادن رطوبت، با گذشت زمان تغییر می کند. بنابراین اگر نتایج فقط برای مقایسه با یکدیگر به کار می روند آزمایشهای انجام شده بر روی نمونه های مختلف، بایستی در خلال یک فاصله زمانی ثابت بعد از اختلاط انجام شوند.

۷-ارائه نتایج:

۷-۱- کلیات: این آزمایش زمانی معتبر است که حاصل آن اسلامی صحیح باشد یعنی اسلامی که دارای شکل حفظ شده (حالت مخروطی) و متقارن، مطابق با شکل (a) باشد. اگر نمونه همانند شکل (b) برشی و یا شکل (c) ریزشی باشد، نمونه دیگری برداشته و آزمایش را تکرار نمایید. و اسلامپ صحیح را با دقت ۵ میلیمتر یادداشت نمایید.



۷-۲- دقت: دقت داده ها برای اسلامپ نمونه های یکسان در حالتی که هر نتیجه از انجام یک بار آزمایش حاصل شده باشد در جدول شماره ۱ بیان شده و دقت داده ها برای هر نتیجه ای که از میانگین نتایج دو آزمایش به دست آمده باشد، در جدول شماره ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- دقت داده ها برای اندازه های اسلامپ (بر اساس یک اندازه گیری)

دامنه تغییرات (میلیمتر)	شرایط تکرار پذیری		شرایط تجدید پذیری	
	S_r	r	S_R	R
۵۰ تا ۸۰	۵/۸ میلیمتر	۱۶ میلیمتر	۹ میلیمتر	۲۵ میلیمتر

جدول ۲- دقت داده ها برای اندازه های اسلامپ (بر اساس دو اندازه گیری)

دامنه تغییرات (میلیمتر)	شرایط تکرار پذیری		شرایط تجدید پذیری	
	S_r	r	S_R	R
۵۰ تا ۸۰	۴/۱ میلیمتر	۱۱ میلیمتر	۸ میلیمتر	۲۲ میلیمتر

شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تذکره ۱- دقت داده ها به عنوان بخشی از یک پژوهش که در سال ۱۹۸۷ انجام شد، تعیین گشت و برای چندین آزمایش توصیف شده در BS1881 به دست آمد. ۱۶ آزمایش کننده این پژوهش را انجام دادند. بتن مورد استفاده از یک سیمان پرتلند معمولی و ماسه Thames valley و مصالح سنگی درشت دانه ۱۰ و ۲۰ میلیمتری Thames valley، ساخته شد.

تذکره ۲- اختلاف بین نتایج دو آزمایش بر روی یک نمونه یکسان که توسط یک آزمایش کننده همراه با وسایل یکسان و در طی کوتاهترین فاصله زمانی ممکن انجام شده باشد، نباید بیشتر از یکبار در ۲۰ آزمایشی که به صورت صحیح انجام می شود از مقدار پارامتر I (تکرار پذیری) تجاوز کند.

تذکره ۳- اختلاف بین نتایج دو آزمایش بر روی یک نمونه یکسان که توسط دو آزمایش کننده که هر کدام وسایل مربوط به خودشان را به کار می برند و در طی کوتاهترین فاصله زمانی ممکن انجام شده باشد، نباید بیشتر از یک بار در ۲۰ آزمایشی که به صورت صحیح انجام می شود از پارامتر R (تجدیدپذیری) تجاوز کند.

تذکره ۴- به منظور اطلاعات بیشتر در خصوص دقت و تعریف پارامترهای به کار رفته در خصوص دقت داده ها به استاندارد BS5497:Part1 مراجعه شود.

۸- گزارش:

۸-۱- کلیات: در گزارش باید بیان شود که آزمایش بر طبق این بخش از این استاندارد انجام شده است. ضمناً در گزارش باید قید شود که درخواست نمونه گیری موجود می باشد یا خیر و در صورت وجود، تصویر آن ضمیمه گردد.

۸-۲- اطلاعات ارائه شده در گزارش آزمایش:

۸-۲-۱- اطلاعات الزامی: اطلاعات ذیل می بایست در گزارش آزمایش گنجانده شوند:

الف) تاریخ، مدت زمان انجام آزمایش، مکان و روش نمونه برداری (معمول یا جایگزین) و شماره شناسایی نمونه

ب) زمان و مکان آزمایش

ج) فاصله زمانی از نمونه گیری تا آغاز آزمایش

د) شکل اسلامپ، صحیح، ریزشی، برشی

ه) اندازه اسلامپ صحیح

و) نام شخصی که آزمایش را انجام داده است.

۸-۲-۲- اطلاعات اختیاری: در صورتیکه اطلاعات ذیل درخواست شده باشد، بایستی در گزارش آورده شود:

الف) نام پروژه و محل استفاده از بتن

ب) نام تولید کننده و منبع بتن

ج) تاریخ و زمان تولید بتن یا تحویل آن به کارگاه

د) مشخصات مخلوط بتن (به عنوان مثال رده بتن)

« روش تهیه نمونه‌های مکعبی از بتن تازه »

BS-1881 : Part 108

مقدمه:

این بخش از این استاندارد انگلیسی که تحت نظر کمیته استانداردهای سیمان، گچ، مصالح سنگی و سایر تولیدات معادن آماده شده است، تجدید نظر بندهای ۱-۲، ۲-۲، ۳-۲، ۴-۲، ۷-۲ و ۸-۲ استاندارد BS-1881: Part 3: 1970 می‌باشد. به علاوه بخشهای ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۱۳ و این بخش از استاندارد BS-1881 جایگزین استاندارد حذف شده BS-1881: Part 3: 1970 می‌باشد. ابعاد و تلورانس‌های مشخص شده در این بخش از این استاندارد مطابق با استاندارد ISO 1920 می‌باشد.

۱- هدف:

این بخش از این استاندارد انگلیسی روش تهیه نمونه‌های مکعبی با اندازه‌های اسمی ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر از بتن تازه را توضیح می‌دهد. این روش برای بتن‌های معمولی و هوادار که با مصالح سنگی سبک، معمولی و سنگین وزن با حداکثر اندازه اسمی کمتر از ۲۰ میلی‌متر برای نمونه‌های مکعبی ۱۰۰ میلی‌متری و کمتر از ۴۰ میلی‌متر برای نمونه‌های مکعبی ۱۵۰ میلی‌متری ساخته شده‌اند، کاربرد دارد. این روش برای بتن‌های تهیه شده با مواد حباب زاء، بتن‌های خیلی سفت که فقط با عمل لرزاندن نتوان آنرا متراکم نمود و برای بتن‌های زبر کاربرد ندارد.

۲- تعاریف:

مفاهیم اصطلاحات این بخش از این استاندارد BS در استانداردهای BS-5328 و BS-1881: Part 101 تعریف شده‌اند.

۳- لوازم:

۳-۱- قالب:

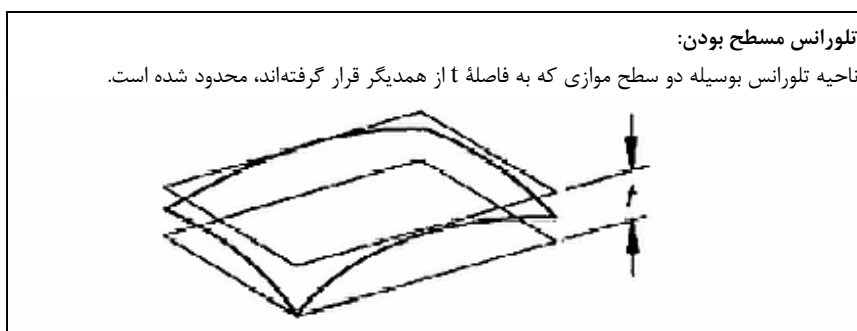
۳-۱-۱- ترکیب و نحوه اتصال قطعات: وجوه قالب باید از فلزی ساخته شده باشد که سختی آن براساس BS-240: Part 1 حداقل Brinell ۱۷۵ باشد. صفحه زیرین قالب باید قابل جدا شدن باشد. تمام قسمتهای قالب باید به اندازه کافی محکم باشند تا قالب اعوجاج پیدا نکند. قبل از به هم بستن قطعات جهت استفاده از قالب، محل‌های اتصال بین وجوه قالب و همچنین محل‌های اتصال بین وجوه با صفحه زیرین بایستی با لایه نازکی از روغن یا گریس پوشانیده شود تا از هدر رفتن آب بتن جلوگیری گردد. وجوه قالب هنگام بستن بایستی بطور صحیح در محل خود قرار گرفته و کل مجموعه بصورت محکم با یکدیگر اتصال داشته باشند

به نحوی که هیچگونه تراوش و نشستی از آن صورت نگیرد. سطوح داخلی قالب بسته شده باید با لایه‌ای نازک از ماده‌ای جداساز پوشانیده شود تا از چسبیدن بتن به آن جلوگیری کند. وجوه قالب باید قبل از استفاده بطور واضح و آشکار با یک شماره مرجع علامت‌گذاری شده باشند تا بتوان قطعات هر قالب را بطور صحیح بهم وصل کرد و در صورت نیاز جهت شناسایی قالبها، آنها نیز علامت‌گذاری شوند.

۳-۱-۲- تلورانس‌های اختلافات ابعاد برای قالبهای نو و مستعمل: مشخصه‌های یک قالب نو یا مستعمل بایستی در حدود داده شده ذیل قرار گیرند:

a- ابعاد: در حالتی که قالب بسته شده است، ارتفاع داخلی قالب و فاصله بین سطوح داخلی (دیواره‌های مقابل هم) که هر کدام براساس میانگین چهار بار اندازه‌گیری متقارن تعیین می‌شود، بایستی 100 ± 0.15 میلی‌متر یا 150 ± 0.15 میلی‌متر باشد.

b- مسطح بودن: به استثناء تو رفتگی‌هایی که ممکن است در اثر آزمایش سختی بوجود آمده باشند، تلورانس مسطح بودن برای سطوح داخلی یک قالب بسته شده که بصورت اختلاف ارتفاع بین نقاط در نظر گرفته می‌شود (BS-308:Part3) برابر 0.03 میلی‌متر برای قالبهای 100 میلی‌متری و 0.045 میلی‌متر برای قالبهای 150 میلی‌متری می‌باشد. تلورانس مسطح بودن برای سطوح کلیه لبه‌های وجوه قالب و نیز سطح بالائی صفحه زیرین 0.06 میلی‌متر می‌باشد.

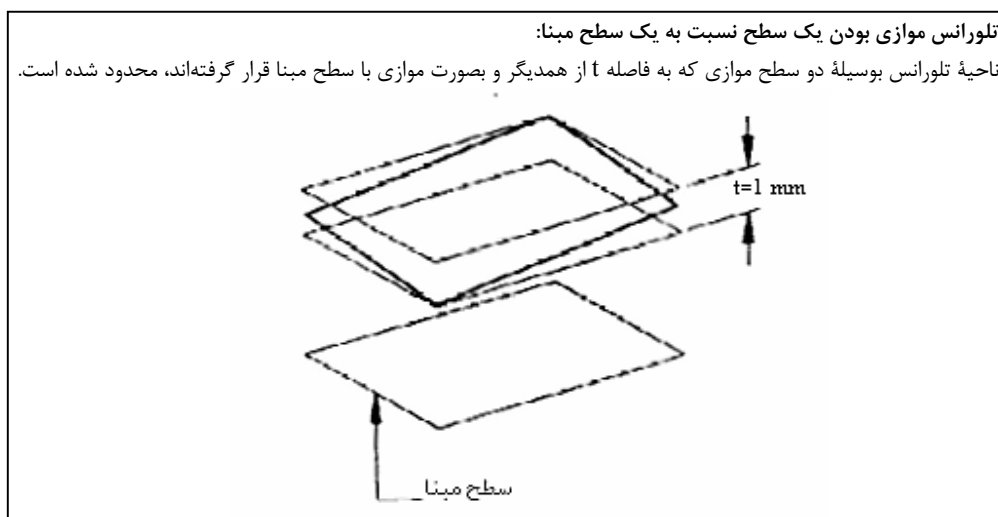


تذکر ۱- به عنوان یک راهنمایی برای سازندگان، مقدار تلورانس برای هر سطح داخلی یک قالب بسته شده قبل از ماشین کاری باید 0.03 میلی‌متر باشد و بعد از رسیدن به این تلورانس مجاز خواهند بود هرگونه ماشین کاری را روی آن انجام دهند.

تذکر ۲- تلورانس مسطح بودن را می‌توان توسط یک خط کش منطبق با مشخصات استاندارد BS-5204:Part2 و فیلر گیج منطبق با مشخصات استاندارد BS-957 کنترل نمود.

c- مربع بودن: برای یک قالب بسته شده تلورانس مربع بودن (BS-308:Part3) برای هر سطح داخلی نسبت به سطوح مجاور و سطح بالائی صفحه زیرین به عنوان سطح مبنا باید به اندازه 0.05 میلی‌متر باشد.

d- موازی بودن: برای یک قالب بسته شده، تلورانس موازی بودن (Part3: BS-308) در مورد دو سطح مقابل یکدیگر که سطح رویه یکی از آنها به عنوان سطح مبنا فرض می‌شود باید به اندازه ۱ میلیمتر باشد.



۳-۱-۳- تلورانس ابعاد و مسطح بودن قالبهای مستعمل: در صورتی که اختلافات ابعاد یک قالب مستعمل بیش از دو برابر اختلافات ابعاد ذکر شده در بخش ۳-۱-۲ برای یک قالب نو باشد، آن قالب بایستی تعمیر و یا تعویض گردد.

تذکر- ابعاد و مسطح بودن قالبهای مورد استفاده حداقل سالی یکبار و یا در صورت شک داشتن به ابعاد قالب، بایستی کنترل شوند. مسطح بودن سطح داخلی وجوه قالب و سطح بالایی صفحه زیرین توسط یکی از دو روش زیر قابل کنترل است:

a- با استفاده از یک خط کش منطبق با مشخصات استاندارد BS-5204 (درجه A) و فیلر گیج منطبق با مشخصات استاندارد BS-957.

b- با استفاده از یک دستگاه که دارای دو نقطه مرجع ثابت و یک نقطه مرجع مرکزی قابل جابجایی می‌باشد. هر یک از سه نقطه می‌توانند در تماس با سطح قرار گیرند. نقطه مبنای مرکزی باید به یک گیج اندازه‌گیری کالیبره شده که منطبق بر مشخصات استاندارد BS-907 می‌باشد وصل شود. این گیج فاصله قائم نقطه سوم را از خط واصل دو نقطه مرجع دیگر نشان می‌دهد.

کنترل مسطح بودن باید بطور جداگانه بر روی هر یک از سطوح محل‌های اتصال قطعات و نیز روی سطوح قالب بسته شده در چند جهت و همچنین روی سطح صفحه زیرین قالب صورت گیرد تا اطمینان حاصل شود که مسطح بودن در هر جهت در محدوده تلورانس مورد نیاز می‌باشد.

اگر از دستگاه دارای گیج اندازه‌گیری استفاده می‌شود، فواصل مناسب بین نقاط ثابت مبنا برای قالب‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلیمتری به ترتیب ۸۰ و ۱۲۰ میلیمتر می‌باشد. در چنین حالتی شرط مسطح بودن از ۰/۰۶ میلیمتر برای سطوح داخلی قالب‌های مستعمل به ۰/۰۴ میلیمتر و برای سطوح محل‌های اتصال و سطح بالایی صفحه زیرین این مقدار به ۰/۰۸ میلیمتر کاهش می‌یابد.

۳-۱-۴- صیقلی بودن سطوح داخلی: بافت سطحی هر یک از سطوح داخلی در صورتی که مطابق روش BS-1134 اندازه‌گیری شود، نباید از $3/2 \mu\text{m Ra}$ تجاوز نماید.

تذکر- سطوح داخلی قالبها معمولاً در اثر استفاده صاف و صیقلی می‌شوند. ولی این سطوح سالیانه و یا هرگاه که بنظر رسد زبر و ناصاف شده و یا آسیب دیده‌اند، بایستی کنترل شوند. (مثال‌های دقیق برای بافتهای سطحی متفاوت که در استاندارد Part1: BS-2634 ذکر شده‌اند، تخمین بافت سطحی با لمس کردن را امکان پذیر می‌سازند).

۳-۲- سرطاس: تقریباً به عرض ۱۰۰ میلیمتر.

۳-۳- میله متراکم کننده یا دستگاه لرزاننده: میله متراکم کننده باید از جنس آهن یا فولاد دارای وزن $1/8 \pm 0/1$ کیلوگرم و طول حداقل ۳۸۰ میلیمتر بوده و سطح مقطع قسمتی که با آن ضربه زده می‌شود مربعی به ضلع $25 \pm 0/5$ میلیمتر باشد. همچنین از یک چکش یا میز مرتعش مناسب برای متراکم نمودن بتن مطابق بندهای ۲-۶ و ۳-۶ این استاندارد می‌توان استفاده نمود.

۳-۴- ماله فولادی گچ کاری.

۳-۵- سینی نمونه‌گیری: دارای حداقل ابعاد 900×900 میلیمتر و به عمق ۵۰ میلیمتر که از یک ماده غیر جاذب، صلب و مقاوم در برابر واکنش با خمیر سیمان ساخته شده باشد.

۳-۶- بیل با دهانه مربع شکل: منطبق بر سایز ۲ استاندارد BS-3388.

۴- نمونه‌گیری

نمونه‌گیری باید مطابق دستورالعمل ذکر شده در استاندارد Part 125 یا Part 101: BS-1881 انجام گیرد. پس از نمونه‌گیری، سریعاً تهیه نمونه‌های مکعبی را آغاز کنید.

۵- تهیه نمونه

نمونه را از ظرف به داخل سینی نمونه‌گیری خالی کنید. مطمئن شوید که به غیر از یک پوشش نازک دوغاب چیز دیگری بصورت چسبیده به ظرف در داخل آن باقی نماند. نمونه را در داخل سینی نمونه‌گیری بصورت یک مخروط درآورید و سپس آنرا با بیلچه برگردانید تا بشکل یک مخروط جدید درآید. این عمل سه بار انجام می‌شود تا نمونه کاملاً مخلوط شود. هنگام شکل دادن مخروطها مصالح را با بیلچه روی قلعه مخروط بگذارید بطوریکه بخش‌هایی که به سمت پایین می‌لغزند تا آنجا که ممکن است بصورت مساوی پخش شوند و مرکز مخروط جابجا نشود. پس از ساخته شدن سومین مخروط، با فرو کردن پیاپی بیلچه بصورت قائم به داخل قلعه مخروط آنرا مسطح کنید. ضمناً بیلچه پس از هر بار بالا آمدن باید عاری از بتن باشد.

تذکر - وقتی نمونه‌ها از بتن با کارایی خیلی بالا تهیه می‌شوند (به عنوان مثال بتن فوق روان) تغییرات زیر در روش مخلوط کردن ضروری می‌باشد.

a- سینی نمونه‌گیری: لبه‌های عمودی کناری سینی بایستی بزرگتر باشند تا هنگام مخلوط کردن مانع از ریختن نمونه شوند.

b- مخلوط کردن نمونه: برای بتن‌های با کارایی خیلی بالا عمل مخروطی کردن مناسب نیست و برای مخلوط کردن این گونه بتن‌ها پیشنهاد می‌گردد بتن را روی سینی نمونه‌گیری بریزید و با بیلچه بتن را از کناره‌ها به طرف وسط برگردانید و این عمل را در تمام اطراف سینی نمونه‌گیری یکبار انجام دهید.

هشدار - وقتی سیمان با آب مخلوط می‌شود یک ترکیب قلیایی پدید می‌آید. مواظب باشید هنگام اختلاط بتن، سیمان خشک وارد چشم‌ها، دهان و بینی شما نشود. با پوشیدن لباسهای محافظ مناسب از پوستتان محافظت کنید تا با سیمان مرطوب یا بتن تماس پیدا نکند. اگر سیمان یا بتن وارد چشمتان شد، سریعاً آنرا با آب تمیز بشویید و بدون تأخیر مداوای پزشکی انجام دهید. بتن مرطوب را سریعاً از روی پوست بشویید.

۶- روش کار

۶-۱- پر کردن قالب: قالب را روی یک سطح افقی محکم یا روی میز ویبره قرار دهید و آنرا طوری با بتن پر کنید که قسمت اعظم هوای محبوس در آن تا آنجا که امکان دارد، خارج شود (در صورتی که بتن هوادار باشد، نبایستی مقدار حباب‌های هوای موجود در بتن بطور قابل توجهی کاهش یابد) و بتن را بصورت کامل تا جاییکه نه جدایی دانه‌ها اتفاق بیفتد و نه حباب هوا در سطح بتن ایجاد شود، متراکم کنید. برای این منظور با استفاده از سرطاس بتن را در لایه‌های تقریباً ۵۰ میلیمتری در داخل قالب ریخته و هر لایه را با استفاده از میله تراکم یا لرزاننده مطابق روشی که در بندهای ۶-۲ و ۶-۳ این استاندارد توضیح داده می‌شود، متراکم کنید. پس از متراکم نمودن آخرین لایه، سطح آنرا با استفاده از ماله گچ کاری، همسطح با سطح بالایی قالب صاف کرده و بیرون قالب را تمیز نمائید.

۶-۲- متراکم نمودن با میله تراکم: وقتی که لایه‌ها را با میله تراکم متراکم می‌کنید، ضربات میله را بطور یکنواخت در مقطع عرضی قالب پخش کنید و اطمینان حاصل نمایید که میله تراکم زیاد به لایه قبلی نفوذ نکرده و نیز هنگام تراکم لایه اول بصورت محکم به کف قالب برخورد نکند. تعداد ضربات لازم برای هر لایه جهت حصول تراکم کامل، به کارایی بتن بستگی خواهد داشت ولی در هیچ حالتی نباید کمتر از ۳۵ ضربه در هر لایه برای نمونه‌های مکعبی ۱۵۰ میلیمتری و کمتر از ۲۵ ضربه در هر لایه برای نمونه‌های مکعبی ۱۰۰ میلیمتری باشد (به استثناء زمانی که بتن دارای کارایی خیلی بالایی است). پس از اتمام تراکم تعداد ضربات را ثبت نمایید.

۳-۶- تراکم نمودن توسط دستگاه لرزاننده: وقتی لایه‌ها بوسیله چکش یا میز ویبره تراکم می‌شوند، لرزش مورد نیاز برای تراکم کامل بتن را در حداقل زمان لازم اعمال نمایید. لرزش بیش از اندازه ممکن است سبب جدایی دانه‌ها و ظاهر شدن حباب در سطح بتن و یا در صورتی که بتن هوادار باشد، باعث کاهش هوای بتن شود. زمان لازم برای لرزاندن به کارایی بتن و مؤثر بودن دستگاه لرزاننده بستگی خواهد داشت و به محض اینکه سطح بتن نسبتاً هموار شده و دارای ظاهری براق و لعابی شد عمل لرزاندن بایستی قطع شود. مدت زمان عمل لرزاندن را ثبت کنید.

۷- گزارش

۷-۱- کلیات: در گزارش بایستی اظهار شود که نمونه‌های مکعبی مطابق با این بخش از این استاندارد BS تهیه شده‌اند. در گزارش باید مشخص شده باشد که درخواست نمونه‌گیری موجود می‌باشد یا خیر. در صورت موجود بودن، تصویر آن باید ضمیمه شود.

۷-۲- گزارش آزمایش شامل اطلاعات ذیل خواهد بود:

۷-۲-۱- اطلاعات الزامی: اطلاعات زیر بایستی در گزارش آزمایش آورده شود:

الف- تاریخ، زمان و محل نمونه‌گیری و شماره برگه مشخصات نمونه.

ب- زمان و محل تهیه نمونه‌های مکعبی.

ج- تعداد و اندازه اسمی نمونه‌های مکعبی.

د- روش تراکم (دستی یا با دستگاه لرزاننده) شامل نوع وسایل استفاده شده و تعداد ضربات میلیه تراکم یا مدت زمان عمل لرزش.

ه- شماره شناسایی یا کد نمونه‌های مکعبی.

و- نام شخصی که نمونه‌های مکعبی را تهیه کرده است.

ز- مدرکی که نشان دهد نمونه‌های مکعبی مطابق با این بخش از این استاندارد تهیه شده‌اند.

۷-۲-۲- اطلاعات اختیاری: اطلاعات زیر در صورتی که درخواست شده باشند، بایستی در گزارش آورده شوند:

الف- نام پروژه و محلی که بتن در آنجا بکار رفته است.

ب- نام تهیه کننده بتن و منبع بتن.

ج- تاریخ و زمان تولید بتن یا تحویل آن به محل.

د- مشخصات مخلوط بتنی (بطور مثال رده بتن).

ه- کارایی بتن.

و- درصد هوای بتن (در صورتی که بتن هوادار باشد).

ز- سن یا سنی که نمونه‌های مکعبی باید آزمایش شوند.

« روش عمل آوری معمولی نمونه‌های آزمایش (روش 20°C) »

BS-1881 : Part 111

مقدمه:

این بخش از این استاندارد انگلیسی که تحت نظر کمیته استانداردهای سیمان، گچ، مصالح سنگی و سایر تولیدات معادن آماده شده است، تجدید نظر بندهای ۲-۵، ۲-۶، ۴-۵، ۴-۶، ۵-۶ و ۵-۷ استاندارد BS-1881:Part 3:1970 می‌باشد. به علاوه بخشهای ۱۰۸، ۱۰۹، ۱۱۰، ۱۱۲، ۱۱۳ و این بخش از استاندارد BS-1881 جایگزین استاندارد حذف شده BS-1881:Part 3:1970 می‌باشد.

این بخش از استاندارد روش عمل آوری معمولی نمونه‌های مکعبی، نمونه‌های تیری شکل و استوانه‌ای در دمای 20°C را شرح می‌دهد. روش عمل آوری تسریع شده نمونه‌های مکعبی در استاندارد BS-1881:Part 112 و روش عمل آوری نمونه‌های مکعبی بتن‌های زبر در استاندارد BS-1881:Part 113 آورده شده است. تفاوت بین نمونه‌های عمل آوری شده در آزمایشگاه و نمونه‌های عمل آوری شده در محل که در ویرایش سال ۱۹۷۰ این استاندارد آورده شده بود، حذف شده است.

برای کنترل وضعیت دما در آزمایشگاههایی که در مناطق با آب هوای گرمسیری واقع شده‌اند، دمای متوسط 27°C بصورت بین‌المللی پیشنهاد شده است. هنگامی که آزمایشهای ذکر شده در این استاندارد در یک چنین آب و هوایی انجام می‌شوند، پیشنهاد شده است که دمای متوسط 27°C اختیار شود. که این دما تابع همان تلورانس‌های مشخص شده در این استاندارد برای آب و هوای معتدل می‌باشد.

اگر نمونه‌های بتنی آزمایش تعیین مقاومت فشاری به جای عمل آوری مطابق روش توضیح داده شده در این استاندارد، در اتاق رطوبت عمل آوری شوند، بایستی بتوان نشان داد که نتایج حاصل از این روش با نتایجی که از روش عمل آوری در مخزن بدست می‌آید، یکسان می‌باشند. روش عمل آوری در اتاق رطوبت بایستی بر پایه نگرهداری در یک محیط با رطوبت نسبی بالای ۹۵٪ باشد.

تذکر - رطوبت بالای مورد نیاز در اتاق‌های رطوبت بطور معمول با اسپری کردن آب بصورت ذرات ریز تأمین می‌شود. باکتری Legionella-Pneumophila که در طبیعت منتشر شده است، هم اکنون در منابع آب بسیاری از ساختمان‌ها وجود دارد. رسوب جداری داخلی لوله‌ها و مواد شیمیایی مغذی که در منابع آب وجود دارد ممکن است رشد این موجودات را که در دمای بین ۲۰ تا ۴۵ درجه سانتیگراد تکثیر می‌شوند، افزایش دهد. تنفس ذرات ریز آلوده معلق در هوا یکی از راههای شناخته شده برای انتقال بیماری لژیونریس می‌باشد. بنابراین مقتضی است منابع آب سرد در صورتی که امکان پذیر باشد در دمای زیر 20°C و آب داغ در دمای بالای 60°C نگهداری شود. منابع آب سرد را می‌توان با افزودن مقدار حداقل ۵ mg/lit کلر آزاد ضد عفونی کرد. یکی از احتیاط‌های معقول، کنترل مرتب دوره‌ای برای وجود گونه‌های باکتری Legionella در منابع آب صنعتی می‌باشد.

۱- هدف:

این بخش از این استاندارد انگلیسی روش عمل‌آوری نمونه‌های بتن (نمونه‌های مکعبی، تیری شکل و یا استوانه‌ای که بر طبق بخشهای ۱۰۸، ۱۰۹ و ۱۱۰ این استاندارد ساخته شده‌اند) را در دمای 20°C برای نمونه‌هایی که قرار است در سنین ۱ روزه و یا بالاتر تحت آزمایش تعیین مقاومت فشاری قرار گیرند، توضیح می‌دهد.

۲- تعاریف:

مفاهیم اصطلاحات این بخش از این استاندارد انگلیسی در BS-5328 و BS-1881:Part101 تعریف شده‌اند.

۳- لوازم:

۳-۱- مخزن عمل‌آوری: یک مخزن عمل‌آوری بایستی از ماده‌ای دارای مقاومت کافی و مقاوم در مقابل خوردگی ساخته شده باشد. ابعاد داخلی مخزن بایستی متناسب با تعداد و اندازه نمونه‌هایی که قرار است در آن جای گیرد بوده، امکان گردش مناسب آب در آن وجود داشته و به گونه‌ای باشد که بتوان نمونه‌ها را به آسانی از آن خارج نمود. در مواقع لزوم از منابع آب خانگی بایستی برای پر کردن مخزن استفاده شود تا اینکه سطح آب در یک مقدار معین ثابت بماند. در هر نقطه از مخزن که نمونه‌ها نگهداری می‌شوند دما بایستی در محدوده $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ باشد.

تذکر ۱- بمنظور اینکه کنترل دما امکان پذیر باشد ممکن است لازم باشد مخازن با درپوش تهیه شود و یا از سیستم خنک کننده و یا سیستم گرم کننده آب استفاده شود.

تذکر ۲- هنگامی که نمونه‌ها با دست به داخل مخزن عمل‌آوری منتقل می‌شوند بایستی از دستکش‌های محافظ استفاده شود.

۳-۲- دماسنج: مناسب برای اندازه‌گیری حداکثر و حداقل دمای هوای مرطوب و آب مخزن عمل‌آوری.

۴- روش کار:

بلافاصله پس از ساخت نمونه‌ها (استانداردهای BS-1881:Part 108, 109, 110 را ببینید) آنها را در یک محل بدور از لرزش و در وضعیتی که از تلف شدن رطوبت آنها جلوگیری شود قرار دهید. اگر لازم است نمونه‌ها به محل نگهداری حمل شوند، نمونه‌ها را با قالب‌هایشان جابجا نموده و مواظب باشید که هیچگونه بتنی هدر نرود. نمونه‌ها را در یکی از شرایط زیر نگهداری کنید:

(a) در یک اتاق رطوبت و یا در داخل یک محفظه که رطوبت نسبی آن کمتر از ۹۰٪ نباشد.

(b) زیر یک گونی خیس و یا هر ماده خیس مناسب دیگر بصورتی که با پوشش پلی اتیلن یا سایر پوشش‌های غیر قابل نفوذ بطور کامل پوشانده شود.

تذکر- برای نگهداری نمونه‌ها روش توضیح داده شده در بند (a) ترجیح داده می‌شود.

در صورتی که قرار باشد نمونه‌ها در سنین ۷ روزه یا بالاتر مورد آزمایش قرار گیرند، دمای نمونه‌ها در محدوده $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ و در صورتی که قرار باشد نمونه‌ها در سنین کمتر مورد آزمایش قرار گیرند، دمای آنها در محدوده $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ حفظ شود. نمونه‌هایی را که قرار است در سن ۲۴ ساعته آزمایش شوند، دقیقاً قبل از آزمایش از قالب خارج کنید. نمونه‌هایی را که قرار است در سنین بالاتر مورد آزمایش قرار گیرند، در دوره زمانی ۱۶ تا ۲۸ ساعت پس از افزوده شدن آب به سایر اجزاء تشکیل دهنده مخلوط، از قالب خارج کنید، مگر زمانی که بتن به مقاومت کافی نرسیده باشد و نتوان نمونه‌ها را پس از گذشت این مدت از قالب خارج نمود. در چنین مواقعی تأخیر در باز کردن قالب می‌تواند تا ۲۴ ساعت دیگر ادامه یابد. در طول این مدت زمان اضافی، نمونه‌ها را در شرایط مرطوب نگهداری نمائید.

بعد از باز کردن قالب روی هر نمونه یک کد یا شماره شناسایی بطور واضح و غیر قابل پاک شدن درج نمائید. سریعاً نمونه‌ها را در مخزن عمل‌آوری غوطه‌ور کنید و یا آنها را برای جابجایی به یک محل دیگر آماده نمایید، به جز هنگامی که لازم است نمونه‌ها در سن ۲۴ ساعته مورد آزمایش قرار گیرند که در این صورت نمی‌توان نمونه‌ها را انتقال داد. نمونه‌هایی که به داخل مخزن عمل‌آوری انتقال داده شده‌اند را بصورت مستغرق در آب نگه دارید و آنها را دقیقاً قبل از آزمایش از مخزن خارج کنید، به جز هنگامی که لازم باشد نمونه‌ها برای آزمایش به یک محل دیگر منتقل شوند. نمونه‌هایی را که قرار است به محل دیگری انتقال داده شوند، بلافاصله پس از خارج کردن از قالب یا مخزن عمل‌آوری، به نحوی بسته‌بندی کنید که از هرگونه افت در میزان رطوبت آنها جلوگیری شود.

تذکر- این امر با استفاده از جعبه‌های تقسیم بندی شده‌ای که پوشش داخلی آنها از جنس نمد مرطوب یا سایر مواد مناسب باشد امکان پذیر است.

پس از اینکه نمونه‌ها در داخل جعبه قرار گرفتند، درب هر جعبه را محکم بسته و درزهای آن را ببندید و یا جعبه‌ها را داخل پوششی از جنس پلی اتیلن بپیچید. به عنوان یک گزینه دیگر می‌توان نمونه‌ها را در داخل ماسه مرطوب و یا گونی نمناک جای داده و سپس آنها را در داخل کیسه‌ای از جنس پلی اتیلن قرار داد. نمونه‌های جابجا شده بایستی قبل از آزمایش حداقل به مدت ۲۴ ساعت در داخل مخزن عمل‌آوری قرار گرفته باشند. پس از خارج کردن نمونه‌ها از قالب تا ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایش می‌توان نمونه‌ها را انتقال داد. اما این انتقال نمونه‌ها بایستی در کوتاهترین زمان ممکن انجام شده باشد.

بمنظور گردش مناسب آب بین نمونه‌ها و تسهیل در خارج ساختن نمونه‌ها از مخزن عمل‌آوری، بایستی بین نمونه‌ها و نمونه‌ها با دیواره‌های مخزن حداقل ۱۵ میلی‌متر فاصله وجود داشته باشد. تا آنجا که ممکن است به عمل‌آوری نمونه‌ها تا زمان انجام آزمایش ادامه دهید. حداکثر و حداقل دمای اتاق رطوبت و آب مخزن عمل‌آوری را با استفاده از دماسنج‌های حداکثر و حداقل و یا دستگاه‌های ثبت کننده مداوم ثبت کنید.

۵- سن نمونه‌های آزمایشی:

آزمایش بایستی در محدوده تلورانس‌های داده شده ذیل برای سنین مختلف انجام شود:

برای سنین زیر ۳۰ ساعت ± 30 دقیقه

برای سنین بین ۳۰ تا ۱۰۰ ساعت ± 2 ساعت

برای سنین ۱۰۰ تا ۶۰ روز ± 8 ساعت

برای سنین بالای ۶۰ روز ± 1 روز

سن نمونه‌ها بایستی از زمان اضافه شدن آب به سایر مواد تشکیل دهنده مخلوط بتن محاسبه شود.

تذکره ۱- سنین اصلی برای آزمایش، سن‌های ۱، ۲، ۳، ۷، ۱۴ و ۲۸ روزه، ۱۳ و ۲۶ هفته و یکسال می‌باشند.

تذکره ۲- اگر نتایج آزمایش برای مقایسه عملکرد ماشین‌های بارگذاری متفاوت بکار می‌روند، تلورانس‌های محدودتری ممکن است مناسب باشند.

۶- گزارش:

۶-۱- کلیات: در گزارش بایستی اعلام گردد که نمونه‌ها مطابق با این بخش از این استاندارد BS عمل‌آوری شده‌اند. در گزارش باید مشخص شده باشد که درخواست نمونه‌گیری و تهیه نمونه موجود می‌باشد یا خیر. در صورت موجود بودن، تصویر آن باید ضمیمه شود.

۶-۲- اطلاعات ارائه شده در گزارش آزمایش:

۶-۲-۱- اطلاعات الزامی: اطلاعات زیر بایستی در گزارش آزمایش آورده شود:

الف- شماره یا کد شناسایی نمونه‌ها.

ب- محل عمل‌آوری در هوای مرطوب.

ج- روش عمل‌آوری در هوای مرطوب.

د- دوره زمانی عمل‌آوری در هوای مرطوب.

ه- حداکثر و حداقل دمای اتاق رطوبت و آب مخزن عمل‌آوری.

و- مدرکی که نشان دهد عمل‌آوری مطابق این بخش از این استاندارد انجام گرفته است.

۶-۲-۲- اطلاعات اختیاری: در صورتی که اطلاعات زیر درخواست شده باشند، بایستی در گزارش آورده شوند:

الف- زمان اضافه شدن آب به سایر اجزاء در مخلوط بتن.

ب- زمان تهیه نمونه‌ها.

ج- زمان قرارگیری نمونه‌ها در مخزن عمل‌آوری، در صورتی که امکان پذیر باشد.

د- زمان خارج نمودن نمونه‌ها از مخزن عمل‌آوری، در صورتی که امکان پذیر باشد.

ه- دمای ثبت شده در طی عمل‌آوری در هوای مرطوب.

و- دمای ثبت شده در طی عمل‌آوری در مخزن آب.

ز- سن یا سنینی که نمونه‌ها بایستی مورد آزمایش قرار گیرند.

« روش اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه های مکعبی بتن » BS 1881 : part 116

مقدمه:

این بخش از استاندارد BS که تحت نظارت کمیته استانداردهای سیمان، سنگ گچ، مصالح سنگی و تولیدات معادن آماده شده است، تجدید نظر بند ۲، استاندارد 1970 BS 1881: part 4 می باشد. بعلاوه بخشهای ۱۱۵، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۱۲۰ و این بخش از استاندارد BS 1881 جایگزین استاندارد حذف شده 1970 BS 1881: part 4 می باشد.

در این استاندارد شکل هایی برای نشان دادن انواع شکست های نامنظم و نامناسب آورده شده است که در حالت کلی می تواند در اثر کج شدن نمونه بوجود آید، همچنین از علل دیگر آن قرار گیری نامناسب نمونه در دستگاه یا قرار گیری نمونه در یک دستگاه معیوب می باشد. یک تخمین از تکرار پذیری برای این آزمایش ارائه شده است و هیچ تخمینی برای تجدیدپذیری بخاطر فقدان داده ها برای این آزمایش داده نشده است. مراجع و منابع جهت اطلاعات بیشتر برای اندازه گیری تکرار پذیری و تجدید پذیری، استاندارد BS 5497: part 1 می باشد.

۱- هدف:

این بخش از استاندارد BS، روشی را برای تعیین مقاومت فشاری بتن مکعبی بیان می کند.

۲- تعاریف:

تعاریف مورد نیاز این بخش از استاندارد، در استانداردهای BS 5328 و BS 5497 داده شده است.

۳- وسایل آزمایش:

۳-۱- دستگاه آزمایش : دستگاه آزمایش باید مطابق با استاندارد BS 1881: part 115 باشد.
۳-۲- صفحات کمکی: هنگامی که صفحات کمکی بکار برده می شوند، صفحه کمکی بالایی باید روی نمونه قرار گرفته و تراز شود. صفحه کمکی نباید با صفحه بالایی دستگاه گیردار و ثابت شود.

تذکر: توصیه می شود برای به حداقل رساندن فاصله بین نمونه های مکعبی و صفحات دستگاه در هنگام بارگذاری، از صفحات کمکی استفاده شود.

۴- نمونه های آزمایشی:

۴-۱- نمونه برداری: نمونه برداری بتن باید بر اساس استاندارد BS 1881: part 101 یا BS 1881: part 125 انجام شود.

۴-۲- آماده سازی:

نمونه های آزمایش باید مکعبی شکل ساخته شوند و مطابق با بخشهای مربوط به این استاندارد عمل آوری و نگهداری شوند.

نمونه های مکعبی که در قالبهای نامناسب شکل گرفته اند و یا نمونه هایی که بطور واضحی بد شکل هستند، نباید آزمایش شوند. دلایل و استدلالهای مبنی بر نامناسب بودن نمونه در گزارش آزمایش باید ذکر شود. برای حذف بیرون زدگی نمونه ها از صفحات بارگذاری از صفحات فاصله دهنده با ابعاد مناسب استفاده شود، لازم است که هر کاری که به منظور اصلاح انجام می شود، گزارش شود.

۴-۳- جرم: هر نمونه اخذ شده یا اشباع شده را مطابق با استاندارد BS 1881: part 114 وزن کنید.

۴-۴- ابعاد- هر نمونه را به صورت افقی، مطابق با وضعیت قرار گیری آن در هنگام آزمایش قرار داده و ابعاد نمونه را کنترل کنید.

تذکر: گیجهای با ابعاد مورد نیاز، به عنوان یک ابزار مناسب برای این اندازه گیریها توصیه می شود. اگر هر یک از ابعاد در محدوده ۱ درصد مقدار اسمی نباشد، مقدار میانگین آن را مطابق با استاندارد BS 1881: part 114 تعیین کنید.

۴-۵- دانسیته- دانسیته هر نمونه را مطابق با استاندارد BS 1881: part 114 تعیین کنید.

۵- روش آزمایش:

۵-۱- آماده سازی: نمونه های مکعبی که در آب عمل آوری نشده است یا در جایی قرار گرفته اند که دارای سطح خشک می باشند، بایستی به مدت حداقل ۵ دقیقه در آب غوطه ور گردند. نمونه های بتن را از مخزن عمل آوری یا مخزن آب خارج کرده و آنها را در حالیکه هنوز خیس هستند آزمایش کنید.

۵-۲- قرارگیری نمونه مکعبی در دستگاه آزمایش:

مطمئن شوید که سطوح صفحات دستگاه آزمایش تمیز باشند و سطح نمونه مکعبی که در تماس با صفحات

دستگاه می باشد از هرگونه سنگریزه یا مواد خارجی پاکسازی شده باشند. از هیچ پرکننده ای بین نمونه و صفحات دستگاه و صفحات فاصله دهنده (در صورت کاربرد)، استفاده نشود. با دقت قسمت مرکزی قالب مکعبی را روی صفحه پایینی قرار داده و مطمئن شوید که بار بر هر دو وجه مقابل نمونه مکعبی اعمال خواهد شد. در صورتی که صفحات کمکی بکار برده شود، صفحه کمکی بالایی را با نمونه مکعبی هم تراز کنید.

۳-۵- بارگذاری: بدون اعمال بار ناگهانی، بار را بطور مداوم با یک سرعت اسمی که در محدوده $0.2 \frac{N}{mm^2.s}$ تا $0.4 \frac{N}{mm^2.s}$ می باشد، تا آنجایی که نمونه قادر به تحمل بار بیشتری نمی باشد، افزایش دهید.

در دستگاههایی که به صورت دستی کنترل می شوند، هنگامی که زمان شکست نمونه نزدیک می شود، سرعت بارگذاری کاهش خواهد یافت. در این مرحله با استفاده از بخش کنترل سرعت دستگاه، سرعت بارگذاری را تا حد امکان در محدوده مجاز مشخص شده حفظ کنید. حداکثر بار وارد شده به نمونه مکعبی را ثبت کنید.

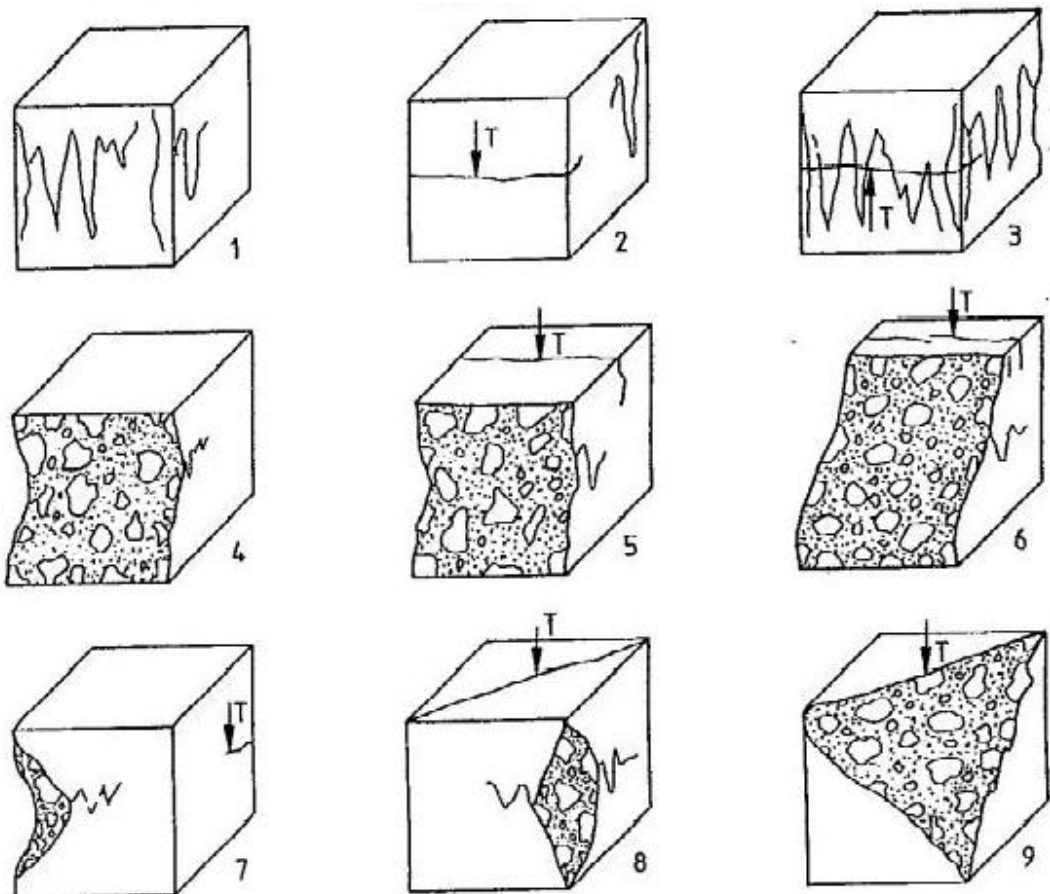
۶- نوع شکست:

هر نوع مشخصه غیر معمول در نوع شکست نمونه را ثبت کنید. در شکل ۱ نمونه هایی از شکست مورد قبول و در شکل ۲ نمونه هایی از شکست غیر قابل قبول آورده شده است. تذکر: شکستهای غیر قابل قبول معمولاً در اثر عدم توجه به جزئیات مراحل مختلفی که باید به منظور ساخت آزمایش نمونه ها دنبال شود، بوجود می آیند. به عنوان مثال شکست غیر قابل قبول ممکن است در اثر ساخت نامناسب نمونه های مکعبی، استفاده از قالبهایی که خارج از مشخصات استاندارد هستند، یا به دلیل قرار گیری نامناسب نمونه ها در دستگاه آزمایش، بوجود آیند.



تذکر: تمام چهار وجه پیرامونی نمونه یکسان شکسته شده اند، عموماً در وجهی که در تماس با صفحات دستگاه هستند، خرابیهای کوچکی ایجاد می شود.

شکل ۱- شکست های قابل قبول



نکته: T = ترک کششی

شکل ۲- برخی از شکلهای نامناسب شکست

۷- محاسبات و ارائه نتایج:

۷-۱- محاسبات مربوط به سطح مقطع عرضی :

۷-۱-۱- سطح مقطع عرضی نمونه مکعبی در صورتیکه بیش از ۱ درصد بالاتر و یا پایین تر از اندازه نمونه مکعبی نباشد، چه نمونه مکعبی بین صفحات خود دستگاه و یا بین صفحات کمکی آزمایش شده باشد، سطح مقطع عرضی نمونه را با استفاده از ابعاد اسمی محاسبه کنید.

۷-۱-۲- در صورتیکه قرار است نمونه مکعبی بین صفحات خود ماشین قرار گرفته و آزمایش شود و یک بعد یا هر دو بعد آن بزرگتر و یا کوچکتر از ۱ درصد اندازه اسمی نمونه باشد، مساحت مقطع عرضی را از میانگین اندازه های بدست آمده همانگونه که در بخش ۴-۴ توضیح داده شده، محاسبه کنید.

۷-۱-۳- در صورتیکه قرار است نمونه مکعبی بین صفحات کمکی قرار گرفته و آزمایش شود و یک بعد یا هر دو بعد آن بیش از ۱ درصد بزرگتر از اندازه اسمی نمونه مکعبی باشد، مساحت مقطع عرضی را با استفاده از ابعاد اسمی محاسبه کنید، اگر یک یا دو بعد نمونه بیش از یک درصد کمتر از ابعاد اسمی باشد، سطح مقطع عرضی را با استفاده از میانگین ابعاد بدست آمده مطابق با بخش ۴-۴ محاسبه کنید.

۷-۲- محاسبه مقاومت:

مقاومت فشاری هر نمونه را با تقسیم حداکثر بار وارد شده به نمونه، به سطح مقطع عرضی آن محاسبه کنید و نتیجه را با دقت $\frac{N}{mm^2}$ ۰/۵ بیان کنید.

۷-۳- دقت:

اطلاعات مربوط به دقت این آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. این مقادیر برای اندازه گیری مقاومت فشاری نمونه های مکعبی که از بتن یکسانی ساخته شده اند و هر نتیجه آزمایش به عنوان مقاومت یک نمونه منفرد در نظر گرفته شود، بکار می رود. این مقادیر شامل پارمترهایی هستند که هنگام ساخته شدن و عمل آوری نمونه (بر اساس استاندارد BS 1881 : part 108 , 109)، همچنین در اندازه گیری مقاومت فشاری آنها اتفاق می افتد.

جدول ۱-اطلاعات مربوط به دقت برای اندازه گیری مقاومت فشاری بتن سخت شده به صورت درصدی از میانگین مقاومت های دو نمونه مکعبی می باشد که اختلافها توسط پارمتر r یا R مقایسه می شود.

روش آزمایش	شرایط تکرار پذیری		شرایط تجدید پذیری	
	S_r	r	S_R	R
مکعب های ۱۰۰ میلیمتری	۳/۲ درصد	۹ درصد	۵/۴ درصد	۱۵/۱ درصد
مکعب های ۱۵۰ میلیمتری	۳/۲ درصد	۹ درصد	۴/۷ درصد	۱۳/۲ درصد

تذکر ۱: دقت داده ها توسط بخشی از یک پژوهش انجام شده، در سال ۱۹۸۷ تعیین شده بود که دقت داده ها برای چندین آزمایش توصیف شده در BS 1881 بدست آمده بود و بتن مورد استفاده از یک سیمان پرتلند معمولی، ماسه Thames valley و مصالح سنگی درشت دانه ۱۰ و ۲۰ میلیمتری، ساخته شد.

تذکر ۲: بر روی یک نمونه های یکسان که توسط یک آزمایش کننده با وسایل یکسان و در کوتاهترین زمان ممکن دو آزمایش انجام شده باشد، در صورت انجام صحیح آزمایش، اختلاف بین نتایج دو آزمایش نباید بیشتر از یکبار در ۲۰ بار آزمایش، از r (تکرارپذیری) برابر میانگین نتایج دو آزمایش تجاوز کند.

تذکر ۳: اختلاف بین نتایج دو آزمایشی که بر روی یک نمونه های یکسان و توسط دو آزمایش کننده که هر کدام وسایل مربوط به خودشان را بکار برده باشند، در صورت انجام صحیح آزمایشها، نباید بیشتر از یکبار در ۲۰ بار آزمایش، از R (تجدیدپذیری) برابر میانگین نتایج دو آزمایش تجاوز کند.

تذکر ۴: به منظور اطلاعات بیشتر در خصوص دقت و تعریف پارامترهای آماری بکار رفته در خصوص دقت داده ها به استاندارد BS 5497 : part 1 مراجعه شود.

۸- گزارش آزمایش:

۸-۱- کلیات : لازم است که در گزارش عنوان شود که آزمایشات مطابق با این بخش از این استاندارد انجام شده است. همچنین در گزارش باید ذکر شود که درخواست نمونه برداری، آماده سازی نمونه و عمل آوری موجود می باشد یا خیر. در صورت موجود بودن بایستی تصویر آن ضمیمه گردد.

۸-۲- اطلاعات تهیه شده به وسیله تهیه کننده نمونه های مکعبی:

۸-۲-۱- اطلاعات الزامی:

اطلاعات زیر باید به وسیله تهیه کننده مکعبها برای ارائه در گزارش آزمایش تهیه شود:

الف- تاریخ، زمان و محل نمونه برداری و شماره مشخصه نمونه

ب- زمان و محل ساخت نمونه های مکعبی

ج- تعداد و اندازه اسمی نمونه ها

د- روش تراکم (دستی یا ویبره) شامل انواع تجهیزات بکار رفته

ه- تطبیق تعداد و کد نمونه های مکعبی

و- نام شخص تهیه کننده نمونه های مکعبی

ز- سن مورد نیاز نمونه ها در زمان انجام آزمایش

ح- شرایط عمل آوری و نگهداری

۸-۲-۲- اطلاعات اختیاری:

در صورت درخواست، اطلاعات زیر باید توسط تهیه کننده نمونه های مکعبی برای ارائه در گزارش آزمایش تهیه شود:

الف- نام پروژه و محلی که بتن استفاده می شود.

ب- نام تولید کننده و منبع بتن

ج- تاریخ و زمان تهیه بتن یا تحویل بتن به محل پروژه

د- مشخصات اختلاط بتن (به عنوان مثال رده بتن)

ه- قوام بتن

و- میزان هوای بتن (در صورتی که هوازایی شده است).

۸-۳- اطلاعات تهیه شده به وسیله آزمایشگاه:

اطلاعات زیر باید به وسیله آزمایشگاه محل انجام آزمایش برای ارائه در گزارش آزمایش تهیه شود:

الف- تطبیق نمونه ها

ب- کنترل ابعاد اسمی یا اندازه گیری شده نمونه

ج- تاریخ تحویل نمونه به آزمایشگاه

د- شرایط نمونه هنگامی که دریافت می شود (شامل تراکم ضعیف، حالت لانه زنبوری و یا ابعاد غلط).

ه- اقدامات انجام شده جهت اصلاح زائده های روی نمونه

و- شرایط عمل آوری یا نگهداری در آزمایشگاه

ز- شرایط رطوبت در زمان آزمایش (اشباع شده یا مرطوب)

ح- تاریخ انجام آزمایش

ط- سن نمونه هنگام انجام آزمایش

ی- جرم نمونه (در هنگام تحویل به آزمایشگاه یا اشباع شده)

ک- دانسیته نمونه (در هنگام تحویل به آزمایشگاه یا اشباع شده و روش اندازه گیری حجم)

ل- حداکثر بار گسیختگی

م- مقاومت فشاری

ن- شکل ظاهری بتن و نوع شکست در صورتی که شکستهای غیر معمول داشته باشد.

س- تصدیق اینکه آزمایش مطابق با این بخش انجام شده است.

ع- ملاحظات دیگر

« روشهای اختلاط و نمونه گیری از بتن تازه در آزمایشگاه »

BS 1881 : part 125 :1986

مقدمه :

این بخش از استاندارد BS 1881، که تحت نظارت کمیته استانداردهای سیمان، گچ، مصالح سنگی و سایر تولیدات معادن آماده شده است، تجدید نظر بند ۳ از استاندارد BS 1881: part 1 : 1970، می باشد که قبلاً حذف شده است.

این بخش آماده کردن، بچینگ مصالح مجزا، اختلاط و نمونه گیری از بتن در آزمایشگاه را بیان می کند و مکمل استاندارد BS 1881: part 101 می باشد که نمونه برداری از بتن در محل را توضیح داده است. بخش وسیعی از مخلوطهای بتنی باید در آزمایشگاه تهیه شوند، بنابراین لازم است در روش آزمایش و گزارش مربوطه اصلاحاتی انجام شود (بخش (ه) ۱-۲-۸ را ببینید). این بخش از استاندارد BS 1881 برای مخلوطهای بتنی خاصی که برای تحقیق تهیه می شوند، کاربردی ندارد. روند اختلاط این گونه بتن ها بر اساس خصوصیات مواد تشکیل دهنده بتن یا از روی نتایج مطالعاتی که بر روی بتن انجام می شود، تعیین می شود. آزمایشات لازم برای اجزاء تشکیل دهنده مخلوطهای بتنی شامل آب، سیمان و مواد مضاف به ترتیب در استانداردهای BS 3148، BS 4550 و BS 4075 شرح داده شده است.

۱- هدف:

این بخش از استاندارد BS 1881، روشهای پایه ای در خصوص تهیه، بچینگ مصالح، اختلاط و نمونه گیری از بتن تازه در آزمایشگاهی که امکان کنترل دقیق مقدار مصالح و شرایط آزمایش در آن وجود داشته باشد را شرح می دهد. این دستورالعمل ها جهت ارزیابی مناسب بودن مصالح یا تعیین نسبت های اختلاط مناسب برای تهیه بتن در محل جهت مصارف عمومی، مناسب می باشد.

۲- تعاریف:

مفاهیم اصطلاحات این بخش از استاندارد BS، در استانداردهای BS 5328 و BS 6100 تعریف شده اند.

۳- وسایل آزمایش:

۳-۱- مخلوط کننده (میکسر):

به صورت تغاری قائم (rotating pan) یا مخلوط کن خم شونده (tilting drum) با ظرفیت مناسب برای مخلوط کردن بچ ها طوری که بتواند نمونه های مورد نیاز برای آزمایش را تأمین نماید.

۳-۲- سرطاس:

باید از مواد فلزی مقاوم در مقابل خوردگی ساخته شده و دارای ضخامت حداقل $0/8$ میلیمتر و دارای ابعاد نشان داده شده در شکل ۱ از استاندارد BS 1881: part101:1983 باشد.

۴- مصالح:

۴-۱- نمونه برداری:

در صورتی که نمونه ها حجیم باشند، نمونه های آزمایش مطابق استاندارد BS مربوطه اخذ شود و مطمئن شوید که این نمونه معرف کل توده می باشد. مقدار نمونه ها باید مطابق با استاندارد انگلیسی مربوطه بوده و در صورت درخواست همراه با یک برگه مشخصات نمونه برداری باشند. در غیر اینصورت این مقدار متناسب با میزان مصالح موجود یا نسبتهای اختلاط می باشد.

۴-۲- سیمان، سرباره کوره های آهن گدازی و خاکستر :

به محض ورود مصالح به آزمایشگاه، آنها را در مخازن غیر قابل نفوذ مجزا و با اندازه مناسب در یک جای خشک نگهداری کنید، قبل از استفاده از هر بخش از مواد، آنها را جداگانه با استفاده از وسایل دستی یا مخلوط کن مناسب کاملاً بهم بزنید. بطوریکه مطمئن شوید تا حد امکان مخلوط حاصل یکنواخت می باشد. دقت کنید که مواد خارجی اضافه نشده و از هدر رفتن مصالح نیز جلوگیری گردد.

۴-۳- سنگدانه:

مصالح سنگی باید یکی از شرایط زیر را داشته باشند:

الف- مطابق استاندارد BS 1881: part2 در داخل گرمخانه خشک شده باشند.

ب- در هوای $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ خشک شده باشند.

ج- اشباع با سطح خشک باشند، همانگونه که در BS 1881: part2 توضیح داده شده است.

د- با قرار گرفتن در داخل آب به مدت حداقل ۲۴ ساعت اشباع شده باشند.

هر جا که لازم است، درصد رطوبت مصالح سنگی (به صورت درصدی از جرم خشک نمونه) را به وسیله روش مناسب ذکر شده در استاندارد BS 1881: part2 تعیین کنید.

مصالح سنگی هر بیچ ممکن است به صورت تفکیک شده یا مخلوط استفاده شود.

۴-۴- درجه حرارت:

قبل از اختلاط بتن اجازه دهید دمای کل مصالح به $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ برسد.

۵- بچینگ:

مقدار بتن در هر بچ حداقل باید ۱۰ درصد بیشتر از مقدار مورد نیاز جهت آزمایشات باشد. برای هر بچ بتن، سیمان، سرباره کوره آهن گدازی، خاکستر و آب را با دقت ۰/۵ درصد یا بالاتر و مصالح سنگی را با دقت ۱ درصد توزین نمایید.

تذکر: وقتی بتن باید خصوصیات معینی از جمله کارایی یا درصدی از هوا را داشته باشد، ممکن است نیاز باشد که مخلوطهای آزمایشی با نسبتهای مختلف تهیه و آزمایش شوند تا مقادیر مورد نظر برای اختلاط بدست آید.

هنگامیکه از مواد افزودنی استفاده می شود مقدار آن با دقت ۵ درصد میزان مشخص شده، توزین شود و برای استفاده از مواد افزودنی دستوالعملهای تولید کننده بکار گرفته شود.

۶- اختلاط:

۶-۱- کلیات:

اختلاط بتن را در اتاق با دمای 20 ± 5 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی بیشتر از ۵۰ درصد انجام دهید. در صورتیکه سنگدانه خشک باشد (مطابق یکی از حالت های بخش ۳-۴ الف یا ۳-۴ ب باشد)، قبل از اضافه کردن مصالح دیگر اجازه دهید که سنگدانه ها مقداری از آب اختلاط را جذب نمایند و از هدر رفتن آب در اثر تبخیر جلوگیری شود، تا سنگدانه ها حتی المقدور حداکثر جذب آب ممکن را داشته باشند.

موقعی که مواد افزودنی استفاده می شوند، آنها را با بخش دوم آب اختلاط (باقیمانده آب اختلاط) به مصالح اضافه نمائید، مگر در مواقعی که مواد افزودنی باید اندکی قبل از ریختن بتن اضافه شوند، به شرطی که به سنگدانه های خشک قبلاً اجازه خیس خوردن داده شده باشد.

بتن ترجیحاً توسط دستگاه و در غیر اینصورت با وسایل دستی مخلوط شود، در این حالت سعی شود تا از هدر رفتن آب یا دیگر مصالح جلوگیری گردد.

تذکر: روشهای مختلف اختلاط ممکن است به نتایج متفاوتی منتهی شود.

هشدار:

وقتی سیمان با آب مخلوط می شود، یک ترکیب قلیایی پدید می آید. مواظب باشید هنگام اختلاط بتن سیمان خشک وارد چشمها، دهان و بینی شما نشود. با پوشیدن لباسهای محافظ مناسب، از پوستتان محافظت کنید تا با سیمان مرطوب یا بتن تماس پیدا نکند. اگر سیمان یا بتن وارد چشمتان شد، آن را سریعاً با آب تمییز بشویید و بدون تأخیر مداوای پزشکی انجام دهید. بتن مرطوب را سریعاً از روی پوست بشویید.

۶-۲- اختلاط ماشینی:

۶-۲-۱- کلیات:

میزان بتن باید بین ۵۰ تا ۹۰ درصد ظرفیت اسمی دستگاه مخلوط کننده باشد تا از اختلاط ناقص و ریزش بتن

به خارج دستگاه جلوگیری شود.

قبل از استفاده از مخلوط کن هر گونه بتن تازه باقیمانده از بچ قبلی را از آن پاک کنید. در مورد مخلوط کنهای تغاری مطمئن شوید که هیچگونه آب آزاد در داخل دیگ باقی نمانده باشد. در صورتیکه داخل آن خشک باشد آنرا با یک پارچه مرطوب تمییز کنید. هنگامیکه از یک مخلوط کن دوار خم شونده استفاده می کنید، جهت پوشش داخلی میکسر، ابتدا یک بچ اولیه که خصوصیات آن مشابه بچ اصلی باشد را در آن مخلوط کنید.

۶-۲-۲-۲-مخلوط کن تغاری:

۶-۲-۲-۱-استفاده از سنگدانه های خشک:

کل سنگدانه ها (در صورت مخلوط بودن) در تغار ریخته شود. در صورتیکه سنگدانه های ریز و درشت بصورت جداگانه بکار برده می شود، در این حالت به ترتیب حدود نیمی از درشت دانه ها، کل ریزدانه ها و سپس باقیمانده درشت دانه ها را بطور یکنواخت بر روی تغار پخش کرده، سپس مخلوط کن را برای مدت ۱۵ الی ۳۰ ثانیه روشن کنید. به مخلوط کردن ادامه داده و حدود نیمی از آب را در خلال ۱۵ ثانیه بعدی اضافه کنید. بعد از اختلاط مصالح، به مدت ۲ تا ۳ دقیقه، مخلوط کن را خاموش کرده و اجازه می دهید مخلوط برای مدت ۵ الی ۱۵ دقیقه بصورت پوشانیده باقی بماند.

سیمان و روباره کوره آهنگدازی، خاکستر، مواد رنگی یا دیگر مواد پودری را به وسیله پخش کردن آنها در یک لایه هموار به سنگدانه ها اضافه کنید. مخلوط کن را روشن کرده و به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط نمایید. سپس مخلوط کن را خاموش کرده و به سرعت هر ماده ای را که به تیغه تغار چسبیده است، تمییز کنید. بدون تأخیر، دوباره مخلوط کردن را آغاز کرده و باقیمانده آب اختلاط را در ۳۰ ثانیه بعدی اضافه نمایید.

بعد از اینکه کلیه مصالح اضافه شدند، مخلوط کردن را به مدت حداقل ۲ دقیقه و حداکثر ۳ دقیقه ادامه دهید. در مخلوط کنهای تغاری بدون دریچه تخلیه، بعد از کامل شدن اختلاط بتن، جهت حصول اطمینان از یکنواختی مخلوط قبل از نمونه برداری، با استفاده از یک ابزار دستی چندین بار بتن را به هم بزیند.

۶-۲-۲-۲-استفاده از سنگدانه های اشباع:

در صورتی که مصالح بصورت مخلوط شده می باشند، حدود نیمی از آنها را قبل از اجزاء دیگر اختلاط اضافه نموده و سپس باقیمانده سنگدانه ها را اضافه کنید. اگر مصالح ریزدانه و درشت دانه بصورت جداگانه مورد استفاده قرار گیرند، به ترتیب نیمی از مصالح سنگی درشت دانه، کل مصالح ریزدانه، سیمان و هر نوع روباره کوره آهنگدازی، خاکستر، مواد رنگی یا سایر مواد پودری و سپس باقیمانده سنگدانه های درشت را با پخش کردن یکنواخت بر روی تغار اضافه نموده و اختلاط را شروع کنید و کل آب را در طول ۳۰ ثانیه اول اختلاط اضافه کنید. پس از آنکه کلیه مصالح اضافه شدند عمل مخلوط کردن را به مدت حداقل ۲ دقیقه و حداکثر ۳ دقیقه ادامه دهید.

در مخلوط کنهای تغاری بدون دریچه تخلیه، بعد از کامل شدن اختلاط بتن، جهت حصول اطمینان از یکنواختی مخلوط قبل از نمونه برداری با استفاده از یک ابزار دستی چندین بار بتن را به هم بزنید.

۶-۲-۳- مخلوط کن استوانه ای:

۶-۲-۳-۱- استفاده از سنگدانه های خشک:

کل سنگدانه ها (در صورت مخلوط بودن) در مخلوط کن ریخته شوند. در صورتیکه سنگدانه های ریز و درشت بصورت جداگانه بکار برده می شود، در این حالت به ترتیب حدود نیمی از درشت دانه ها، کل ریز دانه ها و سپس باقیمانده درشت دانه ها را اضافه کرده و سپس با بکار انداختن مخلوط کن به مدت ۱۵ الی ۳۰ ثانیه عمل مخلوط کردن را انجام دهید.

به مخلوط کردن ادامه داده و نیمی از آب را در خلال ۱۵ ثانیه بعدی اضافه نمائید. بعد از اختلاط مصالح، به مدت ۲ تا ۳ دقیقه مخلوط کن را خاموش کرده و اجازه دهید مخلوط برای مدت ۵ الی ۱۵ دقیقه بصورت سرپوشیده باقی بماند.

سیمان و روبره کوره آهنگدازی، خاکستر، مواد رنگی یا دیگر مواد پودری را بر روی مصالح سنگی اضافه کنید. مخلوط کن را روشن کرده و به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط کنید. در طی ۳۰ ثانیه دوم آب باقیمانده را اضافه نمائید و عمل مخلوط کردن را بعد از اینکه کلیه مصالح اضافه شدند برای حداقل ۲ دقیقه و حداکثر ۳ دقیقه ادامه دهید. بعد از کامل شدن اختلاط، بتن را روی یک سطح غیر جاذب تخلیه کنید و آن را با بکار بردن یک ابزار دستی به منظور اطمینان از یکنواختی قبل از نمونه برداری، به هم بزنید.

۶-۲-۳-۲- استفاده از سنگدانه های اشباع:

در صورتی که مصالح بصورت مخلوط شده می باشند، حدود نیمی از سنگدانه ها را قبل از اجزاء دیگر اختلاط اضافه کرده و سپس باقیمانده سنگدانه ها را اضافه کنید. اگر مصالح ریز دانه و درشت دانه بصورت جداگانه مورد استفاده قرار گیرند، به ترتیب نیمی از مصالح سنگی درشت دانه، کل مصالح ریزدانه، سیمان و هر نوع روبره کوره آهنگدازی، خاکستر حاصل از مواد سوختی، مواد رنگی و سایر مواد پودری و سپس باقیمانده سنگدانه های درشت را اضافه کنید. اختلاط را شروع و تمام آب را در طول ۳۰ ثانیه اول اختلاط اضافه کنید.

بعد از اینکه کلیه مصالح اضافه شده اند، اختلاط را برای حداقل ۲ دقیقه و حداکثر ۳ دقیقه ادامه دهید. بعد از کامل شدن اختلاط، بتن را روی یک سطح غیر جاذب تخلیه و آن را با بکار بردن یک ابزار دستی به منظور اطمینان از یکنواختی قبل از نمونه برداری، به هم بزنید.

۶-۳- اختلاط دستی:

۶-۳-۱- کلیات- مصالح مربوط به یک بیج بتن را در روی یک سطح غیر جاذب با استفاده از یک بیلچه، کمچه یا ابزار مشابه مخلوط کنید.

۶-۳-۲- استفاده از سنگدانه های خشک:

کل سنگدانه ها را (در صورت مخلوط بودن) روی سطح مورد نظر بریزید، در صورتی که سنگدانه های ریز و درشت بصورت تفکیک شده بکار برده شوند، به ترتیب حدود نیمی از درشت دانه ها، کل ریز دانه ها و باقیمانده درشت دانه ها را اضافه کنید. به تدریج در حدود یک پنجم آب را اضافه کنید که این مقدار برای مرطوب کردن سنگدانه ها کافی می باشد و مصالح را تا زمانی که یکنواخت شوند، مخلوط کنید. اجازه دهید مخلوط برای ۵ تا ۱۵ دقیقه در همین حال باقی بماند. سپس سیمان و هر نوع روبراره کوره آهنگدازی، خاکستر، مواد رنگی یا دیگر مواد پودری را اضافه کرده و تمام مواد را تا یکنواخت شدن مخلوط کنید. اختلاط را ادامه دهید و آب باقیمانده را بتدریج اضافه کنید. بعد از اضافه شدن تمام آب، بچ را برای حداقل ۳ دقیقه یا تا زمانی که بتن ظاهر همگنی پیدا کند، مخلوط کنید.

۶-۳-۳- استفاده از سنگدانه های اشباع:

در صورتی که مصالح بصورت مخلوط شده می باشند، حدود نیمی از سنگدانه ها را قبل از اجزاء دیگر اختلاط اضافه کرده و سپس باقیمانده سنگدانه ها را اضافه نمایید. اگر مصالح ریزدانه و درشت دانه بصورت جداگانه مورد استفاده قرار گیرند، به ترتیب نیمی از مصالح سنگی درشت دانه، کل مصالح ریز دانه، سیمان و روبراره کوره آهنگدازی، خاکستر، مواد رنگی و سایر مواد پودری و باقیمانده سنگدانه های درشت را اضافه نمایید. مصالح را تا زمانی که کاملاً یکنواخت شوند، مخلوط کنید. اختلاط را ادامه دهید و به تدریج باقیمانده آب را اضافه کنید. بعد از اضافه کردن تمام آب، کل بچ را برای حداقل ۳ دقیقه تا زمانی که بتن ظاهری همگن پیدا کند، مخلوط کنید.

۷- نمونه گیری و آزمایش بتن :

نمونه گیری و آزمایش بتن را تا آنجا که ممکن است بلافاصله بعد از انجام اختلاط شروع کنید، این نمونه گیری بدون اختلاط مجددی که در بخش های BS 1881:parts 102,103,104,105,106,107,108,109,110,113 برای نمونه گیری در محل توصیه شده است، انجام می گیرد. میزان نمونه مورد نیاز برای آزمایشات گوناگون در جدول ۱، استاندارد BS 1881:part 101 داده شده است. در زمانی کمتر از یک ساعت از افزوده شدن آب به سیمان عملیات مورد نظر انجام گیرد. برای هر آزمایش بر روی بتن تازه و نیز برای تهیه هر نمونه جهت انجام آزمایشهای بتن سخت شده از سرطاس (توضیح داده شده در بخش ۳-۲) برای اخذ مقادیر مناسب از بچ بتن توده شده (از داخل مخلوط کن و یا از روی یک سطح غیر قابل نفوذ) استفاده نمایید و مطمئن شوید که هر نمونه معرف بچ مورد نظر می باشد. موقعی که نمونه گیری با تأخیر انجام می شود، بتن تازه را در مقابل افزوده شدن یا از دست دادن آب محافظت کنید.

تذکر: به شرط اینکه از هدر رفتن آب یا مواد دیگر بتن مراقبت شده باشد، بتن بکار رفته در آزمایشهای کارایی و وزن مخصوص را می توان با باقیمانده بچ برای تهیه نمونه برای آزمایشات بتن سخت شده دوباره مخلوط نمود.

۸- گزارش:

۸-۱- کلیات: در گزارش باید اظهار شود که آماده سازی مصالح، بچینگ، اختلاط و نمونه گیری، مطابق با این بخش از استاندارد BS 1881، انجام شده است. مگر اینکه تغییراتی در روشهای پایه انجام شده باشد که در چنین حالتی تغییرات ایجاد شده باید بطور کامل در گزارش آورده شوند. در گزارش باید قید گردد که درخواست نمونه گیری مصالح موجود می باشد یا خیر و در صورت موجود بودن، تصویر آن ضمیمه گردد.

۸-۲- اطلاعاتی که در گزارش باید آورده شوند:

۸-۲-۱- اطلاعات ضروری:

مطالب زیر باید در گزارش آزمایش آورده شوند:

الف- تاریخ، زمان، محل اختلاط و شماره مشخصه بچ

ب- توصیف مصالح، شامل درصد رطوبت و شرایط سنگدانه ها که در بخش ۳-۴-الف)، ب)، ج) و د) توضیح داده شده است.

ج- مشخصات مخلوط بتن (مقادیر یا نسبت ها) و هر مشخصه دیگری (مانند کارایی)

د- روش اختلاط، نوع و ظرفیت اسمی مخلوط کننده همراه با زمان شروع و جزئیات دستورالعمل اجرا شده

ه- هر نوع تغییری که در روشهای استاندارد اعمال شود

و- لیست نمونه های گرفته شده و ساخته شده

۸-۲-۲- اطلاعات غیر ضروری (اختیاری):

در موارد مقتضی، مطالب زیر نیز باید در گزارش آورده شود:

الف- نتایج هر آزمایش بر روی بتن تازه

ب- مقادیر حقیقی یا نسبتهای مصالح بچ

د- هر چیزی که بر روی ظاهر بتن تازه مشاهده شود (مانند جداشدگی دانه ها یا آب انداختگی بتن).

استانداردهای

خاک، سنگ و

مصالح سنگی

روش استاندارد نمونه برداری از مصالح سنگی (AASHTO T2)

۱- هدف:

- ۱-۱- این روش آزمایش شامل نمونه برداری از مصالح درشت دانه و ریزدانه جهت اهداف ذیل می باشد:
 - ۱-۱-۱- بررسی مقدماتی ظرفیت منابع قرضه.
 - ۱-۱-۲- کنترل مصالح استخراج شده از منابع قرضه .
 - ۱-۱-۳- کنترل عملیات اجرایی در محل مصرف مصالح.
 - ۱-۱-۴- تأیید یا رد مصالح.

توجه ۱- روش نمونه برداری، پذیرش و آزمایشات کنترلی با نوع سازه‌ای که مصالح در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، تغییر می‌کند در این مورد به دستورالعمل‌های E105 و D3665 رجوع کنید.

۱-۲- این استاندارد همه موارد ایمنی مربوط به کاربرد آن را بیان نمی‌کند. استفاده کننده از این استاندارد باید دستورالعمل‌های حفاظتی و ایمنی را تهیه و محدودیتهای کاربرد آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- متون مرجع:

۱-۲- استاندارد AASHTO:

T248 : روش استاندارد کاهش نمونه‌های صحرایی مصالح سنگی جهت تهیه مقادیر مورد نیاز برای هر آزمایش.

۲-۲- استانداردهای ASTM:

D2234 : روش تهیه توده های بزرگ ذغال سنگ.

D3665 : دستورالعمل نمونه برداری تصادفی از دپوی مصالح.

E105 : دستورالعمل نمونه برداری از مصالح بر اساس احتمالات.

E122 : دستورالعمل انتخاب مقدار نمونه لازم برای تخمین کیفیت متوسط مصالح در دپو و یا جهت انجام آزمایشات.

E141 : دستورالعمل جهت تأیید گواهی که بر اساس نتایج حاصله از نمونه‌گیری احتمالی تنظیم شده‌اند.

۳- اهمیت و کاربرد :

۳-۱- نمونه برداری و انجام آزمایش دارای اهمیت یکسانی می باشند و نمونه بردار باید تمام احتیاطهای لازم را به کار برد تا نمونه بدست آمده معرف وضعیت و طبیعت مصالح نمونه گیری شده باشد.

۳-۲- برای توسعه منابع قرضه نمونه های مربوط به آزمون های مطالعات اولیه توسط عوامل مسئول اخذ می گردد (توجه ۲). نمونه هایی که بمنظور کنترل محصولات منابع قرضه یا کنترل کار در محل باشد توسط تولیدکننده، پیمانکار یا سایر عوامل مسئول در پروژه می توانند نمونه گیری شوند. اما برای تأیید یا رد مصالح از سوی خریدار مصالح، نمونه هایی برای آزمایش توسط وی یا نماینده مجاز ایشان اخذ می شود.

توجه ۲- مطالعات اولیه و نمونه برداری از منابع قرضه اهمیت بسیار زیادی در تعیین قابل دسترس و مناسب بودن مصالح برای شروع کار در مرحله اجرا دارد. این مطالعات از نظر اقتصادی بر روی نحوه اجراء و دوام سازه ها تاثیر زیادی دارد. این مطالعات فقط باید توسط مسئولین کارآموده و باتجربه انجام گیرد. برای اطلاعات بیشتر، به ضمیمه مراجعه نمایید.

۴- نمونه های قابل اطمینان:

۴-۱- کلیات: تا جایی که ممکن است نمونه های آزمایشات کنترل کیفی باید از آخرین مرحله تولید مصالح اخذ گردند. نمونه های بدست آمده از مرحله نهایی تولید که بایستی تحت آزمایش کاهش وزن در اثر سایش قرار گیرند، نباید پس از تهیه در معرض سایش بیشتر یا خرد شدن با دست قرار گیرند. مگر در مواقعی که اندازه سنگدانه ها در مرحله نهایی تولید طوری باشد که برای انجام آزمایش لازم باشد مصالح خرد شوند.

۴-۲- بازرسی: مصالح باید برای تعیین تغییرات قابل تشخیص بازرسی شود. فروشنده مصالح باید وسایل مناسب و امکانات لازم را برای بازرسی مناسب و نمونه برداری فراهم نماید.

۴-۳- دستورالعمل:

۴-۳-۱- نمونه برداری از مصالح در حال جریان (مسیر تخلیه سیلواها یا خروجی نوار نقاله): بطور اتفاقی واحدهایی را برای نمونه برداری مطابق با دستورالعمل D3665 انتخاب کنید. حداقل سه قسمت تقریباً مساوی از واحدهایی که به تصادف انتخاب شده اند برداشته و با هم مخلوط کنید به طوری که وزن نهایی نمونه حاصله، از وزن توصیه شده در بخش ۴-۴-۲ کمتر نباشد. نمونه ها را از کل مقطع عرضی مصالح در حال جریان اخذ نمایید. معمولاً لازم است برای نمونه برداری از هر کارخانه خاص یک وسیله مخصوص در اختیار داشته

باشیم. این وسیله شامل یک سینی به اندازه کافی بزرگ برای یک برش کامل عرضی از مصالح در حال جریان و برداشتن مقدار مورد نیاز مصالح، بدون سرریز شدن است. برای نگه داشتن سینی‌ها در مسیر جریان می‌توان از یک سری ریل استفاده کرد. در صورت امکان، جهت کاستن از جدایی بین دانه‌ها همیشه سیلوها را پر یا تقریباً پر نگه دارید.

توجه ۳- به علت اینکه نمونه‌برداری از ابتدا و انتهای مصالح در حال تخلیه از سیلو یا تسمه نقاله، احتمال جدایی دانه‌ها و به هم خوردن دانه‌بندی را افزایش می‌دهد، لذا باید از این کار خودداری شود.

۲-۳-۴- نمونه‌برداری از روی تسمه نقاله :

بطور اتفاقی واحدهایی را برای نمونه‌برداری طبق دستورالعمل D3665 انتخاب کنید. حداقل سه قسمت تقریباً مساوی را بطور اتفاقی از واحدی که نمونه‌برداری می‌شود بردارید و با هم مخلوط کنید تا نمونه‌ای بدست آید که برابر یا بیشتر از حداقل مقدار پیشنهادی در بند ۴-۴-۲ باشد. در طول نمونه‌برداری تسمه نقاله را متوقف کنید. دو تیغه که یک ضلع آن مشابه مقطع تسمه نقاله باشد را در مصالح موجود بر روی تسمه نقاله فرو کنید. به طوری که مصالح قرار گرفته مابین دو تیغه به اندازه‌ای باشد که نمونه‌ای با وزن مورد نیاز برای ما تأمین نماید. تمامی مصالح مابین تیغه‌ها را به دقت برداشته و داخل یک ظرف مناسب بریزید. ذرات ریز مانده روی نوار را با یک برس جمع کرده و به محتویات ظرف اضافه کنید.

۳-۳-۴- نمونه‌گیری از محل دپوها و از وسایل انتقال مصالح :

تا جایی که ممکن است از نمونه‌برداری از مصالح درشت‌دانه یا مخلوطی از مصالح درشت‌دانه و ریزدانه از پشت کامیون یا محل دپوها خودداری کنید. مخصوصاً هنگامی که هدف از نمونه‌برداری تعیین خواصی از سنگدانه‌ها باشد که به دانه‌بندی مصالح وابسته است. چنانچه نمونه‌برداری از محل دپوی مصالح درشت‌دانه یا ترکیبی از مصالح درشت‌دانه و ریز دانه ضروری باشد باید یک روش نمونه‌برداری خاص طراحی کنید. در این صورت عوامل نمونه‌برداری اجازه خواهند داشت روشی را برای نمونه‌برداری بکار برند که نتایج حاصله از آن قابل اعتماد باشد. در این روش باید مشخص شود برای تهیه یک نمونه چند پیمانانه از مصالح برداشته و مخلوط شود و نیز چند نمونه برای شناسایی کل مصالح لازم است.

اصول کلی نمونه‌گیری از محل دپوها برای نمونه‌گیری از کامیون‌ها، واگن‌های باری، قایق‌های باری و سایر بارکش‌ها نیز قابل اعمال است برای راهنمایی‌های کلی‌تر در مورد نمونه‌برداری از محل دپوها به ضمیمه مراجعه نمایید.

۴-۳-۴- نمونه برداری از جاده (اساس و زیراساس):

برای نمونه برداری، بخشهایی از جاده را به روش اتفاقی بر اساس دستورالعمل D3665 انتخاب کنید. حداقل سه مقدار تقریباً مساوی به صورت اتفاقی از قسمتی که برای نمونه گیری انتخاب شده است بردارید و با هم مخلوط کنید تا نمونه ای با وزنی، برابر یا بیشتر از حداقل مقدار ذکر شده در بخش ۴-۴-۲ بدست آید. تمام نمونه ها را از کل ضخامت لایه بردارید. مواظب باشید چیزی از مصالح لایه زیرین با آن مخلوط نشود. قبلاً محلی که نمونه ها از آن برداشته می شود به طور واضح علامت گذاری کنید. قرار دادن یک صفحه فلزی روی هر کدام از نواحی مورد نظر برای نمونه برداری راه حل مناسبی برای تهیه قسمتهایی با وزن های تقریباً مساوی است.

۴-۴- تعداد و وزن نمونه های صحرائی:

۴-۴-۱- تعداد نمونه های صحرائی مورد نیاز (بدست آمده طبق یکی از روشهای بخش ۴-۳) بستگی به بحرانی بودن یا میزان تغییرات ویژگی مورد نظر در مصالح دارد. قبل از نمونه برداری تعداد بخش هایی که باید نمونه برداری شوند، مشخص کنید. تعداد نمونه های اخذ شده باید برای کسب نتایجی با دقت مطلوب، کافی باشد.

توجه ۴- راهنمایی بیشتر در مورد تعداد نمونه ها و رسیدن به اطمینان مطلوب در مورد نتایج آزمایشات در استانداردهای E141، E122، E105، ASTM D2334 موجود است.

۴-۴-۲- وزن های ذکر شده برای نمونه برداری پیشنهادی هستند. مقدار وزن مصالح باید با نوع و تعداد آزمایشهایی که بر روی مصالح انجام خواهد شد متناسب باشد. به طوری که مصالح کافی برای انجام آزمایشات موجود باشد. تأیید آزمایشها براساس استاندارد و آزمایشات کنترلی در استانداردهای ASTM آمده است و مقدار مصالح مورد نیاز برای هر آزمایش مشخص شده است. به طور کلی مقادیر مشخص شده در جدول ۱ برای دانه بندی معمولی و بررسی کیفیت مصالح است. جدا کردن بخشی از نمونه برای انجام آزمایش بر اساس استاندارد T248 و یا به صورتی که در سایر روشهای آزمایشها مورد نیاز است، انجام می شود.

جدول ۱- مقدار نمونه‌ها

حداکثر اندازه اسمی سنگدانه‌ها* in (mm)	حداقل وزن تقریبی نمونه‌های صحرایی** lb(kg)	نوع مصالح
No.8 (2.36)	25 (10)	مصالح ریز دانه
No.4 (4.75)	25 (10)	
$\frac{3}{8}$ (9.5)	25 (10)	مصالح درشت دانه
$\frac{1}{2}$ (12.5)	35 (15)	
$\frac{3}{4}$ (19)	55 (25)	
1 (25)	110 (50)	
$1\frac{1}{2}$ (37.5)	165 (75)	
2 (50)	220 (100)	
$2\frac{1}{2}$ (63)	275 (125)	
3 (75)	330 (150)	
$3\frac{1}{2}$ (90)	385 (175)	

* برای مصالح سنگی مورد آزمایش حداکثر اندازه اسمی ذرات در واقع اندازه کوچکترین الکی در مشخصات دانه‌بندی است که حداکثر ده درصد وزنی سنگدانه‌ها روی آن باقی بماند.

** برای مخلوط مصالح سنگی درشت‌دانه و ریزدانه (برای مثال اساس و زیر اساس) حداقل وزن مصالح باید برابر حداقل مقدار ذکر شده در جدول ۱ برای مصالح درشت‌دانه به اضافه ۱۰ kg باشد.

۵- انتقال نمونه‌ها:

۵-۱- مصالح را در کیسه‌ها یا سایر ظروف به گونه ای حمل کنید که هیچ قسمتی از نمونه از دست نرفته و یا با سایر مواد آلوده نشود. همچنین در حین انتقال، در خواص مصالح تغییری ایجاد نشود.

۵-۲- مشخصات ظروف حاوی نمونه‌های مصالح سنگی باید به طور جداگانه و مناسب به آنها ضمیمه شود تا بر اساس آنها گزارش محلی، ثبت در آزمایشگاه و گزارش آزمایشگاهی به آسانی ارائه شود.

۶- لغات کلیدی:

۶-۱- شناسایی پتانسیل منابع قرضه مصالح سنگی، مقدار و اندازه مورد نیاز برای تخمین خصوصیات مصالح سنگی، نمونه‌برداری از مصالح سنگی.

ضمیمه

X1 - نمونه‌برداری از محل دپوها یا وسایل انتقال دهنده

X1-1 - هدف:

X1-1-1 - در بعضی مواقع نمونه‌برداری از مصالح در محل دپو، واگن‌ها، کرجی‌ها یا کامیون الزامی است. در این موارد باید مطمئن شد که جدایی دانه‌ها خطای قابل توجهی در نتایج آزمایشات ایجاد نمی‌کند.

X1-2 - نمونه‌برداری از محل دپوها :

X1-2-1 - در نمونه‌گیری از محل دپوها اطمینان از عدم وجود خطا در نمونه‌گیری مشکل است. از آنجا که در هنگام دپو کردن مصالح، جدایی دانه‌ها اتفاق می‌افتد و ذرات درشت‌تر به سمت بیرون دپو می‌غلتنند، باید در دپوهای مصالح درشت‌دانه یا مخلوط مصالح درشت‌دانه و ریزدانه تا حد ممکن سعی شود وسایل نمونه‌گیری موتوری مورد استفاده قرارگیرد. با این وسایل ابتدا از سطوح و ترازهای مختلف دپوی اصلی یک دپو جداگانه برای نمونه‌برداری نهایی ساخته می‌شود. سپس از قسمتهای مختلف دپوی کوچک مقادیری اخذ و پس از ترکیب آنها نمونه اصلی حاصل می‌شود. اگر تعیین میزان تغییرات در مصالح دپوی اصلی لازم باشد، نمونه‌های مجزایی بایستی از جاهای مختلف دپو اخذ گردد.

X1-2-2 - هر جا وسیله نمونه‌گیری موتوری در دسترس نباشد باید حداقل از سه نقطه دپو یک سوم فوقانی، وسط و یک سوم تحتانی حجم دپو نمونه‌برداری انجام شود. فروکردن یک صفحه فلزی به طور قائم روی سطح دپو دقیقاً در بالای نقطه نمونه‌برداری، جدایی دانه‌ها را کاهش می‌دهد. هنگام نمونه‌برداری از محل دپوی مصالح ریزدانه، لایه خارجی که ممکن است در آن جدایی دانه‌ها اتفاق افتاده باشد باید کنار زده شود و از مصالح زیرین نمونه‌برداری انجام شود. برای نمونه‌برداری می‌توان لوله‌های نمونه‌گیری به قطر حداقل ۳۰ میلیمتر و به طول حداقل ۲ متر را به طور تصادفی حداقل در پنج نقطه فرو کرد.

X1-3 - نمونه‌گیری از وسایل انتقال :

X1-3-1- برای نمونه‌گیری از مصالح درشت‌دانه بارگیری شده در واگنها و کرجی‌ها باید کوشش کرد، از وسایل موتوری که بتواند از موقعیت‌های تصادفی و سطوح مختلف مصالح نمونه‌برداری کند، کمک گرفت. اگر چنین وسیله‌ای در دسترس نباشد، به عنوان یک دستورالعمل کلی لازم است در سه نقطه یا بیشتر تا عمق مناسب گودالهایی حفر شود بطوری که نمونه‌های اخذ شده معرف خواص مصالح بارگیری شده باشند. کف گودال باید تقریباً هم‌تراز و هم‌سطح باشد. پهناي گودال و عمق آن از سطح، حداقل باید $0/3$ متر باشد. توسط یک بیل یا بیلچه از هر گودال بایستی حداقل سه قسمت از مصالح از نقاطی با فواصل تقریباً مساوی برداشته شود. نمونه‌برداری از مصالح درشت‌دانه بارگیری شده در کامیون‌ها هم مثل نمونه‌برداری از قایق‌ها و واگن‌ها است با این تفاوت که تعداد نقاط برداشت مصالح برای تهیه نمونه اصلی در کامیون‌ها متناسب با ابعاد کامیون است. برای نمونه‌گیری مصالح ریزدانه از وسایل حمل و نقل می‌توان از لوله‌های ذکر شده در بخش X1-2 استفاده کرده و قسمت‌هایی به تعداد لازم برای تهیه نمونه اصلی خارج کرد.

X2 - تعیین موجودی معادن مصالح سنگی

X2-1 - هدف:

X2-1-1 - نمونه‌برداری برای ارزیابی موجودی معادن باید توسط یک مسئول تعلیم دیده و باتجربه انجام گیرد. به علت گستردگی تغییرات شرایط نمونه‌برداری نمی‌توان روش مشخص و کاملی را برای کاربرد در تمام موارد ارائه نمود. هدف این ضمیمه ارائه یک راهنما و مرجع کلی می‌باشد.

X2-2 - نمونه‌برداری سنگ از معادن و رگه‌ها:

X2-2-1 - بازرسی: سطح معدن یا رگه برای بررسی تغییرات قابل رویت بازرسی شود. اختلاف در رنگ و ساختار باید ثبت شود.

X2-2-2 - نمونه‌برداری و اندازه نمونه: نمونه‌های جداگانه‌ای با وزن حداقل 25 kg باید از هر لایه قابل تشخیص اخذ شود. نباید در نمونه آنقدر مصالح هوازده وجود داشته باشد که برای اهداف منظور شده مناسب نباشد. حداقل یکی از قطعات موجود در نمونه باید در ابعاد $100 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ و بدون ترک و شکستگی باشد. این قطعه را انتخاب و وجه صاف آن را به طور واضح علامتگذاری نمائید.

X2-2-3- ثابت: علاوه بر اطلاعات کلی که هر نمونه آزمایشگاهی باید دارا باشد نمونه‌های اخذ شده از رگه ها یا معادن باید دارای اطلاعات ذیل نیز باشد:

X2-2-3-1- مقدار تقریبی مصالح موجود (اگر مقدار بسیار زیاد باشد می توان مقدار آنرا به صورت نامحدود ثبت کرد).

X2-2-3-2- مقدار و خصوصیات مصالح سربار.

X2-2-3-3- ثبت جزئیاتی که نشان دهنده محدوده و محل مصالح مربوط به هر نمونه باشد.

X2-1- توجه - برای این منظور تهیه کروکی، نقشه و نیمرخ‌های عرضی که نشان دهنده ضخامت و موقعیت لایه های مختلف باشد، توصیه می شود.

X2-3- نمونه‌برداری از کنار جاده ها یا از رسوبات شن و ماسه‌ای:

X2-3-1- بازرسی: منابع شن و ماسه موجود ممکن است در اثر گودبرداری های قبلی یا رسوبات مشخص شده از تفسیر عکسهای هوایی ، اکتشافات ژئوفیزیکی یا سایر بررسیهای منطقه‌ای کشف شده باشد.

X2-3-2- نمونه‌برداری: نمونه‌ها باید از هر لایه‌ای که توسط نمونه‌بردار قابل تشخیص باشد اخذ گردند. تخمینی از حجم مصالح مختلف انجام گیرد، اگر منبع مصالح بصورت یک معدن رو باز در حال بهره‌برداری است، برای نمونه‌گیری باید کانال قائم از بالا تا پایین حفر کرد بطوری که نمایانگر مصالح مورد استفاده باشد و مصالح اضافی و دست خورده داخل نمونه قرار نگیرد. برای تعیین کیفیت مصالح و وسعت معدن در زیر سطح ظاهری بایستی گمانه‌های شناسایی در محل‌های متعددی حفر شوند.

تعداد و عمق گمانه‌ها به مقدار مصالح مورد نیاز، توپوگرافی منطقه، طبیعت معدن، خصوصیات مصالح و موجودی معدن بستگی دارد. اگر بازرسی های چشمی نشان دهد که تغییرات قابل توجهی در مصالح وجود دارد باید نمونه‌های جداگانه‌ای از هر کدام از لایه‌های مصالح برداشته شود. هر نمونه باید کاملاً مخلوط شود و در صورت نیاز کوارتر شود بطوری که پس از کوارتر کردن، وزن نمونه‌های ماسه حداقل ۱۲ کیلوگرم و وزن نمونه‌هایی که دارای مقادیر قابل توجهی درشت‌دانه می‌باشند حداقل ۳۵ کیلوگرم باشد.

X2-3-3- ثابت: علاوه بر اطلاعات عمومی همراه با تمام نمونه‌ها اطلاعات زیر نیز باید ضمیمه نمونه‌های مصالح بدست آمده از معادن شن و ماسه باشد.

X2-3-3-1- محل معدن.

X2-3-3-2- تخمین تقریبی مقدار مصالح موجود.

X2-3-3-3- مقدار و خصوصیات مصالح سربار.

X2-3-3-4 - فاصله حمل مصالح تا محل پروژه.

X2-3-3-5 - شرایط حمل (نوع جاده و ماکزیمم شیب و...).

X2-3-3-6 - جزئیاتی که میزان و محل مصالح متناظر با هر نمونه را مشخص نماید.

X2-2 - توجه برای این منظور تهیه نقشه از پلان و نیمرخهای عرضی که نشان دهنده موقعیت و ضخامت لایه های مختلف باشد توصیه می گردد.

X3 - تعداد و مقدار نمونه‌هایی که برای تخمین خصوصیات واحد نمونه برداری شده مورد نیاز است

X-3-1 - هدف :

X3-1-1 - این ضمیمه دلایل اساسی و منطقی کمیته مسئول برای تکمیل این دستورالعمل را ارائه می کند.

X3-2 - تعریف عبارات ویژه این استاندارد:

X3-2-1 - نمونه صحرائی: مقدار کافی از مصالح که بمنظور انجام آزمایش اخذ می شود و انتظار می رود معرف کیفیت متوسط واحد نمونه برداری شده باشد.

X3-2-2 - توده: مقدار مجزا شده ای از مصالح که از یک منبع بدست آمده اند و در یک مرحله تولید شده اند (برای مثال مصالح تولید شده در یک روز یا وزن یا حجم مشخصی از مصالح).

X3-2-3 - بخش مورد آزمایش: مقدار کافی از مصالح که از یک نمونه صحرائی بزرگتر جدا شده باشد. این بخش طی روش خاصی که اطمینان حاصل شود نمونه اخذ شده معرف دقیق خصوصیات محل نمونه برداری شده است، جدا می شود.

X3-2-4 - واحد: مقدار یا قسمت محدودی از مصالح حجیم (برای مثال بار یک کامیون یا یک سطح خاکریزی شده مشخص).

X3-3 - واحد تحت آزمایش، اندازه و تغییر پذیری:

X-3-3-1 - واحدی که برای نمونه برداری در نظر گرفته می شود نباید آنقدر بزرگ باشد که تغییرات در واحد نمونه گیری شده، از نظر دور بماند و نه چنان کوچک باشد که تابع تغییرات ناچیز در مصالح باشد.

X3-3-2 - واحدی از مصالح حجیم که شامل مصالح سنگی دانه‌بندی شده یا مصالح سنگی مخلوط می‌باشد ممکن است به اندازه بار یک کامیون پر باشد. اگر امکان داشت تمام بار را می‌توان مورد آزمایش قرار داد. به عنوان یک راه حل عملی، از مصالح بارگیری نشده یا بارگیری شده به داخل کامیون، حداقل سه قسمت برداشته و با هم ترکیب نمائید تا یک نمونه آزمایش بدست آید. تحقیقات نشان می‌دهد دقت این روش تقریباً به اندازه دقت روشی است که در آن از ۱۵ یا ۲۰ نقطه نمونه‌برداری انجام می‌شود.

X3-3-3 - در حجم عظیمی از مصالح ممکن است تغییرات قابل توجهی وجود داشته باشد، که باید با محاسبات آماری به صورت انحراف استاندارد میان واحدهای انتخاب شده جهت نمونه‌برداری، نشان داده شود.

استاندارد آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه با الک AASHTO - T27

۱-هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین چگونگی توزیع اندازه مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه به وسیله الک کردن را شامل می‌شود.

۱-۲- مشخصاتی از مصالح سنگی که از طریق این آزمایش به دست می‌آیند جزو نیازهای دانه‌بندی مصالح درشت‌دانه و بخش ریزدانه است. این دستورات برای تجزیه چنین مصالحی با الک می‌باشد.

۱-۳- مقادیر بیان شده در واحدهای SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته شده اند و مقادیر داخل پرانتز نیز فقط برای اطلاع آورده شده‌اند. مشخصات M92 اندازه چشمه الکهها را با واحد اینچ به عنوان استاندارد بیان می‌کند. ولی در این روش آزمایش، اندازه چشمه الکهها بر حسب واحدهای SI که دقیقاً معادل با مقادیر عددی آنها در واحد اینچ است، آورده شده است.

۱-۴- این استاندارد ممکن است شامل مواد، روشها و وسایل خطرناک باشد. این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در نظر نمی‌گیرد، هر گونه مسئولیتی بر عهده استفاده کننده از این استاندارد است که قبل از استفاده، دستورالعمل‌های ایمنی و سلامتی را تهیه و محدودیتهای کاربرد آن را مشخص نماید.

۲- منابع مرجع

۲-۱- استانداردهای AASHTO :

M92 - الکههای سیمی برای آزمایش

M231 - ابزارهای توزین مورد استفاده برای آزمایش مواد

R1 - استفاده از سیستم واحدهای بین‌المللی

T11 - تعیین مصالح معدنی ریزتر از الک $75 \mu m$ (نمره ۲۰۰) به وسیله شستشو

T248 - کاهش دادن مقدار نمونه‌های مصالح سنگی به مقدار مورد نظر برای آزمایش

۲-۲- استانداردهای ASTM :

C125 - واژه شناسی مربوط به بتن و مصالح سنگی بتن

C670 - دستورالعمل تأمین دقت و وضعیت خطا برای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

۳-واژه شناسی:

۳-۱- تعاریف- برای توضیح معانی واژه‌های استفاده شده در این استاندارد به استاندارد ASTM-C125 رجوع کنید.

۴- خلاصه روش آزمایش:

یک نمونه از مصالح سنگی خشک با جرم مشخص توسط یکسری از الکها که اندازه سوراخهای آنها به ترتیب از بالا به پایین کوچکتر می‌شوند، به منظور تعیین چگونگی توزیع اندازه ذرات، جداسازی می‌شوند.

۵-اهمیت و کاربرد:

۵-۱- این روش اصولاً برای دانه‌بندی موادی که به عنوان مصالح سنگی مصرفی در نظر گرفته می‌شوند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج بدست آمده از این آزمایش برای تعیین مورد قبول بودن اندازه ذرات طبق مشخصات مورد قبول و نیز برای تهیه اطلاعات مورد نیاز برای کنترل تولید مصالح سنگی مختلف و مخلوطهای حاوی مصالح سنگی بکار می‌رود. همچنین این اطلاعات ممکن است برای نشان دادن روابط تخلخل و تراکم مفید باشند.

۵-۲- طبقه بندی دقیق مواد ریزتر از الک $75 \mu m$ (نمره ۲۰۰) به تنهایی نمی‌تواند توسط این روش صورت پذیرد. برای مصالح ریزتر از $75 \mu m$ باید روش شستشو مطابق با دستورالعمل T11 به کار رود.

۶-ابزار:

۶-۱- ترازو - ترازو باید ظرفیت کافی داشته باشد، قابل قرائت تا 0.1 درصد جرم نمونه یا دارای دقت بیشتر بوده و الزامات استاندارد M231 را برآورده سازد.

۶-۲- الکها - صفحه الک باید روی قابهای محکم سوار شده و طوری ساخته شده باشد تا از حذف شدن مواد در طی عمل الک کردن جلوگیری شود. صفحه الک و چشمه‌های الک استاندارد باید مطابق با الزامات دستورالعمل M92 باشد. الکهای با اندازه قاب غیر استاندارد، باید منطبق بر الزامات دستورالعمل M92 باشد.

تذکر ۱- توصیه میشود که الکهای دارای قطر قاب بزرگتر از حد استاندارد $203/2$ میلیمتر (۸ اینچ) در آزمایش مصالح سنگی درشت‌دانه برای کاهش احتمال اضافه بار الکها استفاده شوند (رجوع شود به بخش ۸-۳).

۳-۶- دستگاه تکان دهنده مکانیکی الک - اگر از یک دستگاه تکان دهنده مکانیکی استفاده می‌شود، این دستگاه باید حرکتی برای الکها ایجاد کند تا باعث شود ذرات بالا جهیده، غلت خورده و از یک طرف به طرف دیگر جابجا شوند. به طوریکه دانه‌ها از جهات مختلف روی سطح الک قرار بگیرند. عمل الک کردن باید تا زمانی ادامه یابد که معیار کفایت عمل الک کردن در یک مدت قابل قبول مطابق توضیحات بخش ۴-۸ حاصل شود.

تذکر ۲ - استفاده از تکان دهنده مکانیکی وقتی پیشنهاد می‌شود که مقدار نمونه برابر ۲۰ کیلوگرم یا بیشتر باشد. همچنین برای نمونه‌های کوچکتری که شامل مصالح ریزدانه است نیز ممکن است از تکان دهنده مکانیکی استفاده شود. زمان طولانی برای الک کردن (بیش از تقریباً ۱۰ دقیقه) ممکن است باعث تخریب و سایش نمونه شود. یک چنین دستگاه تکان دهنده‌ای ممکن است برای هر مقدار نمونه، قابل استفاده نباشد. از آنجائی که برای الک کردن مصالح سنگی درشت‌دانه با اندازه اسمی بزرگتر، فضای الک کردن بیشتری مورد نیاز است، احتمال زیادی دارد که کاهش مقدار نمونه منجر به از دست رفتن بخشی از نمونه شود.

۴-۶- گرمخانه (اون) - یک اون با اندازه مناسب که قادر به حفظ دمای یکنواخت $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ (۲۳۰±۹ درجه فارنهایت) باشد.

۷- نمونه برداری:

۱-۷- نمونه برداری از مصالح سنگی مطابق با استاندارد T2 انجام شود. مقدار نمونه باید مطابق با جرمهای ارائه شده در T2 و یا چهار برابر جرم مورد نیاز برای آزمایش که در بخشهای ۴-۷ و ۵-۷ گفته شده است (به جز آنچه که در بخش ۶-۷ اصلاح شده است) و یا هر کدام که بزرگتر باشد.

۲-۷- نمونه را کاملاً مخلوط نمائید و آنرا به مقدار مناسبی مطابق روش توضیح داده شده در T248 برای آزمایش کاهش دهید. در پایان عمل کاهش مقدار نمونه، جرم مصالح باقیمانده باید در حالت خشک برابر جرم مورد نظر باشد. هیچگاه نباید مقدار نمونه را به یک جرم از پیش تعیین شده دقیق کاهش داد.

تذکر ۳- موقعی که هدف از آزمایش تجزیه با الک، فقط تعیین مصالح ریزتر از الک $75 \mu\text{m}$ (نمره ۲۰۰) باشد، مقدار نمونه باید به حدی کاهش داده شود که از حمل مقادیر اضافی مصالح زائد به آزمایشگاه جلوگیری شود.

۳-۷- مصالح ریزدانه - مقدار نمونه از مصالح ریزدانه بعد از خشک شدن باید حداقل ۳۰۰ گرم باشد.

۴-۷- مصالح درشت‌دانه - جرم نمونه از مصالح درشت‌دانه باید مطابق با جدول زیر باشد:

حداقل جرم نمونه آزمایش Kg (lb)	حداکثر اندازه اسمی چشمه‌های مربعی mm (in)
1 (2)	$9.5(\frac{3}{8})$
2 (4)	$12.5(\frac{1}{2})$
5 (11)	$19(\frac{3}{4})$
10 (22)	25 (1)
15 (33)	$37.5(1\frac{1}{2})$
20 (44)	50 (2)
35 (77)	$63(2\frac{1}{2})$
60 (130)	75 (3)
100 (220)	$90(3\frac{1}{2})$
150 (330)	100 (4)
300 (660)	125 (5)

۷-۵- مخلوط های مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه - مقدار جرم نمونه آزمایش برای مخلوط مصالح ریزدانه و درشت‌دانه، باید همانند مقدار جرم مصالح درشت‌دانه که در بخش ۷-۴ گفته شد، باشد.

۷-۶- نمونه‌های مصالح سنگی درشت‌دانه با اندازه دانه‌های درشت - مقدار نمونه اخذ شده از مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی 50 mm یا بزرگتر به مقدار مناسب کاهش داده نمی‌شود و آزمایش روی کل نمونه انجام می‌شود. به استثنای زمانی که از جداکننده‌های مکانیکی بزرگ و دستگاه تکان دهنده استفاده می‌شود. هنگامی که چنین وسایلی مهیا نباشند، به عنوان یک گزینه، به جای مخلوط کردن نمونه و کاهش مقدار آن به مقدار مورد نیاز برای آزمایش، آزمایش الک را بر روی تعدادی از بخشهای جداگانه تقریباً مساوی از نمونه انجام دهید. به طوریکه کل جرم آزمایش شده بر طبق الزامات بخش ۷-۴ باشد.

۷-۷- در مواقعی که مقدار مصالح ریزتر از الک $75 \mu m$ (نمره ۲۰۰) توسط آزمایش به روش استاندارد T11 تعیین شده باشد، از دستورالعملهای توضیح داده شده در بخشهای ۷-۷-۱ یا ۷-۷-۲ هر کدام که قابل اجرا باشد، استفاده کنید.

۷-۷-۱- برای مصالحی با حداکثر اندازه اسمی $12/5$ میلیمتر ($1/2$ in) یا کمتر، از نمونه‌ای همانند نمونه مورد نیاز برای آزمایش به روش T11 و یا این روش، استفاده کنید. ابتدا آزمایش بر روی نمونه را مطابق دستورالعمل T11 انجام دهید و پس از خشک شدن نهائی نمونه، آزمایش الک را بر روی آن مطابق بخشهای ۸-۲ تا ۸-۷ انجام دهید.

۷-۷-۲- هنگام استفاده از مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی بزرگتر از $12/5$ میلیمتر ($1/2$ in) در آزمایش به روش T11 و یا این روش، ممکن است یک نمونه آزمایش واحد (همانطور که در بخش ۷-۷-۱ توضیح داده شده) و یا نمونه‌های جداگانه، مورد استفاده قرار گیرد.

۸- روش آزمایش:

۸-۱- اگر نمونه آزمایش قبلاً توسط روش T11 مورد آزمایش قرار نگرفته باشد، آنرا تا رسیدن به یک جرم ثابت در دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد (230 ± 9 درجه فارنهایت) خشک کرده و جرم آنرا با دقت $0/1$ درصد جرم خشک کل نمونه اولیه، تعیین کنید.

تذکره ۴- به منظور کنترل، مخصوصاً هنگامی که نتیجه‌گیری سریع مورد نظر باشد، عموماً لازم نیست مصالح سنگی درشت‌دانه را برای انجام آزمایش الک خشک کرد. در این صورت نتایج به صورت جزئی تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. به استثنای موارد زیر:

(۱) حداکثر اندازه اسمی مصالح، کوچکتر از $12/5$ میلیمتر ($1/2$ in) باشد.

(۲) مصالح سنگی درشت‌دانه حاوی مقدار قابل توجهی مصالح ریزتر از الک $4/75$ میلیمتر (نمره ۴) باشند.

(۳) مصالح درشت‌دانه خیلی جاذب باشند. (به عنوان مثال مصالح سنگی سبک وزن)

همچنین نمونه‌ها ممکن است در دمای بالاتر با استفاده از صفحات داغ خشک شوند بدون اینکه تأثیری در نتایج حاصل شود.

۸-۲- الکتهائی با اندازه سوراخهای مناسب که بتواند اطلاعات مورد نیاز را در اختیار ما قرار دهد، طبق مشخصات مصالحی که باید مورد آزمایش قرار گیرند، انتخاب کنید. اگر بدست آوردن اطلاعات بیشتری نظیر ضریب نرمی یا کنترل مقدار مصالح مانده روی یک الک خاص ضروری باشد، از الکتهای اضافی استفاده کنید. الکها را به ترتیب کاهش اندازه سوراخها از بالا به پائین بچینید و کل نمونه و یا در صورتی که باید در بخشهایی بیش از یک بار الک شود، بخشی از آنرا روی بالاترین الک قرار دهید. الکها را توسط دست یا تکان دهنده مکانیکی تا یک زمان مناسبی که از آزمایش و یا کنترل اندازه گیری روی نمونه واقعی تعیین می شود، تکان دهید به طوریکه معیارهای کافی بودن عمل الک کردن مطابق توضیحات بخش ۸-۴ حاصل شود.

۸-۳- مقدار مصالح روی هر الک را محدود کنید به طوری که تمام ذرات فرصت داشته باشند در طی عمل الک کردن چندین بار با سوراخهای الک تماس پیدا کنند. برای الکتهای با اندازه سوراخ کوچکتر از $4/75$ میلیمتر (الک نمره ۴)، مقدار باقی مانده روی هر الک در پایان عمل الک کردن نباید بیش از $7 \frac{kg}{m^2}$ ($4 \frac{gr}{in^2}$) بر روی سطح الک باشد. برای الکتهای با اندازه سوراخ $4/75$ میلیمتر یا بزرگتر، مقدار باقیمانده روی الک به کیلوگرم نباید از مقدار به دست آمده از فرمول: (سطح موثر الک به m^2) \times (اندازه سوراخ الک به میلیمتر) $\times 2/5$ تجاوز کند. این مقادیر در جدول ۱ به ازا پنج اندازه الکتهایی که به طور معمول استفاده می شوند، نشان داده شده است. در هیچ حالتی نباید مقدار باقی مانده روی الک به قدری باشد که باعث تغییر شکل دائمی صفحه الک شود.

۸-۳-۱- جلوگیری از اضافه بار مصالح روی یک الک به وسیله یکی از روشهای زیر انجام می شود:

۸-۳-۱-۱- یک الک اضافی با اندازه سوراخ مابین الکی که ممکن است اضافه بار داشته باشد و الک بالائی آن، در ترتیب قرار گیری الکها جای دهید.

۸-۳-۱-۲- نمونه را به دو قسمت یا بیشتر تقسیم کنید و هر قسمت را به طور جداگانه الک کنید. جرمهای باقیمانده در مراحل مختلف روی یک الک خاص را قبل از محاسبه درصد مانده روی الک، با هم مخلوط کنید.

۸-۳-۱-۳- از الکتهائی که دارای اندازه قاب بزرگتر هستند و سطح بیشتری برای الک کردن دارند استفاده کنید.

TABLE 1 Maximum Allowable Quantity of Material Retained on a Sieve, kg

Sieve Opening Size, mm	Nominal Dimensions of Sieve ^a				
	203.2-mm dia ^b	254-mm dia ^b	304.8-mm dia ^b	350 by 350 mm	372 by 580 mm
	Sieving Area, m ²				
	0.0285	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
125	c	c	c	c	67.4
100	c	c	c	30.6	53.9
90	c	c	15.1	27.6	48.5
75	c	8.6	12.6	23.0	40.5
63	c	7.2	10.6	19.3	34.0
50	3.6	5.7	8.4	15.3	27.0
37.5	2.7	4.3	6.3	11.5	20.2
25.0	1.8	2.9	4.2	7.7	13.5
19.0	1.4	2.2	3.2	5.8	10.2
12.5	0.89	1.4	2.1	3.8	6.7
9.5	0.67	1.1	1.6	2.9	5.1
4.75	0.33	0.54	0.80	1.5	2.6

^a Sieve frame dimensions in inch units: 8.0-in. diameter; 10.0-in. diameter; 12.0-in. diameter; 13.8 by 13.8 in. (14 by 14 in. nominal); 14.6 by 22.8 in. (16 by 24 in. nominal).

^b The sieve area for round sieve frames is based on an effective diameter 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ in.) less than the nominal frame diameter, because Specification M92 permits the sealer between the sieve cloth and the frame to extend 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ in.) over the sieve cloth. Thus the effective sieving diameter for a 203.2-mm (8.0-in.) diameter sieve frame is 190.5 mm (7.5 in.). Some manufacturers of sieves may not infringe on the sieve cloth by the full 6.35 mm ($\frac{1}{4}$ in.).

^c Sieves indicated have less than five full openings and should not be used for sieve testing except as provided in 8.6.

تذکره ۵- مقدار $\frac{7 \text{ kg}}{m^2}$ برابر ۲۰۰ گرم برای یک الک معمولی به قطر $203/2$ میلیمتر (۸ اینچ) با سطح موثری به قطر $190/5$ میلیمتر (۷/۵ اینچ) می باشد.

۸-۴ عمل الک کردن را تا زمانی ادامه دهید که بیش از $0/5$ درصد جرم کل نمونه در مدت یک دقیقه الک کردن مداوم، از هر الک رد نشود. به این صورت که یکی از الکها که بر روی یک سینی سوار شده و دارای یک سرپوش است را به صورت کمی مایل با یک دست نگاه دارید و چند ضربه محکم به کناره الک بزنید و با یک حرکت رو به بالا بر خلاف قسمت بیرونی دست دیگر با سرعتی در حدود 150 بار در دقیقه تکان دهید. الک را در فواصل هر 25 تکان، در حدود یک ششم دور کامل بچرخانید. برای تعیین کافی بودن عمل الک کردن برای مصالح سنگی با اندازه‌های بزرگتر از الک $4/75$ میلیمتر (نمره ۴) مصالح روی الک را به حدود یک لایه محدود کنید. اگر اندازه الکهای سوار شده برای آزمایش، حرکت توضیح داده شده برای الک را غیر عملی می نماید، میتوانید از الکهای به قطر $203/2$ میلیمتر (۸ اینچ) برای کنترل کافی بودن عمل الک کردن استفاده کنید.

۸-۵- در حالی که مصالح درشت‌دانه و ریزدانه مخلوط هستند، به خاطر جلوگیری از اضافه بار الکها، بخشی از نمونه که ریزتر از الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) می‌باشد، ممکن است بین دو یا چند الک توزیع شود.

۸-۵-۱- قسمت ریزتر از الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) ممکن است با استفاده از یک دستگاه جداکننده مکانیکی مطابق با استاندارد T248 متناوباً به مقدار کمتر کاهش داده شود. اگر از این دستورالعمل استفاده می‌شود، جرم بخشهایی از هر اندازه مصالح را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$A = \frac{W1}{W2} \times B$$

A = جرم تمام اندازه‌ها در نمونه اصلی

W1 = جرم بخش ریزتر از الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) در نمونه کل

W2 = جرم قسمت کاهش داده شده در مصالح الک شده ریزتر از الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴)

B = جرم قسمتهای تفکیک شده بر اساس اندازه، در بخش کاهش یافته الک شده

۸-۶- به جز موقعی که از دستگاه تکان دهنده مکانیکی استفاده می‌شود، مصالح بزرگتر از ۷۵ میلیمتر را با تعیین کوچکترین سوراخ الکی که در آغاز آزمایش، تمام ذرات از آن عبور می‌کنند، با دست الک کنید. اگر لازم است ذرات را بچرخانید تا مشخص شود آیا از یک سوراخ الک خاص رد می‌شود یا نه، ولی در هر صورت ذره‌ای را به اجبار از یک سوراخ رد نکنید.

۸-۷- جرم هر قسمت که ذرات آن دارای یک اندازه خاص می‌باشند را به وسیله وزن کردن با یک ترازو مطابق با مشخصات تعیین شده در بخش ۶-۱، با دقت ۰/۱ درصد جرم خشک کل نمونه اصلی تعیین کنید. کل جرم مصالح پس از الک کردن باید با جرم نمونه اصلی قرار داده شده در الکها به دقت مقایسه شود. اگر مقادیر بیش از ۰/۳ درصد جرم خشک نمونه اصلی اختلاف داشته باشد، نتایج نباید مورد استفاده قرار بگیرند.

۸-۸- اگر نمونه قبلاً توسط روش T11 مورد آزمایش قرار گرفته باشد، جرم مصالح ریزتر از الک 75 μm (نمره ۲۰۰) که از آن آزمایش بدست آورده‌ایم را با جرم مصالح عبوری از الک ۲۰۰ که توسط این روش بدست می‌آید، جمع کنید.

۹- محاسبات:

۹-۱- درصد عبوری، درصد مانده کل یا درصد بخشهایی که یک اندازه خاص دارند را با دقت ۰/۱ درصد جرم خشک نمونه اولیه محاسبه کنید. اگر همین نمونه آزمایش قبلاً مطابق روش T11 مورد آزمایش قرار گرفته باشد، جرم مصالح ریزتر از الک 75 μm (نمره ۲۰۰) که به وسیله شستشو به دست آمده است نیز به محاسبات حاصل از آزمایش الک اضافه شود و از جرم کل نمونه خشک اولیه که برای آزمایش شستشو مطابق استاندارد T11 استفاده شده است برای محاسبه تمامی درصدها استفاده کنید.

۹-۱-۱- وقتی بخش‌های نمونه مطابق بخش ۷-۶ مورد آزمایش قرار گرفت، جرم قسمت‌های باقی مانده روی هر الک را جمع کنید و از این جرمها برای محاسبه درصد، مطابق بخش ۹ استفاده کنید.

۹-۲- در صورتی که لازم باشد ضریب نرمی را با جمع کردن کل درصدهای مصالح مانده روی الکهای زیر (درصدهای تجمعی مانده) و تقسیم آن به ۱۰۰، به دست آورید.

150 μm (شماره ۱۰۰)، 300 μm (شماره ۵۰)، 600 μm (شماره ۳۰)، 1.18 mm (شماره ۱۶)، 2.36 mm (شماره ۸)، 4.75 mm (شماره ۴)، 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ اینچ)، 19 mm ($\frac{3}{4}$ اینچ)، 37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ اینچ) و بزرگتر با افزایش نسبت ۲ به ۱ برای اندازه الکها

۱۰- گزارش:

۱۰-۱- بر اساس مشخصات مورد استفاده از مصالح تحت آزمایش، گزارش در بر گیرنده موارد زیر خواهد بود:

۱۰-۱-۱- کل درصد عبوری از هر الک

۱۰-۱-۲- کل درصد مانده روی هر الک

۱۰-۱-۳- درصد مانده بین دو الک متوالی

۱۰-۲- درصدها را به صورت نزدیکترین عدد صحیح گزارش کنید. به استثنای زمانی که درصد مصالح ریزتر از الک 75 μm (شماره ۲۰۰) کمتر از ده درصد باشد که در این صورت باید با دقت ۰/۱ درصد گزارش شود.

۱۰-۳- ضریب نرمی را در صورتی که لازم باشد با دقت ۰/۰۱ گزارش کنید.

۱۱- دقت و خطا:

۱۱-۱- دقت - برآورد دقت برای این آزمایش در جدول ۲ آورده شده است. این برآوردها بر اساس نتایج حاصل از «برنامه مبنا برای نمونه‌های مخصوص آزمایشگاهی آشتو»^۱ که با اجرای آزمایش به روش T27 و ASTM-C136 انجام شده است، به دست آمده است. این ارقام بر پایه آنالیز نتایج آزمایش ۶۵ تا ۲۳۳ آزمایشگاه که ۱۸ جفت نمونه مصالح سنگی درشت‌دانه مخصوص را مورد آزمایش قرار داده بودند و نتایج آزمایش ۷۴ تا ۲۲۲ آزمایشگاه که ۱۷ جفت نمونه مصالح سنگی ریزدانه مخصوص را مورد آزمایش قرار داده بودند (نمونه‌های شماره ۲۱ تا ۹۰)، به دست آمده است. مقادیر داده شده در جدول برای محدوده‌های مختلفی از کل درصد عبوری از یک الک هستند.

TABLE 2 Precision

	Total Percentage of Material Passing		Standard Deviation (1s), % ^A	Acceptable Range of Two Results (d2s), % ^A
<i>Coarse Aggregate:^B</i>				
Single-operator precision	<100	≥95	0.32	0.9
	<95	≥85	0.81	2.3
	<85	≥80	1.34	3.8
	<80	≥60	2.25	6.4
	<60	≥20	1.32	3.7
	<20	≥15	0.95	2.7
	<15	≥10	1.00	2.8
	<10	≥5	0.75	2.1
	<5	≥2	0.53	1.5
	<2	>0	0.27	0.8
Multilaboratory precision	<100	≥95	0.35	1.0
	<95	≥85	1.37	3.9
	<85	≥80	1.92	5.4
	<80	≥60	2.82	8.0
	<60	≥20	1.97	5.6
	<20	≥15	1.60	4.5
	<15	≥10	1.43	4.2
	<10	≥5	1.22	3.4
	<5	≥2	1.04	3.0
	<2	>0	0.45	1.3
<i>Fine Aggregate:</i>				
Single-operator precision	<100	≥95	0.25	0.7
	<95	≥60	0.55	1.6
	<60	≥20	0.83	2.4
	<20	≥15	0.54	1.5
	<15	≥10	0.36	1.0
	<10	≥2	0.37	1.1
	<2	>0	0.14	0.4
Multilaboratory precision	<100	≥95	0.23	0.6
	<95	≥60	0.77	2.2
	<60	≥20	1.41	4.0
	<20	≥15	1.10	3.1
	<15	≥10	0.73	2.1
	<10	≥2	0.65	1.8
	<2	>0	0.31	0.9

^A These numbers represent, respectively, the (1s) and (d2s) limits as described in ASTM C 670.

^B The precision estimates are based on aggregates with nominal maximum size of 19.0 mm (3/4 in.).

۱۱-۱-۱- مقادیر دقت داده شده در جدول برای مصالح ریزدانه بر پایه نمونه‌های اسمی ۵۰۰ گرمی هستند. در تجدید نظر ASTM-C136 در سال ۱۹۹۴ اجازه داده شده است که مقدار مصالح ریزدانه حداقل ۳۰۰ گرم باشد.

مقادیر دقت داده شده در جدول ۳ از طریق تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش روی نمونه‌های ۳۰۰ و ۵۰۰ گرمی از مصالح مخصوص به شماره های ۹۹ و ۱۰۰ (نمونه‌های ۹۹ و ۱۰۰ عیناً یکسان بودند) به دست آمده است که نشان دهنده اختلاف اندکی با توجه به مقدار نمونه آزمایش است.

TABLE 3 Precision Data for 300-g and 500-g Test Samples

Test Result	Fine Aggregate Proficiency Sample			Within Laboratory		Between Laboratory	
	Sample Size	Number Labs	Average	1s	d2s	1s	d2s
AASHTO T 27/ASTM C 136							
Total material passing the No. 4 sieve (%)	500 g	285	99.992	0.027	0.066	0.037	0.104
	300 g	276	99.990	0.021	0.060	0.042	0.117
Total material passing the No. 8 sieve (%)	500 g	281	84.10	0.43	1.21	0.63	1.76
	300 g	274	84.32	0.39	1.29	0.69	1.92
Total material passing the No. 16 sieve (%)	500 g	286	70.11	0.53	1.49	0.75	2.10
	300 g	272	70.00	0.52	1.74	0.76	2.12
Total material passing the No. 30 sieve (%)	500 g	287	48.54	0.75	2.10	1.33	3.73
	300 g	276	48.44	0.87	2.44	1.36	3.79
Total material passing the No. 50 sieve (%)	500 g	286	13.52	0.42	1.17	0.98	2.73
	300 g	275	13.51	0.45	1.25	0.99	2.75
Total material passing the No. 100 sieve (%)	500 g	287	2.55	0.15	0.42	0.37	1.05
	300 g	270	2.52	0.18	0.52	0.32	0.89
Total material passing the No. 200 sieve (%)	500 g	278	1.32	0.11	0.32	0.31	0.85
	300 g	266	1.30	0.14	0.39	0.31	0.85

تذکر ۶- مقادیر داده شده در جدول ۲ که در مورد مصالح ریزدانه می‌باشد برای انعکاس دادن این موضوع مورد تجدید نظر قرار خواهد گرفت که وقتی تعداد کافی آزمایش با یک نمونه ۳۰۰ گرمی از مصالح مخصوص انجام شود، نتایج حاصله را می‌توان بطور قابل اطمینان بکار برد.

۱۱-۲- خطا - از آنجائی که هیچ ماده مرجع مورد قبول و مناسب برای تعیین خطا در این روش وجود ندارد، در مورد تعیین میزان خطا، مطلبی ذکر نشده است.



AASHTO : T 30-84

روش استاندارد دانه بندی مکانیکی سنگدانه حاصله از اکستراکشن

۱- هدف

این روش بیانگر آزمایشی است که در آن با استفاده از الکهای دارای سوراخهای مربع شکل نحوه توزیع مصالح سنگی ریز و درشت حاصل از اکستراکشن مخلوطهای آسفالتی با توجه به ابعاد آنها تعیین می شود.

۲- استانداردهای بکارگرفته شده

۱-۲ استانداردهای آشتو :

M92 الکهای سیمی مورد استفاده در آزمایشات

M231 وزنه ها و ترازوهای مورد استفاده در آزمایشات راهسازی

T164 تجزیه کمی قیر استخراج شده از روسازی آسفالتی

۲-۲ استانداردهای ASTM :

C117 استخراج مواد ریزتر از $75 \mu\text{m}$ (الک شماره ۲۰۰) در سنگدانه های معدنی بوسیله شستشو

C136 دانه بندی مصالح سنگی ریز و درشت دانه با استفاده از الک

C670 استاندارد عملی برای تعیین صحت آزمایشات در مصالح ساختمانی

D2172 تجزیه کمی قیر استخراج شده از روسازی های آسفالتی

۳- اهمیت و کاربرد

۱-۳ این روش برای تعیین دانه بندی مصالح سنگی بدست آمده از تجزیه مخلوطهای آسفالتی بکارگرفته می شود. نتایج حاصله جهت مطابقت دانه بندی مصالح سنگی با مشخصات مورد نیاز استفاده می شود و همچنین اطلاعات ضروری جهت کنترل فرآیند تولید سنگدانه های مختلف که در مخلوطهای آسفالت مصرف می شوند ، بدست می آید.

۴- وسایل مورد نیاز

۱-۴ لوازم مورد نیاز عبارتند از :

۱-۱-۴ ترازوها یا باسکولها و وزنه های آنها بایستی براساس ضوابط استاندارد M231 و متناسب با وزن نمونه تهیه شوند.

۲-۱-۴ الک ها بایستی با سوراخ های مربع شکل و قاب مناسب اختیار شوند تا در حین الک کردن مصالح از آن به پیروزیخته نشوند. اندازه الکهای مورد استفاده براساس مشخصات مصالح تحت آزمایش انتخاب می شوند. الکهای سیمس باید شرایط استاندارد M92 را دارا باشند.



۵- نمونه

۱-۵ نمونه شامل کل یا بخشی از سنگدانه هایی است که با استفاده از بخش ۵ استاندارد آشتو T164، قسمت قیری آنها جدا شده است.

۶- طریقه عمل

۱-۶ نمونه باید تا حدی خشک شود که در اثر دوباره خشک کردن در دمای $(23.0 \pm 0.5 \text{ C}^\circ)$ $(73.4 \pm 0.9 \text{ F}^\circ)$ $11.0 \pm 0.5 \text{ C}^\circ$ تغییرات وزن آن از ۱/۱ درصد تجاوز نکند. وزن کل مصالح سنگی موجود در مخلوط آسفالتی آزمایش شده برابر مجموع وزن سنگدانه های خشک شده و مواد معدنی موجود در قیر استخراج شده می باشد. مواد معدنی موجود برابر مجموع وزن خاکستر قیر استخراج شده و افزایش وزن فیلتر است که براساس T164 تعیین می شود.

۲-۶ برای انجام آزمایش، نمونه را پس از آنکه خشک و توزین شد، در ظرف مورد نظر ریخته و سطح آن را با آب می پوشانیم. با افزودن مقدار کافی آب، می توان ذرات ریزتر از الک 0.075 mm را از ذرات، درشت تر تفکیک کرد. محتویات ظرف را به شدت تکان داده و بلافاصله آب شستشو را از بین دو الک $2/00$ یا $1/18$ میلیمتر و الک $0/075$ میلیمتر عبور می دهیم.

استفاده از یک قاشق بزرگ برای هم زدن و تکان دادن سنگدانه در آب شستشو مفید می باشد.

توجه: افزودن عامل پراکنده مانند Joy, Calgon یا سایر شوینده ها (دترجنت ها) جداشدن ذرات ریز را تسریع خواهد کرد.

۳-۶ شدت و سرعت تکان باید برای تفکیک کامل ذرات درشت از ذرات ریز عبور کرده از الک $0/075 \text{ mm}$ کافی بوده و آنها را به شکل سوسپانسیون درآورد تا بتوان آنها را باخالی کردن آب شستشو جدا نمود. باید دقت کرد که آب ذرات درشت نمونه را بیرون نریزید و عمل شستشو باید ادامه یابد تا آب حاصل از شستشو زلال شود.

۴-۶ تمامی مصالح باقی مانده روی الک به ظرف بازگردانده می شوند و سنگدانه شستشو داده شده را در دمای $(23.0 \pm 0.5 \text{ C}^\circ)$ $(73.4 \pm 0.9 \text{ F}^\circ)$ تا وزن ثابت خشک نموده و با تقریب ۱/۱ درصد وزن کنید.

۵-۶ سپس سنگدانه را با الک هایی که اندازه آنها براساس مشخصات مخلوط تعیین می شود و شامل الک شماره $0/075 \text{ mm}$ می باشد الک می کنند مقدار عبور کرده از هر الک و مانده بر روی الک بعدی و مقدار عبوری از الک $0/075 \text{ mm}$ را وزن کرده و یادداشت می کنیم. مجموع وزن های بدست آمده بایستی با وزن خشک پس از شستشو با تقریب ۲/۰ درصد وزن کل مصالح تطبیق داشته باشد. وزن مصالح خشک عبوری از الک شماره $0/075 \text{ mm}$ عبارت است از وزن مواد معدنی موجود در قیر و وزن مصالحی است که در اثر شستشو بدست آمده و وزن مصالح خشکی که با دانه بندی خشک از الک شماره $0/075 \text{ mm}$ عبور



کرده است. اگر لازم است وزن مصالح عبوری از الک 0.075mm کنترل شود می توان مواد شسته شده از الک شماره 0.075mm را باعمل تبخیر خشک کرد و یا با کاغذ فیلتری که بلافاصله خشک و وزن می شود صاف کرد. درصد وزن مصالح مانده روی الکهای مختلف و درصد وزن کل عبور کرده از الک شماره 0.075mm نسبت به وزن کل سنگدانه موجود در مخلوط قیری، (بخش ۱-۶) از طریق محاسبه بدست می آید.

۷- گزارش

۱-۷ نتایج آنالیز با الکهای بشرح ذیل گزارش می گردد.

(a) کل درصدهای عبوری هر الک یا (b) کل درصد های مانده روی هر الک یا (c) درصدهای مانده بین الکهای متوالی و پشت سرهم که انتخاب هریک از آنها بستگی به مشخصات مورد استفاده آزمایش دارد. درصدها باید به نزدیکترین عدد صحیح گزارش شوند. بااستثناء درصد عبوری الک شماره 0.075mm که باید با تقریب 0.1 درصد گزارش شود.

۸- دقت

۱-۸ انحراف استاندارد چند آزمایشگاه برای سنگدانه هایی که حداکثر اندازه اسمی ذرات درشت آن 19mm ($\frac{3}{4}\text{in}$) و درصد عبوری آن از الک $75\ \mu\text{m}$ (الک شماره ۲۰۰) از $1/5$ درصد کمتر است حدود 0.22 درصد می باشد. لذا اختلاف نتایج دو آزمایش صحیح بر روی نمونه هایی که سنگدانه های درشت آن یکسان است امام در دو آزمایشگاه انجام شده است نباید از 0.62 درصد تجاوز نماید. انحراف استاندارد تک اپراتوری 0.10 درصد است. بنابراین اختلاف نتایج دو آزمایش صحیح که توسط یک اپراتور بر روی مصالح سنگی درشت یکسان انجام شده است نباید از 0.28 درصد تجاوز نماید.

تعیین حد روانی خاک (Determining the Liquid Limit of Soils T: 89)

۱- هدف :

۱-۱- حد روانی یک خاک مقدار رطوبتی است که در آن خاک از حالت خمیری به حالت مایع تبدیل می‌شود و طبق دستورالعمل خاصی، در ادامه توضیح داده می‌شود .
۱-۲- دستورالعملهایی که برای تمام محدوده‌های مشخص شده در این استاندارد به کار گرفته می‌شوند، باید به منظور یکسان سازی این مشخصات، مقادیر مشاهداتی و مقادیر محاسباتی به نزدیکترین عدد صحیح به سمت بالا گرد شوند (مطابق با استاندارد R11).

۲- منابع و مراجع :

۱-۲- استانداردهای آشتو:

M231: ابزارهای توزین مورد استفاده در آزمایش مواد

R11: تعیین مرتبه ارقام در نظر گرفته شده، در تعیین محدوده پارامترها

T87: تهیه نمونه هائی از دانه های خاک دستخورده به روش خشک برای آزمایش

T146: تهیه نمونه هائی از خاک دستخورده به روش تر برای آزمایش

T265: محاسبه درصد رطوبت خاکها در آزمایشگاه

۲-۲- استانداردهای ASTM :

D4318: روش آزمایش استاندارد برای تعیین حد خمیری و حد روانی و شاخص خمیری خاک

۳- وسایل آزمایش:

۳-۱- ظرف: یک ظرف چینی ترجیحاً بدون لعاب یا ظرفی از جنس مشابه، با قطر حدود ۱۱۵ میلیمتر.

۳-۲- کاردک: یک کاردک یا چاقوی برشی با تیغه‌ای در حدود ۷۵ تا ۱۰۰ میلیمتر طول و در حدود ۲۰ میلیمتر عرض.

۳-۳- ابزار حد روانی :

۳-۳-۱- دستگاه دستی - این دستگاه تشکیل شده از یک جام برنجی و ملحقات آن که مطابق نقشه و ابعاد نشان داده شده در شکل (۱)، ساخته شده است.

۳-۳-۲- دستگاه مکانیکی - یک دستگاه موتوری عمل بلند کردن و اعمال ضربه به جام برنجی اشاره

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شده در بند ۲-۵ و ۳-۶ این دستورالعمل را انجام می‌دهد و ابعاد مجاز این دستگاه باید مطابق با مقادیر ارائه شده در شکل (۱)، این دستورالعمل باشد. دستگاه مکانیکی باید مقادیر حد روانی مشابهی با دستگاه دستی داشته باشد. (تذکر ۱)

تذکر ۱: پایه دستگاه حد روانی باید برجهندگی (فنریتی) حداقل برابر با ۸۰ درصد و حداکثر ۹۰ درصد مقدار محاسبه شده مطابق ضمیمه ارائه شده را داشته باشد.

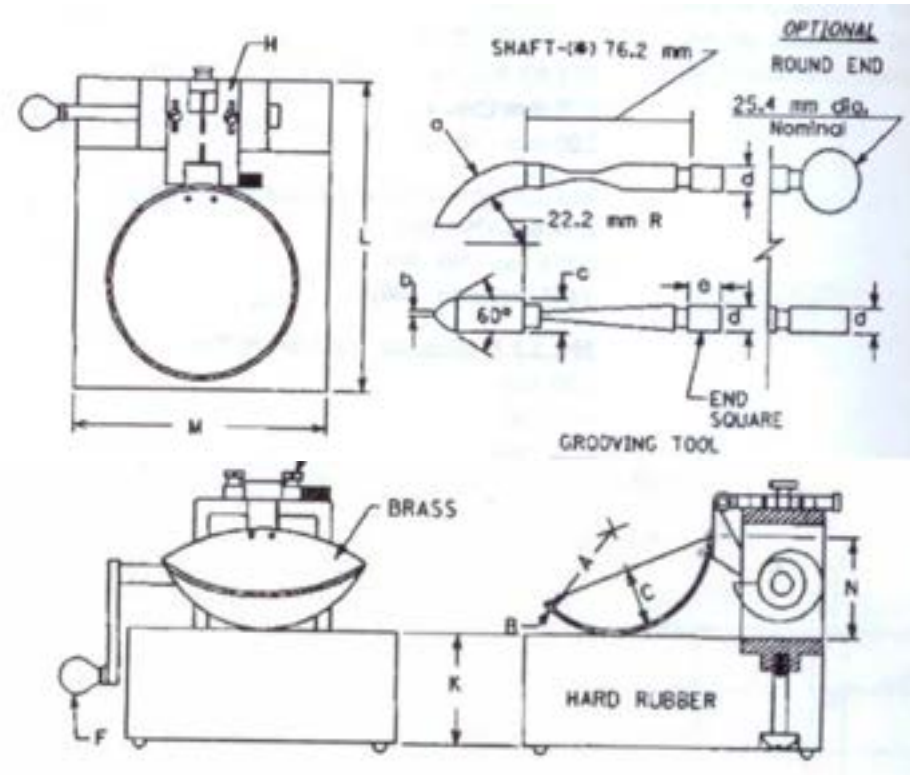


TABLE OF MEASUREMENTS

DIMENSION	LIQUID LIMIT DEVICE							GROOVING TOOL				
	CUP ASSEMBLY				BASE			CURVED END		GAGE		
DESCRIPTION	A	B	C	M	K	L	M	a	b	c	d	e
METRIC, mm	54	2.0	27	47	50	150	125	10.0	2.0	13.5	10.0	15.8
TOLERANCE, mm	2	0.1	1	1.5	5	5	5	0.1	0.1	0.1	0.2	—

NOTE: Plate "H" may be designed for using (i) one securing screw (ii).
 An additional wear tolerance of 0.1 mm shall be allowed for dimension "b" for used grooving tools.
 Feet for base shall be of resilient material.
 (e) Nominal dimensions.
 All tolerances specified are plus or minus (±) except as noted above.

شکل (۱): اجزاء دستگاه حد روانی

۳-۴- شیارزن:

۳-۴-۱- شیارزن انحنادار: یک شیارزن که ابعاد مجاز آن باید مطابق با شکل ۱ باشد. الزاما شاخص (gage) جزئی از شیارزن نمی باشد.

۳-۴-۲- شیارزن مسطح: یک شیارزن از جنس پلاستیک یا فلز ضد زنگ مطابق با ابعاد مجاز ساخته شده باشد که مقادیر مجاز ابعاد در ASTM D4318 (شکل ۲) نشان داده شده است. شاخص (gage) لزومی ندارد که جزئی از شیارزن به حساب آید (تذکر ۲).

تذکر ۲: شیارزن مسطح نباید به جای شیارزن انحنادار استفاده شود. اطلاعات به دست آمده نشان می دهد، هنگامی که از شیارزن مسطح به جای شیارزن انحنادار استفاده می شود، حد روانی اندکی افزایش می یابد.

۳-۵- شاخص (gage): یک وسیله سنجش که می تواند به صورت مجزا و یا متصل به شیارزن باشد که ابعاد مجاز آن مطابق قسمت d نشان داده شده در شکل (۱) این استاندارد و یا قسمت k شکل (۲)، استاندارد ASTM D4318 بوده و در صورتیکه به صورت مجزا ساخته شود، شامل یک میله فلزی به ضخامت 10 ± 0.2 میلی متر و به طول تقریبی ۵۰ میلی متر می باشد.

۳-۶- ظروف:

ظروف باید از جنس مقاوم بوده و در اثر خوردگی و گرم و سرد شدن های متوالی تغییر جرم ندهد. ظروف باید دارای در پوشهای مناسبی به منظور جلوگیری از هدر رفتن رطوبت نمونه قبل از تعیین جرم اولیه و جلوگیری از جذب رطوبت از هوا بعد از خشک شدن و قبل از تعیین جرم نهائی نمونه باشد. برای تعیین میزان رطوبت هر نمونه به یک ظرف مجزا نیاز داریم.

۳-۷- ترازو- ترازو باید دارای ظرفیت کافی و مطابق با استاندارد ، M231 - class G1 باشد.

۳-۸- اون - مجهز به ترموستات برای کنترل دما بوده و قادر به نگهداری حرارت در دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد جهت خشک کردن نمونه های مرطوب خاک می باشد.

روش A:

۴- نمونه خاک:

۴-۱- نمونه ای به جرم حدود ۱۰۰ گرم از مصالح عبور کرده از الک ۰/۴۲۵ میلی متر (الک نمره ۴۰) تهیه شده و مخلوط حاصل باید تمام نسبت های مصالح گذشته از الک ۰/۴۲۵ میلی متر را داشته باشد. نمونه باید بر طبق استاندارد T87 یا T146 به دست آمده باشد. برای تحلیل های ساختاری از T146 روش B استفاده می شود.

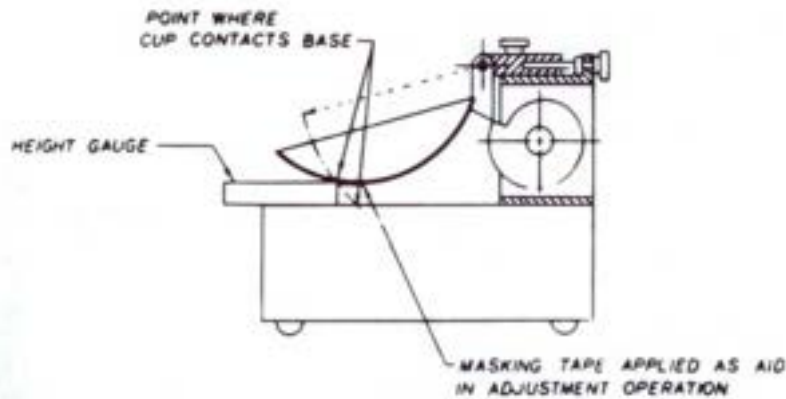


FIGURE 2 Calibration for Height of Drop

شکل (۲): کالیبراسیون ارتفاع سقوط

۵- کالیبراسیون دستگاه حد روانی:

برای اینکه مشخص شود دستگاه حد روانی خوب کار می‌کند، باید بازرسی شود. پین متصل به جام باید کنترل شود بطوریکه این پین آنقدر فرسوده نبوده که جام اجازه حرکت جانبی داشته باشد. پیچهای اتصال جام به بازوی آویزان محکم شده باشند، نقاط برخورد جام و پایه بیش از اندازه فرسوده نبوده و لبه جام بیش از اندازه فرسوده نشده باشد. شیارزن باید بر اساس ابعاد مجاز نشان داده شده در شکل (۱) این استاندارد یا ASTM D4318 شکل (۲)، بررسی شود.

تذکره ۳: فرسودگی در صورتی غیر مجاز تلقی می‌شود که قطر دایره ایجاد شده در نقطه تماس روی جام یا پایه از ۱۳ میلیمتر تجاوز کند و یا موقعی که ضخامت هر نقطه روی لبه جام به اندازه تقریبی نصف ضخامت اصلی آن کاهش پیدا کند.

بررسی شکاف جزئی هم در مرکز جام مهم است به طوریکه اگر شکاف مذکور نمایان شود بدون اینکه نشانه‌های دیگر ظاهر شود، جام باید فرسوده تلقی شود.

جامهای خیلی فرسوده باید عوض شوند. پایه‌ای که به طور قابل ملاحظه‌ای فرسوده است ممکن است دوباره تعمیر شود. به اندازه‌ای که ضخامت آن از تلورانس نشان داده شده در شکل (۱)، بیش از ۰/۲۵ میلیمتر تجاوز نکند و فاصله بین قسمت انتهائی جام تا پایه (پیچ پائینی تا پایه) در حدود مجاز مشخص شده در شکل (۱) حفظ شود.

۵-۲- تنظیم ارتفاع سقوط جام به این صورت است که نقطه‌ای از جام که با پایه تماس پیدا می‌کند تا ارتفاع 10 ± 0.2 میلیمتر بالا بیاید، شکل (۱) و (۲) را جهت قرار گیری مناسب شاخص نسبی در طول عملیات تنظیم جام مشاهده کنید.

تذکر ۴- یک دستورالعمل مناسب برای تنظیم ارتفاع سقوط به شرح زیر می‌باشد:
تکه‌ای از نوار پوشاننده را از وسط انتهای بیرونی جام به موازات محور بازوی جام قرار دهید.
لبه‌ای از نوار که دورتر از بازوی جام قرار دارد باید نقطه تماس جام با پایه را به دو بخش تقسیم کند.
برای جامهای جدید، قرار دادن تکه‌ای از کاغذ کاربن روی پایه و چندین بار فرو افتادن جام نقطه تماس را مشخص می‌کند. جام را به دستگاه متصل کنید و دسته محور را بچرخانید تا جام تا حداکثر ارتفاع بلند شود. شاخص ارتفاع را از سمت جلو به زیر جام بلغزانید و مشاهده کنید که شاخص با جام برخورد می‌کند یا با نوار. شکل (۲) را مشاهده کنید. اگر نوار و جام هر دو با هم نقطه تماس مشترکی داشته باشند، ارتفاع سقوط تقریباً صحیح می‌باشد. در غیر این صورت، جام را طوری تنظیم کنید تا تماس همزمان به وجود آید. صحت آنرا به وسیله چرخاندن دسته محور با سرعت ۲ دور در ثانیه، در حالیکه شاخص بر روی نوار و جام قرار دارد، کنترل کنید.

اگر صدای زنگ یا ضربه زدن، بدون اینکه جام از شاخص جدا شود، شنیده می‌شود، تنظیم صحیح است. حال اگر صدای زنگ شنیده نشود و یا در صورتیکه جام از روی شاخص بلند شود، ارتفاع سقوط را باید دوباره تنظیم کرد. اگر جام روی شاخص در طی عملیات کنترل تکان بخورد، پیچ پائینی محور بیش از اندازه فرسوده است و قطعات فرسوده باید تعویض گردند. همیشه بعد از تمام شدن عمل تنظیم، نوار را بردارید.

۶- دستورالعمل استفاده از شیارزن انحنادار :

۶-۱- نمونه خاک باید در داخل ظرف اختلاط قرار داده شود و همه خاک با ۱۵ تا ۲۰ میلی لیتر آب مقطر یا آب غیر معدنی به وسیله هم زدن های متوالی به هم زده شده و با یک کاردک بریده شود.
اضافه کردن میزان رطوبت باید با میزان افزایش آب به مقدار ۱ تا ۳ میلی لیتر انجام شود. در هر بار افزایش میزان آب، آب افزوده شده باید به طور کامل با خاک مخلوط شود، همانگونه که پیشتر توضیح داده شد. به محض آغاز آزمایش نباید خاک خشک اضافی به خاک مرطوب شده اولیه افزوده شود.
عمل مخلوط کردن آب و خاک نباید در داخل جام صورت گیرد. در صورتیکه رطوبت بیش از اندازه به نمونه اضافه شده باشد، نمونه مذکور یا باید دور انداخته شود و یا آنقدر ورز داده شود تا رطوبت خود را از دست داده و در یک محدوده قابل قبول قرار گیرد.

تذکر ۵: در بعضی از خاکها عمل جذب آب به کندی صورت می‌گیرد لذا این امکان وجود دارد که افزودن میزان آب به نمونه سریعتر از عمل جذب باشد، لذا مقدار بدست آمده برای حد روانی ممکن است اشتباه باشد

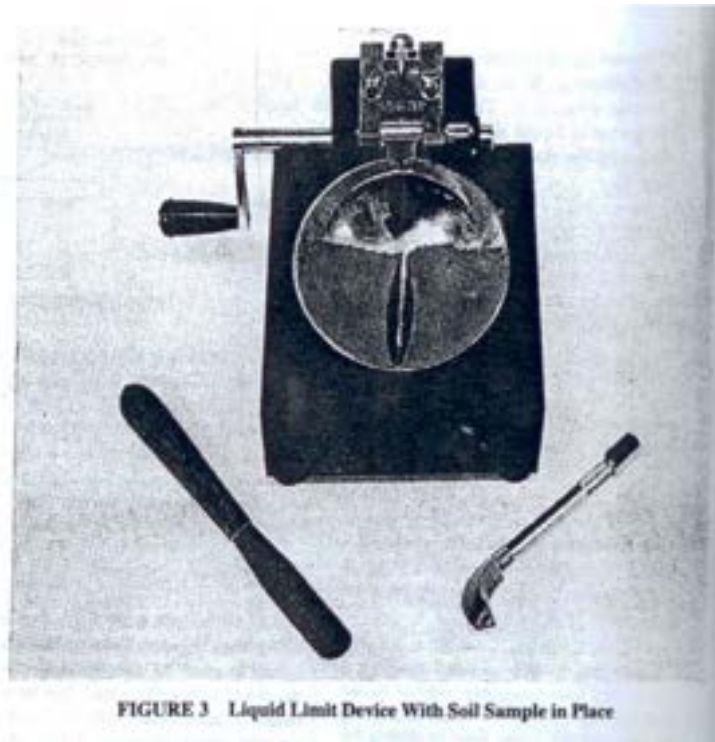
لذا برای جلوگیری از وقوع این پدیده می‌توان عمل مخلوط کردن را بیشتر و در زمان طولانی‌تری انجام داد. آب لوله کشی ممکن است برای آزمایش‌های معمولی استفاده شود، در صورتیکه آزمایش‌های کنترلی اختلافی بین نتایج حاصل از آزمایش‌های انجام شده با آب لوله کشی و آب مقطر یا آب فاقد املاح معدنی نشان ندهد. در هر صورت برای آزمایش‌های کنترلی باید از آب مقطر یا آب فاقد املاح استفاده شود.

۶-۲- موقعی که آب با خاک به شکل یک جرم همگن با غلظت زیاد مخلوط شده باشد، مقدار کافی از این مخلوط باید در داخل جام، بالای نقطه‌ای که جام بر روی پایه تکیه می‌کند، قرار گیرد و با یک کاردک در یک سطح صاف و در حالیکه حداکثر عمق آن در ضخیمترین لایه از ۱۰ میلیمتر تجاوز نکند، باید فشرده و پخش شود. تا آنجا که ممکن است باید کمتر کاردک کشی شود. باید دقت شود که از ماندن حبابهای هوا در داخل جرم خاک جلوگیری شود. خاک اضافی باید به داخل ظرف اختلاط باز گردانده شده و پوشانیده شود تا رطوبت خود را از دست ندهد.

خاک درون جام دستگاه باید توسط یک حرکت محکم شیارزن از میان قطری که از وسط پیچ نگه دارنده جام می‌گذرد برش داده شود به طوری که یک شیار تیز گوشه، صاف و با ابعاد مناسب همانگونه که در شکل نشان داده شده است، ایجاد گردد. به منظور اجتناب از پارگی خاک اطراف شیار یا ریزش توده خاک داخل جام، می‌توان از حداکثر ۶ حرکت جلو به عقب یا عقب به جلوی شیارزن که به عنوان یک حرکت به شمار می‌آید، استفاده شود. عمق شیار باید با هر بار حرکت شیارزن افزایش یابد و تنها آخرین حرکت شیارزن باید با انتهای جام تماس پیدا کند.

۶-۳- جام حاوی نمونه تهیه شده همانگونه که در بخش ۶-۲ توضیح داده شده است، باید به وسیله چرخاندن دسته محور F (نشان داده شده در شکل (۱)) با سرعت تقریبی دو دور در ثانیه بلند شده و فرو افتد تا اینکه دو طرف نمونه در قسمت پائین شیار در طولی معادل ۱۳ میلیمتر با هم تماس پیدا کنند. تعداد ضربات مورد نیاز برای متصل شدن شیار در فاصله ذکر شده باید ثبت گردد. نکته مهم اینکه نباید پایه دستگاه را در هنگام چرخاندن دسته محور F با دست دیگرمان که آزاد است نگه داریم.

تذکره ۶- بعضی از خاکها روی سطح جام بجای اینکه بلغزند، ریزش می‌کنند. اگر این اتفاق بیفتد، باید آب بیشتری به نمونه اضافه کرده و دوباره مخلوط شود، سپس توسط یک شیارزن شکاری بر روی خاکی که با آب مخلوط شده و در جام قرار گرفته، ایجاد کرده و مراحل بخش ۶-۲ تکرار شود. اگر روند ریزشی خاک به داخل جام در تعداد ضربات کمتر از ۲۵ ضربه ادامه پیدا کند، آزمایش غیر قابل اجرا می‌باشد و باید تذکر داده شود که حد روانی غیر قابل تعیین است.



شکل (۳): دستگاه حد روانی همراه با نمونه داخل جام

۴-۶- یک تکه از خاک به عرض تقریبی کاردک، از یک لبه تا لبه دیگر توده خاک با زوایای قائم نسبت به شیار و شامل قسمتی از شیار که به هم متصل شده، باید برداشته شده و در ظرف مناسبی قرار داده شود. خاک درون ظرف باید خشک شده و میزان رطوبت آن مطابق استاندارد T265 تعیین شده و نتایج حاصله ثبت گردد.

۵-۶- خاک باقیمانده در جام باید به ظرف اختلاط منتقل شود. سپس جام و شیارزن باید برای آزمایش بعدی، شسته و خشک گردند.

۶-۶- مراحل قبلی باید حداقل دو بار دیگر برای نمونه ای که به منظور رسیدن به حالت روانی بیشتر میزان آب کافی به آن اضافه شده است، تکرار شود. هدف این دستورالعمل به دست آوردن نمونه‌هایی با چنان سفتی می باشد که حداقل یکی از نتایج آنها باید در هر یک از محدوده های ضربات: ۲۵-۳۰، ۳۰-۲۰، ۲۵-۱۵، باشد. بنابراین محدوده ۳ اندازه گیری حداقل ۱۰ ضربه می باشد.

۷- دستورالعمل استفاده از شیارزن مسطح:

۷-۱- به استثناء دستورالعمل ارائه شده در بخش ۲-۶، که برای شکل شیارزن می‌باشد، روند کار باید مشابه آنچه که در بخشهای ۱-۶ تا ۶-۶ بیشتر توضیح داده شده است، باشد. همچنین شکل یک شیار در توده خاک مطابق با دستورالعمل ذکر شده در بخش ۲-۱۱، ASTM D4318 می‌باشد.

۸- محاسبات:

۸-۱- مقدار آب موجود در خاک باید به صورت درصد بیان شود که از حاصل تقسیم رطوبت موجود در خاک به جرم خشک شده خاک در اون طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم خاک خشک شده دراون}} \times 100$$

۸-۱-۱- درصد رطوبت باید به صورت نزدیکترین درصد کامل (عدد صحیح) نوشته شود.

۹- آماده سازی منحنی جریان:

۹-۱- یک منحنی جریان ارتباط بین میزان رطوبت و تعداد ضربات را نشان می‌دهد که باید در روی یک نمودار نیمه لگاریتمی کشیده شود که در آن میزان رطوبت بر روی محور عمودی (عرضی) با مقیاس حسابی و تعداد ضربات روی محور افقی (طولی) با مقیاس لگاریتمی رسم می‌شود. منحنی جریان باید به صورت خط راستی که کمترین فاصله ممکن را از بین سه نقطه یا بیشتر دارا می‌باشد، ترسیم گردد.

۱۰- حد روانی:

۱۰-۱- میزان رطوبت معادل با ۲۵ ضربه روی محور طولی و تقاطع آن با منحنی جریان، به عنوان حد روانی خاک در نظر گرفته می‌شود. این مقدار (حد روانی) به صورت عدد صحیح گزارش شده و باید به نزدیکترین عدد صحیح گرد شود.

روش B

۱۱- نمونه:

۱-۱۱- یک نمونه به جرم تقریبی ۵۰ گرم همانگونه که در بخش ۴-۱ توضیح داده شد، باید تهیه شود.

۱۲- دستورالعمل:

۱-۱۲- هنگام استفاده از شیازرن انحناءدار (بخش ۶) یا شیازرن مسطح (بخش ۷)، روش کار باید همانگونه که در بخشهای ۱-۶ تا ۵-۶ قبلاً توضیح داده شده، باشد. به استثناء اینکه میزان آب اضافه شده مطابق بخش ۱-۶ باید تقریباً ۸ تا ۱۰ میلی لیتر نمونه برای تعیین درصد رطوبت مطابق با بخش ۴-۶ فقط برای آزمایش مورد قبول، اخذ خواهد شد.

۱۲-۲- برای دقتی معادل با آنچه که از روش استاندارد سه نقطه ای بدست آمد، تعداد مورد قبول ضربه ها برای بسته شدن شیار باید بین ۲۲ و ۲۸ ضربه محدود شود. بعد از به دست آوردن یک مقدار اولیه برای بسته شدن شیار در محدوده ضربات قابل قبول بلافاصله خاک باقیمانده در جام را به داخل ظرف اختلاط برگردانید. بدون اضافه کردن آب اضافی، روند توضیح داده شده در بخش ۲-۶ و ۳-۶ را تکرار کنید.

اگر تعداد ضربات برای بسته شدن شیار در دومین آزمایش در محدوده قابل قبول (۲۲-۲۸) و تعداد ضربات لازم برای بسته شدن شیار در آزمایش دوم مساوی و یا با اختلاف ۲ ضربه نسبت به بسته شدن اولیه باشد، میزان رطوبت نمونه را همانگونه که در بخش ۴-۶ توضیح داده شده است، تعیین نمایید.

۱۲-۳- اگر حد روانی واقعی با اختلاف ± 5 درصد قابل قبول باشد، تعداد ضربات بین ۱۵ تا ۴۰ ضربه می تواند قابل قبول باشد.

۱۳- محاسبات:

۱-۱۳- مقدار آب موجود در خاک در هنگام به هم پیوستگی مورد نظر باید بر مبنای بخش ۸-۱ محاسبه شود.

۱۴- حد روانی:

۱-۱۴ حد روانی باید به وسیله یکی از روش‌های زیر محاسبه شود :
 نمودار (شکل (۴))، منحنی چندگانه (شکل (۵))، خط کشی لغزان همراه با یک مقیاس خاص برای ضربه‌ها (شکل (۶))، یا هر روش دیگر محاسباتی که درستی مقادیر حد روانی را ارائه می‌دهد.
 روش استاندارد سه نقطه ای باید به عنوان یک آزمایش مبنا برای رفع همه مشکلات و شکهای به‌وجود آمده به کار رود.

۱۴-۲ کلید (key) نشان داده شده در شکل (۴)، نحوه استفاده از نمودار را توضیح می‌دهد. (شیب میانگین)

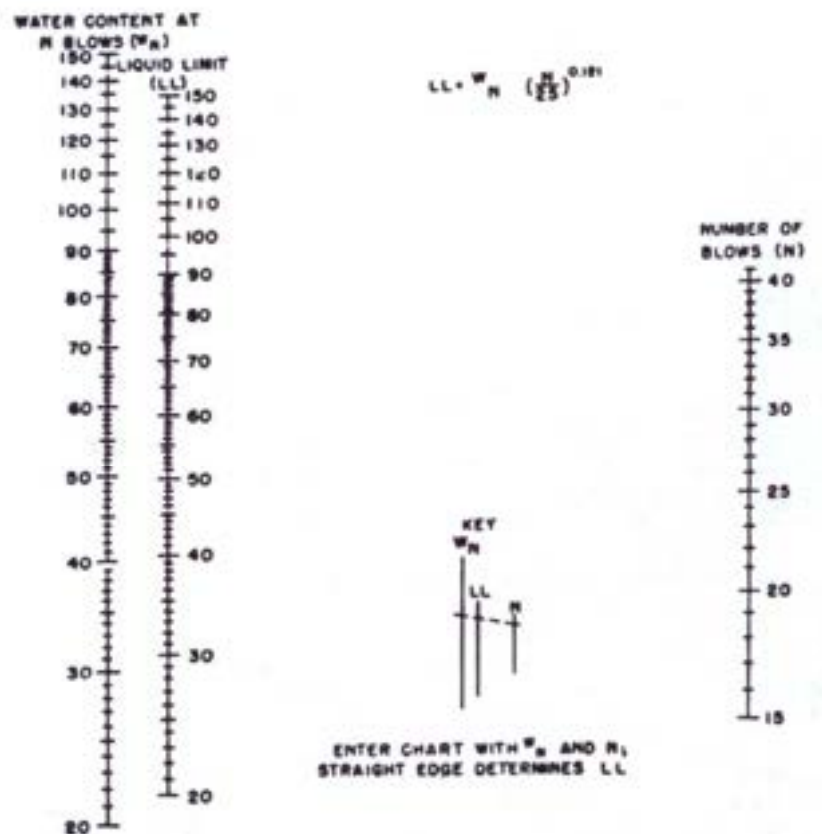
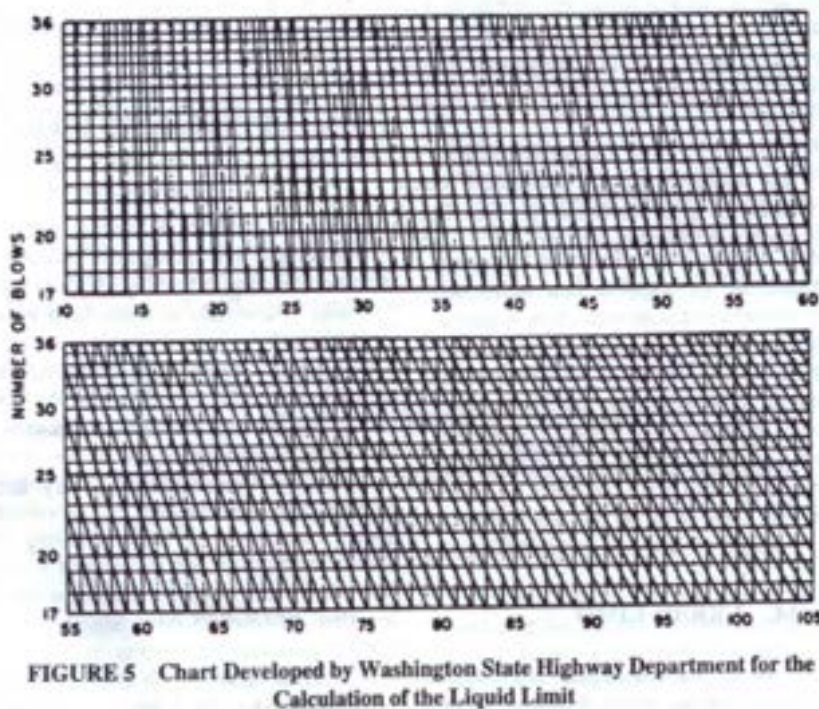


FIGURE 4 Nomographic Chart Developed by the Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U.S. Army, to Determine Liquid Limit Using Mean Slope Method

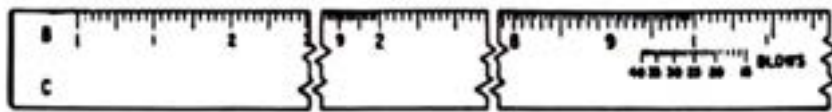
شکل (۴)

۱۴-۳- طرز استفاده از نمودار (منحنی چند خطی) شکل (۵) به این صورت است که: نقطه‌ای که معرف عدد میزان رطوبت به ازاء تعداد ضربه‌های مورد قبول باشد، روی نمودار رسم می‌کنیم. سپس خطی موازی با نزدیکترین خط مورب نمودار، از این نقطه رسم می‌کنیم. میزان رطوبتی که از تلاقی خط رسم شده با خطی که معرف ۲۵ ضربه می‌باشد، به دست می‌آید را می‌توان به عنوان حد روانی در نظر گرفت.

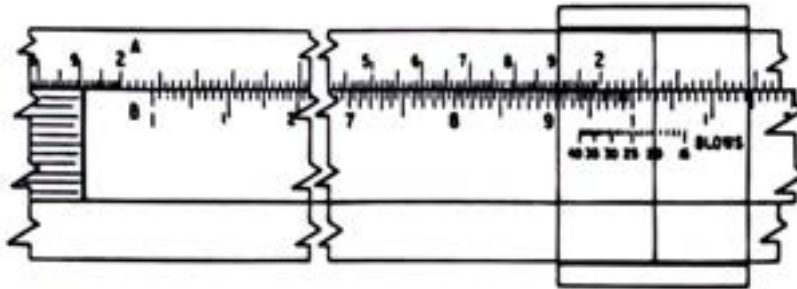


شکل (۵)

۱۴-۴- از یک خط کش لغزان مخصوص که در شکل (۶) نشان داده شده است به این صورت استفاده می‌شود که خط بالای شاخص لغزان بر روی عدد میزان رطوبت مورد نیاز برای بسته شدن شیار در روی مقیاس A منطبق می‌گردد و مقیاس ویژه تا آنجا جابجا می‌شود که تعداد ضربه‌های به کار برده شده برای بسته شدن شیار (که این اعداد در زیر شاخص لغزاننده قرار گرفته) بر عدد میزان رطوبت منطبق شود. حد روانی با قرارگیری مقیاس A در مقابل مقیاس B یا با قرارگیری در مقابل عدد ۲۵ ضربه که در روی شاخص ویژه علامتگذاری شده، به صورت مستقیم به دست می‌آید.



A - LOCATION OF SPECIAL SCALE (BLOWS) WITH RESPECT TO B SCALE OF SLIDE RULE



B - SLIDE RULE SET FOR 21.4 PERCENT MOISTURE AT 20 BLOWS, INDICATING CALCULATED LIQUID LIMIT OF 20.8

FIGURE 6 Slide Rule with Special Scale for the Calculation of the Liquid Limit

شکل (۶)

کنترل یا قضاوت در مورد آزمایش‌ها:

۱۵- روش کاربردی:

۱۵-۱- روش A - روش کار با شیارزن انحناءدار (بخش ۶)

این روش باید در آزمایش‌های کنترلی استفاده گردد. نتایج آزمایش‌های حد روانی تحت تاثیر عوامل زیر می‌باشد:

۱۵-۱-۱- زمان لازم برای انجام آزمایش.

۱۵-۱-۲- مقدار رطوبتی که آزمایش با آن آغاز شده است.

۱۵-۱-۳- افزایش خاک خشک به نمونه مورد آزمایش (جهت پائین آوردن درصد رطوبت نمونه)

۱۶- دستورالعمل:

۱۶-۱- در انجام آزمایش حد روانی به منظور کنترل آزمایش جدول زمانی زیر به کار می‌رود:

دفتر امور فنی

آزمایش تعیین حد روانی (آشتو T89)

۱۶-۱-۱-اختلاط خاک با آب، ۵ تا ۱۰ دقیقه. پریودهای زمانی بیشتر برای خاکهای با خاصیت خمیری بیشتر استفاده می‌گردد.

۱۶-۱-۲-آماده کردن نمونه در مرطوب کننده -۳۰ دقیقه.

۱۶-۱-۳-اختلاط قبل از قرار دادن در داخل جام برنجی، اضافه کردن ۱ میلی لیتر آب و ۱ دقیقه مخلوط کردن.

۱۶-۱-۴-در داخل جام برنجی قرار دادن و آزمایش کردن - ۳ دقیقه.

۱۶-۱-۵-اضافه کردن آب و دوباره مخلوط کردن -۳ دقیقه.

۱۶-۱-۶-آزمایشهای با بیشتر از ۳۵ ضربه و کمتر از ۱۵ ضربه نباید ثبت شود. در هیچ حالتی نباید خاک خشک شده به خاک آماده آزمایش اضافه شود.

۱۷-دقت:

۱۷-۱-این دقت بیان شده برای خاکهایی که حد روانی بین ۲۱ تا ۶۷ دارند استفاده می‌شود.

۱۷-۲-آزمایش قابل تردید و یا نامطمئن (در یک آزمایشگاه):

دو نتیجه به دست آمده به وسیله یک آزمایش کننده روی نمونه‌های همسان در همان آزمایشگاه و وسایل مشابه در روزهای مختلف، اگر نتایج به دست آمده تفاوتی بیش از ۷ درصد میانگین آنها داشته باشند، باید به آن آزمایش شک شود.

۱۷-۳-آزمایش قابل تردید و یا نامطمئن (انجام شده در چند آزمایشگاه):

دو نتیجه به دست آمده از دو آزمایش کننده متفاوت در آزمایشگاه‌های مختلف، اگر بیشتر از ۱۳ درصد میانگین آنها با هم اختلاف داشته باشند، باید به آن آزمایش شک کرد.

ضمیمه - آزمایش فنریت (برجهندگی):

اطلاعات غیر ضروری:

XI.I - ابزار اندازه‌گیری برای فنریت پایه دستگاه اندازه‌گیری حد روانی در شکل XI.I نشان داده شده است. این ابزار شامل یک لوله پلاستیکی اکریلیک و سرپوش، یک گوی فولادی صیقلی به قطر ۸ میلیمتر و یک میله آهن ربایی کوچک می‌باشد.

استوانه همانگونه که در شکل نشان داده شده است، امکان دارد به سرپوش چسبیده و یا در آن قرار گرفته باشد. میله آهن ربایی کوچکی در داخل شیار درپوش، نگهداشته شده است و باید گوی فولادی با

میله آهنربایی در شیار زیر سرپوش ثابت شده باشد. سپس استوانه به صورت عمودی چرخانده می‌شود و روی سطح بالایی پایه برای آزمایش قرار می‌گیرد.

با ثابت نگهداشتن لوله با یک دست در مقابل پایه دستگاه حد روانی، با کشیدن آهن ربا گوی را به بیرون درپوش رها می‌کنیم.

مقیاس مبنا بر روی سطح بیرونی استوانه را برای مشخص کردن بالاترین نقطه‌ای که قسمت پایین گوی به آن رسیده است، به کار برید. عمل افتادن را حداقل ۳ بار تکرار کنید، با قرارگیری دستگاه آزمایش کننده در محل‌های مختلف برای هر بار سقوط میانگین جهش گوی فولادی به عنوان درصد کل سقوط بیان می‌شود که با میزان فنریت (بر جهندگی) پایه ابزار حد روانی معادل است و آزمایشها باید در دمای اتاق انجام شود.

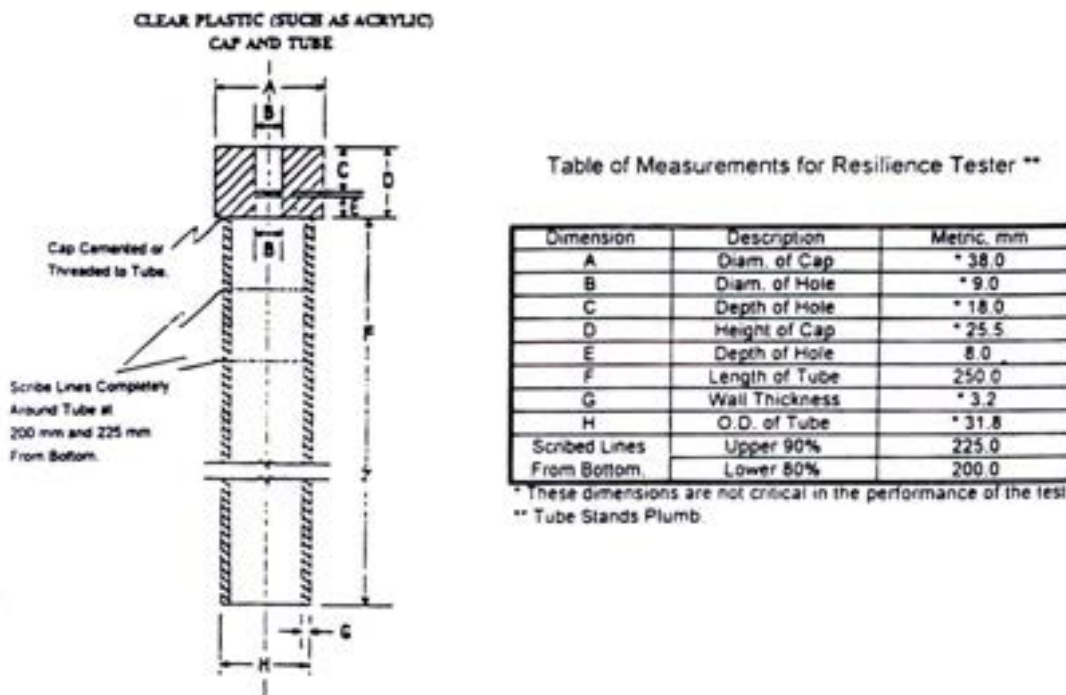


FIGURE XI.1 Resilience Tester

شکل (۷): دستگاه سنجش فنریت (بر جهندگی)

استاندارد آزمایش تعیین حد خمیری و نشانه خمیری خاکها (آشتو T 90)

۱- هدف:

۱-۱- حد خمیری یک خاک عبارتست از حداقل مقدار رطوبتی که در آن رطوبت، خاک به حالت خمیری باقی خواهد ماند. بطور کلی نشانه خمیری یک خاک عبارتست از تفاضل عددی بین حد روانی و حد خمیری خاک .

۱-۲- دستورالعملهایی که برای تمام محدوده‌های مشخص شده در این استاندارد به کار گرفته می‌شوند، باید به منظور یکسان سازی این مشخصات، مقادیر مشاهداتی و مقادیر محاسباتی به نزدیکترین عدد صحیح به سمت بالا گرد شوند (مطابق با استاندارد R11).

۱-۳- روش فتیله دستی در زیر ذکر شده است.

۲- منابع و مراجع:

۱-۲- استاندارد های آشتو:

- M 231: ابزارهای توزین مورد استفاده در آزمایش مواد
- R 11: تعیین مرتبه ارقام در نظر گرفته شده، در تعیین محدوده پارامترها
- T 87: تهیه نمونه هائی از دانه های خاک دستخورده به روش خشک برای آزمایش
- T 89: تعیین حد روانی خاک
- T 146: تهیه نمونه هائی از خاک دستخورده به روش مرطوب برای آزمایش
- T 265: محاسبه رطوبت نمونه خاکها در آزمایشگاه

۳- تجهیزات مورد نیاز:

- ۱-۳- ظرف چینی: ظرف چینی و یا هر ظرف مشابه با قطری حدود ۱۱۵ میلیمتر.
- ۲-۳- کاردک: یک کاردک یا چاقو با تیغه ای بطول ۷۵ میلیمتر و عرض ۲۰ میلیمتر.
- ۳-۳- یک سطح صاف برای فتیله کردن: یک سطح شیشه ای صاف و مسطح و یا یک سطح کاغذی صاف برای فتیله کردن نمونه.

۳-۴- وسیله فتیله کردن نمونه آزمایش حد خمیری: وسیله ای ساخته شده از اکلیریک با مساحت‌های ذکر شده در شکل ۱.

۳-۵- کاغذ به عنوان ابزار فتیله کردن: ورق بدون لعاب که هیچ ماده خارجی از قبیل (فیبر، تکه های کاغذ و ...) را در طول روند فتیله کردن به خاک اضافه نمی کند. این ورق توسط ماده چسبنده ای که به صفحات پاشیده می شود و یا چسبی که پشت خود کاغذ وجود دارد، به بالا و پایین ابزارمتصل می شوند.

نکته ۱: بعد از آزمایش حتماً چسبی را که روی ابزار باقی مانده است پاک کنید. اگر آزمایش را چندین بار و بدون پاک کردن چسب انجام دهیم، قطر نمونه خشک خاک کم می شود.

۳-۶- قوطی ها: قوطی های مناسب از مواد مقاوم ساخته شده که در اثر گرم یا سرد شدن مداوم جرم آن تغییر نمی یابد و یا تجزیه نمی شود. قوطی ها، در پوشههایی دارند که تا قبل از تعیین وزن اولیه، رطوبت نمونه ها را حفظ می کند و از جذب رطوبت هوا بعد از خشک شدن نمونه و قبل از تعیین وزن نهایی، جلوگیری می کند. برای هر تعیین درصد رطوبت یک قوطی مورد نیاز است.

۳-۷- ترازو: ترازو می بایست ظرفیت کافی داشته باشد و مطابق با M231- Class G1 باشد.

۳-۸- اون (گرمخانه): مجهز به درجه کنترل بوده و قادر به نگهداری درجه حرارت در دمای 5 ± 110 درجه سانتی گراد جهت خشک کردن نمونه های مرطوب خاک می باشد.

۴- نمونه گیری:

۴-۱- در صورتیکه فقط حد خمیری مورد نیاز باشد، ۲۰ گرم از موادی را که مطابق T87 یا T146 بدست آمده و با هم مخلوط شده و از الک 0.425mm (الک نمره ۴۰) عبور کرده اند، بردارید. خاک خشک شده در هوا را در ظرف مخلوط کن بریزید و کاملاً با آب مقطر یا آب فاقد مواد معدنی مخلوط کنید تا حدی که بتوان خاک را به راحتی به شکل توپ درآورد. یک بخش ۸ گرمی از این توپ را به عنوان نمونه برای آزمایش بردارید.

نکته ۲- در صورتیکه آزمایشات تطبیقی هیچ تفاوتی بین نتایج آزمایش به دست آمده با آب شیر و آب مقطر را نشان ندهند، می توان برای آزمایش معمولی از آب شیر نیز استفاده کرد. هرچند، در آزمایشات کنترلی بایستی از آب مقطر یا آب فاقد مواد معدنی استفاده شود.

۲-۴- اگر هر دو حد روانی و خمیری مورد نیاز است، یک نمونه ۸ گرمی را از خاک مرطوب و مخلوط شده مطابق با T-۸۹ بردارید. نمونه را می توان در هر مرحله از مخلوط شدن که خاک، حتی با فشار نیز به انگشتان دست نمی چسبد، برداشت و آن را به شکل توپ درآورد. اگر نمونه قبل از اتمام آزمایش حد روانی برداشته شده است، آن را کنار بگذارید و اجازه دهید تا هنگام اتمام آزمایش حد روانی، در هوا آماده شود (خشک شود). اگر نمونه را در حین آزمایش حد روانی برداشته اید و برای فتیله کردن به قطر ۳ mm خیلی خشک است، آب بیشتری به آن اضافه کرده و خوب مخلوط کنید.

۵- روش کار (دستورالعمل):

۱-۵- یک تکه ۱/۵ تا ۲ گرمی از خاکی که در بخش ۴ توضیح داده شد، بردارید. این تکه را به شکل بیضی درآورید.

۲-۵- یکی از دو روش زیر را برای فتیله کردن خاک به شکل یک نوار ۳mm با آهنگ ۸۰ تا ۹۰ حرکت در دقیقه که متوالی با حرکت دست به عقب و جلو صورت می گیرد، استفاده کنید.

۱-۲-۵- روش اول- روش دستی فتیله کردن: نمونه را بین کف دست یا انگشتان با یک سطح صاف، با فشار یکنواخت به شکل نوار درآورید، طوریکه قطر آن در همه جا یکسان باشد. جهت اینکه نوار به قطر ۳mm برسد ممکن است در کمتر از ۲ دقیقه با دست تغییر شکل نیز بدهد. فشاری که می بایست توسط دست و انگشتان به خاک اعمال شود، بسته به نوع خاک تغییر می کند. خاک های ترد (شکننده) که خاصیت خمیری پایین دارند میتوان در لبه خارجی کف دست یا قسمت پایین شست، فتیله کرد.

۲-۲-۵- روش دوم- استفاده از ابزار حد خمیری: نمونه را در صفحه پایینی قرار دهید. صفحه بالایی را روی نمونه قرار دهید. همزمان در مدت ۲ دقیقه به طرف پایین نیروی کمی وارد کنید و صفحه را به عقب و جلو ببرید تا صفحه بالایی با شیارهای کناری تماس پیدا کند. در طول این مرحله، اجازه ندهید نمونه با شیارهای کناری تماس پیدا کند.

نکته ۳- در بیشتر مواقع ، می توان با این ابزار به طور همزمان بیش از یک نوار را تهیه کرد.

۳-۵- هنگامی که قطر فتیله به ۳ میلی متر رسید، فتیله را به ۶ تا ۸ تکه تقسیم کنید. تکه ها را بین انگشتان شست دو دست فشار دهید تا به شکل بیضی در آیند. فتیله کردن را ادامه دهید تا یک نوار به قطر ۳ میلی متر بدست آید. این نوار را دوباره فتیله کرده و مالش دهید تا زمانیکه دیگر تکه های نمونه تحت فشار لازم برای فتیله کردن، به شکل فتیله در نیایند. ممکن است وقتی که نوار قطری بیش از ۳ میلی متر دارد، خرد شود. اگر نمونه قبل از اینکه به شکل نوار ۳ میلی متری دربیاید خرد شود، یک نقطه پایانی رضایت بخش برای نمونه در نظر گرفته می شود. خرد شدن نمونه به نوع خاک مورد آزمایش بستگی دارد. برخی از خاکها به تکه های زیادی خرد می شوند و برخی از آنها ممکن است به صورت یک لایه تیوبی شکل دربیایند که از هر دو طرف شکاف برمی دارند. این ترکها کم کم به سمت وسط نمونه آمده و در نهایت، نوار به تکه های پهن تبدیل می شود. خاک رس سنگین به خصوص اگر نزدیک به حد خمیری باشد به فشار زیادی برای نواری شدن نیاز دارد و در نهایت نوار به تکه های استوانه ای شکلی بطول ۶ تا ۹ میلی متر در می آید. در طی انجام این مراحل، شخصی که این کار را انجام می دهد نباید فشار دست، یا روند مالش را قبل از خرد شدن، کاهش دهد تا به شکل فتیله ای به قطر ۳ میلی متر در بیاید. هنگامیکه نمونه را به شکل بیضی در می آوریم، بهتر است قطر اولیه آنرا حدود ۳ میلیمتر در نظر بگیریم تا میزان تغییر شکل کلی را تا حدودی کاهش دهیم .

۴-۵- تکه های خاک را جمع کنید و در قوطی توزین قرار دهید و بلافاصله در پوش قوطی را بگذارید.

۵-۵- مراحل توضیح داده شده در بخش های ۵-۱ و ۵-۴ را تا زمانی که وزن نمونه به حداقل ۸ گرم برسد تکرار کنید. مقدار رطوبت خاک درون محفظه ها را طبق T 265 تعیین کرده و نتایج را ثبت کنید.

۶- نتیجه گیری:

۱-۶- حد خمیری (میزان رطوبت موجود در درصدی از خاک خشک شده در اون) به صورت زیر بدست آید:

$$۱۰۰ \times (\text{وزن خاک خشک شده در اون} / \text{وزن آب}) = \text{حد خمیری}$$

حد خمیری را به صورت یک عدد صحیح ثبت کنید.

۲-۶- میزان اختلاف بین حد روانی و حد خمیری به صورت زیر است:

$$\text{PI} = \text{LL} - \text{PL} \quad (\text{حد خمیری} - \text{حد روانی} = \text{نشانه خمیری})$$

۳-۶- مقادیر اختلاف خمیری نشان داده شده در بخش ۲-۶ را به جز در شرایط زیر، ثبت کنید:

۱-۳-۶- هرگاه امکان تعیین حد خمیری و روانی وجود نداشت، نشانه خمیری را با N.P (غیر خمیری) نشان می دهند.

۲-۳-۶- هرگاه حد خمیری برابر یا بیشتر از حد روانی بود، میزان نشانه خمیری به صورت N.P ثبت می شود.

۷- دقت روش:

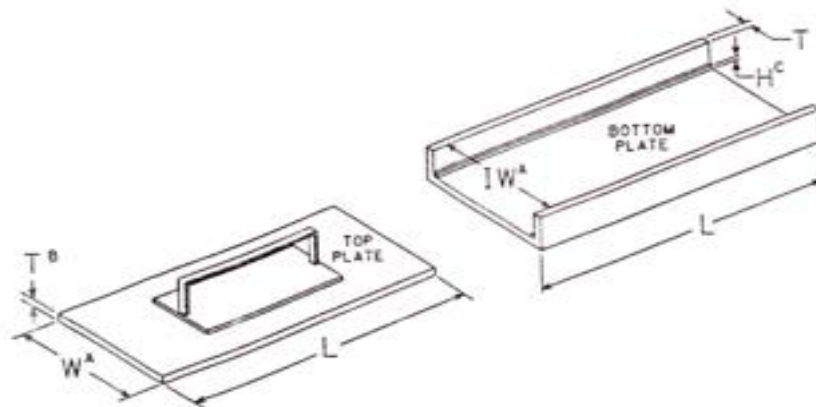
۱-۷- این روش برای خاکهایی که حد خمیری بین ۱۵ و ۳۲ دارند و با استفاده از دست، نمونه به شکل لوله ای در می آید، کاربرد دارد.

۲-۷- قابلیت تکرار پذیری - (یک آزمایشگاه):

نتایجی که توسط دو نفر با ابزار مشابه در یک آزمایشگاه بدست می آید و بیشتر از ۱۰ درصد میانگین آنها اختلاف دارند، احتیاج به بررسی دارد.

۳-۷- قابلیت تکرار پذیری (چند آزمایشگاه):

اگر دو نتیجه ای که از کار دو نفر در دو آزمایشگاه متفاوت بدست می آید، بیشتر از ۱۸ درصد میانگین آنها با هم تفاوت داشته باشند، نتایج احتیاج به بررسی دارد.



شکل ۱- وسیله فتیله نمودن در آزمایش حد خمیری

IW : تقریباً ۱۰۰ mm

L : تقریباً ۲۰۰ mm

T : ۵ تا ۱۰ mm (به نکته B توجه کنید)

H : (۳/۲۰ + ۰/۲۵ mm) به علاوه ضخامت کلی ورق غیر لعابی متصل به صفحه پایینی. (به نکته

C توجه کنید).

W : (به نکته A توجه کنید).

نکات شکل:

(A): اختلاف بین عرض صفحه بالایی (W) و عرض داخلی صفحه پایینی (IW) طوری است که صفحه بالایی بدون اینکه لق بخورد، به راحتی پس و پیش می‌رود (حرکت می‌کند).

(B): صفحه بالایی می‌بایست آنقدر محکم و سخت باشد که در زمان آوردن فشار دچار خمیدگی نشود و ضخامت نمونه‌ها را تحت تاثیر قرار ندهد.

(C): عرض شیارهای کناری بین ۳ تا ۶ میلیمتر می‌باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

AASHTO : T103-83

مقاومت مصالح سنگی در مقابل سرما و گرما

۱ - هدف

۱-۱- این استاندارد سه روش جهت انجام آزمایش و تعیین مقاومت مصالح در مقابل ازهم پاشیدگی و خرد شدن در اثر سرما و گرما ارائه می دهد. با انجام این آزمایش ها، اطلاعات مفیدی در مورد مقاومت مصالح در مقابل هوا به ویژه هنگامی که اطلاعات مناسبی از نظر رفتار مصالح در مقابل هوادر دسترس باشد، بدست می دهد.

۲ - لوازم آزمایش

۲-۱- لوازم آزمایشی شامل :

۲-۱-۱- دستگاههای یخ بندان - مقررات و شرایط ویژه ای از نظر اندازه و نوع دستگاههای سرمازا وجود ندارد و تعدادی از آزمایشگاهها انواع مختلفی از دستگاههای سردکننده با اندازه و انواع مختلف در دسترس دارند. آنچه که در دستگاههای سردکننده حائز اهمیت است، آن است که علاوه بر ظرفیت مورد لزوم جهت آزمایش دمای داخلی اتاقک سردخانه قابل تنظیم تا بیش از ۲۶ - درجه سانتیگراد (۱۵ - درجه فارنهایت) نباشد.

۲-۱-۲- قوطی های نمونه - قوطی های نمونه باید فلزی باشد ولی بهتر است از قوطی پلاستیکی، لاستیکی و یا مواد دیگری که در آنها خوردگی ایجاد نشود استفاده نمود.

۲-۱-۳- الکها - اندازه الکها باید مطابق با استاندارد AASHTO: M92 به منظور اهداف آزمایش باشد.

۲-۱-۴- ترازو - ترازو باید مطابق استاندارد A.ASHTO: M231 باشد و برای هدفی که لازم است وزن اولیه نمونه مورد آزمایش تعیین گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۱-۵- اون برای خشک کردن نمونه ها - این اون ها باید توانایی لازم را برای نگهداری جریان هوایی به دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد یا 9 ± 230 درجه فارنهایت رداشته باشند.

۲-۱-۶- مخزن یخبندان - این مخازن ابعاد و اندازه هایش باید بقدری باشد که نمونه ها وقوطی های نمونه را در داخل آن بصورت کاملاً غوطه ور به همان صورتی که روش استاندارد فوق پیشنهاد می کند قرار داد. مگر اینکه مخازنی به صورت دیگر نیاز باشد. آب یا محلول های مخزن یخبندان باید در دمای ۲۱ تا ۲۴ درجه سانتیگراد (۷۰ تا ۷۵ درجه فارنهایت) در مدت زمان یخ بندان باقی بماند.

۳- نمونه های آزمایش

۳-۱- مصالح سنگی ریزدانه - مصالح سنگی ریزدانه مورد آزمایش باید رده شده از انک ۹/۵ میلیمتر (انچ ۳/۸) باشند. نمونه باید به اندازه ای باشد که از هر کدام از مصالح مانده روی الکهای مندرج در جدول شماره ۱ نمونه ای برابر ۱۰ گرم جهت آزمایش برداشته شود، ضمناً مانده روی الکها باید ۵ درصد یا بیشتر از ۵ درصد از این مقادیر باشد. الکهای مورد استفاده بشرح جدول ۱ عبارتند از:

جدول ۱

اندازه الکهایی که مصالح از آنها عبور می کند	اندازه الکهایی که مصالح روی آنها باقی می ماند
(نمره ۳۰) ۰/۶۰۰ میلیمتر	(نمره ۵۰) ۰/۳۰۰ میلیمتر
(نمره ۱۶) ۱/۱۸ میلیمتر	(نمره ۳۰) ۰/۶۰۰ میلیمتر
(نمره ۸) ۲/۳۶ میلیمتر	(نمره ۱۶) ۱/۱۸ میلیمتر
(نمره ۴) ۴/۷۵ میلیمتر	(نمره ۸) ۲/۳۶ میلیمتر
(نمره ۳/۸ اینچ) ۹/۵ میلیمتر	(نمره ۴) ۴/۷۵ میلیمتر

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۲- مصالح سنگی درشت - درموزد آزمایش مصالح سنگی درشت، مصالح بر روی الک نمره ۴ یا ۴/۷۵ میلیمتر دانه بندی می شود و جهت آزمایش مصالح رده شده از الک نمره ۴ مانند بند ۳-۱ باید عمل شود و برای مصالح مانده روی الک نمره ۴ تعیین اندازه های مختلف براساس جدول شماره ۲ می باشد. نمونه اصلی علاوه بر اینکه باید دارای مقادیر لازم برای اجرای آزمایش براساس جدول شماره ۲ باشد بلکه درصد مانده نمونه اصلی روی الکهای مزبور باید ۵ درصد یا بیش از ۵ درصد از این مقادیر تجاوز نماید.

جدول ۲

مقدار نمونه	اندازه الکها
۳۰۰ گرم	نمره ۴ تا $\frac{3}{8}$ اینچ (۴/۷۵ تا ۹/۵ میلیمتر)
۱۰۰۰ گرم	$\frac{3}{8}$ اینچ تا $\frac{3}{4}$ اینچ (۹/۵ تا ۱۹ میلیمتر)
	مرکب از:
۳۳٪	$\frac{3}{8}$ اینچ تا $\frac{1}{4}$ اینچ (۹/۵ تا ۱۲/۵ میلیمتر)
۶۷٪	$\frac{1}{4}$ اینچ تا $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۲/۵ تا ۱۹ میلیمتر)
۱۵۰۰ گرم	$\frac{3}{4}$ اینچ تا $\frac{1}{2}$ اینچ (۱۹ تا ۳۷/۵ میلیمتر)
	مرکب از:
۳۳٪	$\frac{3}{4}$ اینچ تا ۱ اینچ (۱۹ تا ۲۵ میلیمتر)
۶۷٪	۱ اینچ تا $\frac{1}{2}$ اینچ (۲۵ تا ۳۷/۵ میلیمتر)
۳۰۰۰ گرم	$\frac{1}{2}$ اینچ تا $\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ تا ۶۳ میلیمتر)

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۲

مقدار نمونه	اندازه الکها
مرکب از:	
۵۰ درصد	$1 \frac{1}{2}$ اینچ تا ۲ اینچ (۳۷/۵ تا ۵۰ میلیمتر)
۵۰ درصد	۲ اینچ تا $2 \frac{1}{4}$ اینچ (۵۰ تا ۶۳ میلیمتر)
اندازه های بزرگتر به ازای هر ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) توزیع شده روی سایر الکها ۳۰۰۰ گرم	

۳-۳ - نمونه هائیکه مانده روی الکهای آنها کمتر از ۵ درصد بر طبق موارد مندرج در بندهای ۱-۳ و ۲-۳ باشد آن اندازه هائیکه کمتر از ۵ درصد است نباید آزمایش شود ولی به منظور محاسبه نتایج آزمایشات باید توجه داشت که افت حاصل از دانه هائیکه مانده روی الکهای آن کمتر از ۵ درصد است، در صدف افت وزنی یکسانی به میزان میانگین افت دانه های ماقبل کوچکتر و مابعد بزرگتر از خود دارند و اگر یکی از اندازه ها در نمونه اصلی وجود نداشته باشد همان افت وزنی برابر با نمونه ماقبل کوچکتر یا مابعد بزرگتر از خود را (وقتی که این اندازه از دانه در نمونه وجود داشته باشد) در نظر بگیرید.

هنگامی که اندازه های ($\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ) یا ۹/۵ تا ۱۹ میلیمتر و ($1 \frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ) یا ۳۷/۵ تا ۳۷ میلیمتر و ($2 \frac{1}{4}$ تا $1 \frac{1}{2}$ اینچ) یا ۳۷/۵ تا ۶۳ میلیمتر از نمونه های آزمایشی مندرج در بند ۲-۳ بعلت عدم وجود یکی از دو اندازه مزبور را نتوان تهیه نمود به ناچار همان اندازه موجود را باید برای آزمایش تهیه نمود.

۴ - آماده سازی نمونه آزمایشی

۴-۱ - مصالح سنگی ریز - مصالح سنگی ریز روی الک نمزه ۱۰۰ (۰/۱۵ میلیمتر) باید کلاً شسته شده و در دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد (9 ± 230 درجه فارنهایت) خشک شده و سپس به اندازه های مختلفی بالک کردن بشرح ذیل تفکیک شود:

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۱-۱- نمونه دانه بندی شده را برطبق موارد مندرج در بند ۳-۱ بر روی الکها تفکیک نمائید (درکل، ۱۰۰ گرم نمونه کافی باشد) از دانه هایی که به داخل شبکه های الک می چسبند نباید استفاده کرد. پس از الک کردن نمونه اصلی بر روی الکها ۱۰۰ گرم از هر کدام از دانه های مختلف توزین شده و هر کدام از اندازه های تفکیک شده را داخل قوطی های آزمایش مجزایه منظور انجام آزمایش قرار دهید.

۴-۲- مصالح سنگی درشت دانه - نمونه مصالح سنگی درشت دانه باید کاملاً شسته شده و مقدار ثابتی از آن در دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد (9 ± 230 درجه فارنهایت) خشک می گردد و بایستی این نمونه بر روی الکها طبق موارد مندرج در بند ۳-۲ دانه بندی شود. مقادیر وزنی تعیین شده در این بند ۳-۲ را داخل قوطی های مجزایه منظور آزمایش قرار داده شود. در صورتیکه دانه ها درشت تراز $\left(\frac{3}{4}\right)$ اینچ (۱۹ میلیمتر) باشد تعداد ذرات شمارش خواهد شد.

۴-۳- تخته سنگ - تخته سنگها باید به قطعات یک شکل و یک اندازه و بالنتیجه یکنواخت تقسیم شده و هر قطعه به وزن ۱۰۰ گرم باشد. نمونه آزمایشی باید ۵۰۰۰ گرم، $2 \pm$ درصد باشد. نمونه باید کاملاً شسته شده و بر طبق بند ۲-۲ خشک شود.

۵- روش آزمایش

۵-۱- انجام آزمایش به روش A - غوطه ورنمودن کل

۵-۱-۱- طبق روش A نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت قبل از شروع سیکل یخبندان باید داخل آب غوطه ور شود و در شرایط غوطه وری در معرض سرما و گرما قرار گیرد. نوع قوطی های آزمایش بستگی به نوع دستگاه خنک کننده دارد. در بعضی از دستگاههای خنک کننده ظرفهای با عمق کم از قابل قبول ترین لوازم دستگاه می باشد و در بعضی دیگر از این دستگاهها قوطی های با عمق زیاد با سطح مقطع گرد یا مستطیل شکل ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. تعیین زمان لازم برای یخ زدن نمونه ها و آب شدن یخها با توجه به حجم عادی نمونه ها و یخ بستن آب باید انجام شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۲- انجام آزمایش به روش B - غوطه وری بخشی از نمونه

۵-۲-۱- بر طبق این روش اشباع نمونه ها با قراردادن آنها در معرض فشار هوایی برابر ۱ اینچ (۲۵/۴ میلیمتر جیوه) صورت می گیرد و ایجاد سرما در خلاء با استفاده از محلول ۰/۵ درصد حجمی الکل اتیلیک داخل آب که به طور کامل نمونه ها را پوشانده و مدت ۱۵ دقیقه نمونه در شرایط مذکور باقی بماند.

۵-۲-۲- نمونه ها سپس از درون اتاقک خلاء بیرون آورده شده نمونه مصالح سنگی درشت بایستی به اندازه عمق یک لایه داخل ظرف کم عمق (دستگاه یخندان) محتوی $\frac{1}{4}$ اینچ (۶/۴ میلیمتر) محلول آب الکل قرارداد و در این شرایط نمونه یخ می زند. نمونه مصالح سنگی ریزنا آسانترین صورت قابل جایجایی با قراردادن آن داخل توری های سیمی ۰/۲۵۰ میلیمتری یا ریزتری باشد که بدین صورت داخل سینی های کم عمق قرارداد شده و نمونه ها نیکه در شرایط رطوبت سطحی قرار دارند یخ می زنند.

۵-۲-۳- زمان لازم یخ زدن، نمونه ها باید تعیین گردد این زمان بستگی به تعداد نمونه های یخ زده و اثر دستگاه یخ بندان دارد. در بعضی موارد مدت زمان ۲ ساعت زمان مناسبی تشخیص داده شده است. پس از اتمام یخ زدن، نمونه ها بایستی برای مدت ۳۰ دقیقه داخل محلول آب الکل در دمای ۲۱ تا ۲۴ درجه سانتیگراد (۷۰ تا ۷۵ درجه فارنهایت) قرار گیرد تا یک سیکل آزمایش مقاومت در مقابل سرما و گرمی انجام گیرد.

۵-۳-۳- طریقه آزمایش به روش C - غرقاب جزئی

۵-۳-۱- این روش همانند روش B است با این تفاوت که آب به جای محلول آب - الکل به کار می رود.

۶- سیکل ها

۶-۱- تناوب یخ زدن و گرم شدن باید تکرار گردد تا تعداد لازم سیکل ها بدست آید.

توجه - بعضی از آزمایش کنندگان به ترتیب تعداد ۵، ۱۶ و ۲۵ سیکل را برای روشهای A، B و C لازم می دانند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷- بررسی کمی

۷-۱- بررسی کمی بشرح ذیل است:

۷-۱-۱- پس از اتمام آخرین سیکل هر نمونه در دمای 5 ± 110 درجه (9 ± 230 درجه فارنهایت) تا رسیدن به جرم ثابت خشک می گردد جزء در مورد مصالح سنگی ریز یا تخته سنگی که رد شده از الک و مانده روی الک دیگر به منظور تعیین اندازه دانه مناسب تشخیص داده شده و مواد مانده روی الکها باید وزن شده و مقدار آنها یادداشت گردد.

اندازه مصالح سنگی

الکهایی که برای تعیین افت وزنی به کار می روند

(۳۱/۵ میلیمتر) $\frac{1}{4}$ اینچ

(۱۶ میلیمتر) $\frac{3}{8}$ اینچ

(۳ میلیمتر) $\frac{5}{16}$ اینچ

(۴ میلیمتر) نمره ۵

$\frac{1}{4}$ تا $2 \frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ تا ۶۳ میلیمتر)

$\frac{1}{2}$ تا $1 \frac{3}{4}$ اینچ (۳۷/۵ تا ۱۹ میلیمتر)

$\frac{3}{4}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ (۱۹ تا ۹/۵ میلیمتر)

$\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{16}$ اینچ (۹/۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر)

۷-۱-۲- نمونه های مصالح سنگی ریز یا تخته روی الک مانده اولیه به منظور تعیین افت وزنی آنها الک شود. مواد مانده روی هر الک باید وزن شده و مقدار آن یادداشت گردد.

۷-۱-۳- در مورد تخته سنگ ، افت وزنی تخته سنگها، وزن نهایی تخته سنگهایی که دو یا سه قطعه نشده اند از مقدار جزم اولیه نمونه باید کسر گردند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸- گزارش

۸-۱- گزارش باید شامل اطلاعات به شرح ذیل باشد.

توجه - جدول ۱ استاندارد A.ASHTO : T104 با مقادیر آزمایشی که به منظور مثال داده شده، یک فرم برای گزارش اطلاعات پیشنهاد شده است. مقادیر نشان داده شده ممکن است برای هر روش مناسب نباشد و بستگی به کیفیت مصالح سنگی دارد.

۸-۱-۱- جرم هریخش از نمونه قبل از آزمایش

۸-۱-۲- به جزء در مورد تخته سنگها، افت واقعی هریخش از نمونه به عنوان درصدی از جرم بخش اولیه باید بیان گردد.

۸-۱-۳- میانگین وزنی از درصدهای هریخش بر اساس دانه بندی نمونه که برای آزمایش بدست آمده یا ترجیحاً روی دانه بندی میانگین بخشی از مصالح که در معدن تهیه شده و معرف کل نمونه است محاسبه می گردد. در این محاسبه برای اندازه های ریزتراز الک 0.300 میلیمترافت معادل صفر درصد فرض می شود.

۸-۱-۴- در مورد تخته سنگها مقدار افت تعیین شده در بخش ۷-۱-۳ باید به عنوان درصدی از جرم اولیه گزارش شود.

۸-۱-۵- اگر مظانعه کردن مدنظر باشد یا وقتی که درخواست شده باشد، نوع شکست ذرات جدا شده در نمونه باید گزارش شود.

۸-۱-۶- روش آزمایش مورد استفاده.

استاندارد تعیین نسبت ریزدانه‌های خمیری در خاک و سنگدانه‌های

دانه‌بندی شده با استفاده از آزمایش ارزش ماسه‌ای^۱

AASHTO: T176-00

۱- هدف:

۱-۱- این آزمایش به عنوان یک آزمایش صحرائی سریع، جهت تعیین نسبت ذرات ریز یا مواد رس‌گونه در خاک‌ها یا مصالح دانه‌بندی شده بکار برده می‌شود.

۱-۲- موارد ذیل در مورد تمام حدود مشخص شده این استاندارد اعمال می‌شود. به منظور مطابقت دادن با مشخصات ذکر شده در این استاندارد، هر مقدار قرائت شده یا محاسبه شده باید بر اساس دستورالعمل R11 (دستورالعمل پیشنهادی در مورد تعداد ارقام معنی دار برای مقادیر حدود مشخصات) تا رسیدن به آخرین رقم سمت راست حدود داده شده در این استاندارد گرد شوند.

۱-۳- مقادیری که با واحدهای SI بیان شده اند، مقادیر استاندارد می‌باشند.

۱-۴- جهت کسب اطلاعات بیشتر در مورد مواد شیمیایی به R16 مراجعه کنید.

۲- لوازم آزمایش:

۲-۱- یک سیلندر پلاستیکی مدرج، درپوش لاستیکی، لوله شستشو، میله وزنه‌دار و سیفون که همه این وسایل باید مطابق با خصوصیات و ابعاد نشان داده شده در شکل ۱ باشند.

سیفون را به یک بطری یک گالنی (۴ لیتری) که محتوی محلول کلرید کلسیم آماده شده می‌باشد، وصل کنید. (توضیح در بخش ۲-۸) این بطری بایستی روی سکویی به ارتفاع 915 ± 25 میلی‌متر (36 ± 1 اینچ) بالاتر از سطح کار قرار گیرد. می‌توان به جای بطری ۴ لیتری، از یک بطری پلاستیکی یا شیشه‌ای با حجم بیشتر استفاده کرد به شرط آنکه سطح محلول مورد استفاده بین ۹۱۵ تا ۱۱۷۰ میلی‌متر (۳۶ تا ۴۶ اینچ) بالاتر از سطح کار قرار گیرد.

نکته ۱- مدل قدیمی تر میلهٔ وزنه دار، یک نشانهٔ راهنما دارد که با درب سیلندر چفت شده و میله را در مرکز آن نگه می‌دارد. یک سطح مخروطی شکل و ۳ پیچ در انتهای میله وجود دارد تا این میله در مرکز سیلندر نگه داشته شود. در مدل قدیمی شاخص متصل به میله جهت قرائت ماسه وجود ندارد (شکل ۱)، اما یک شکاف در مرکز پیچ‌های مذکور وجود دارد که برای قرائت ماسه به کار برده می‌شود. نکته قابل توجه این که برای آزمایش مصالح رسی میله‌های وزنه دار نشانه دار مطلوب‌تر هستند.

۲-۲- پیمانۀ فلزی به حجم (85 ± 5) میلی‌لیتر) و قطر تقریبی ۵۷ میلی‌متر (۲/۲۵ اینچ).

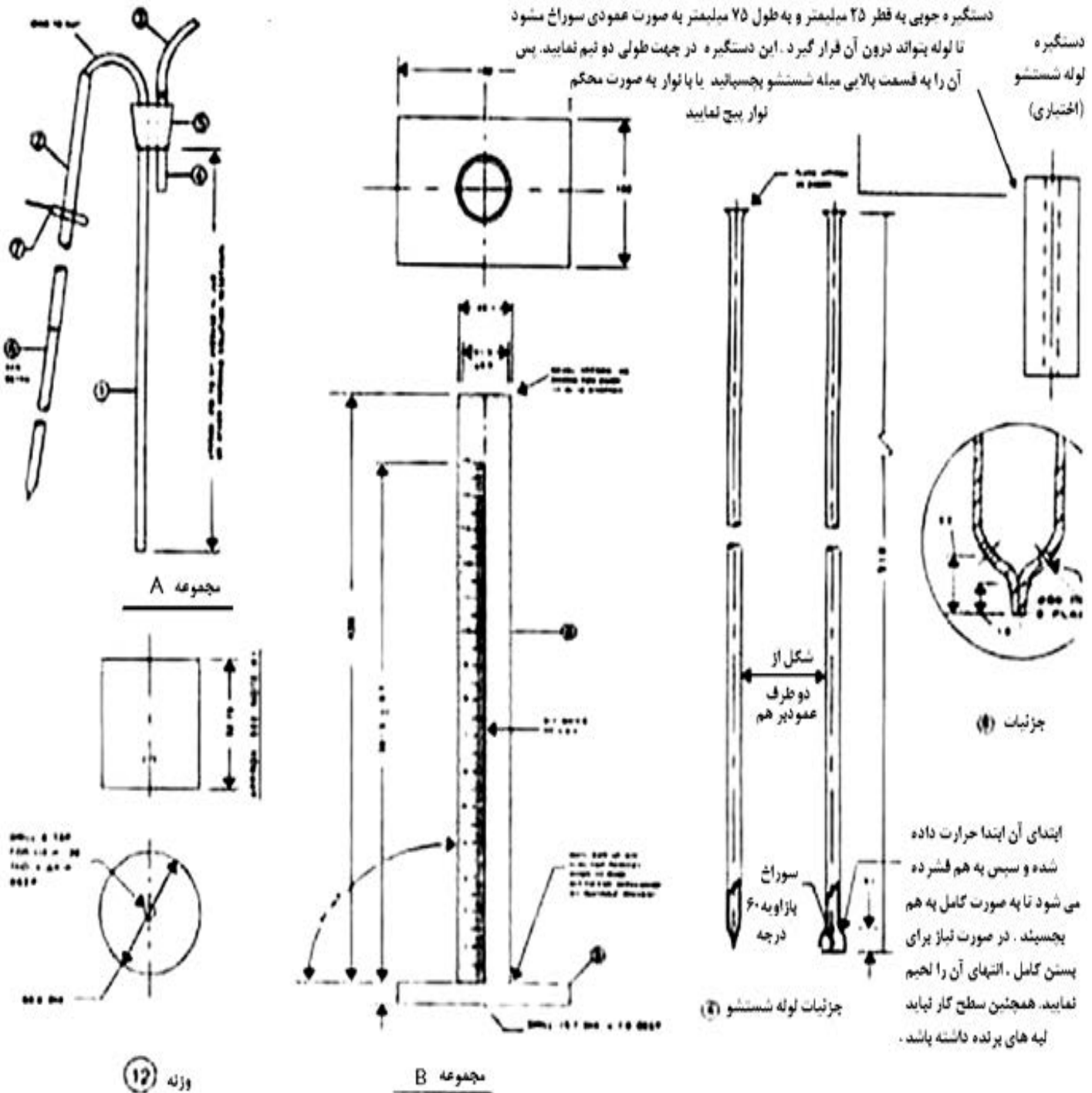
۳-۲- قیف دهان گشاد با قطر دهانه تقریباً ۱۰۰ میلی‌متر (۴ اینچ).

۴-۲- ساعت یا کرنومتر جهت تعیین زمان برحسب دقیقه و ثانیه.

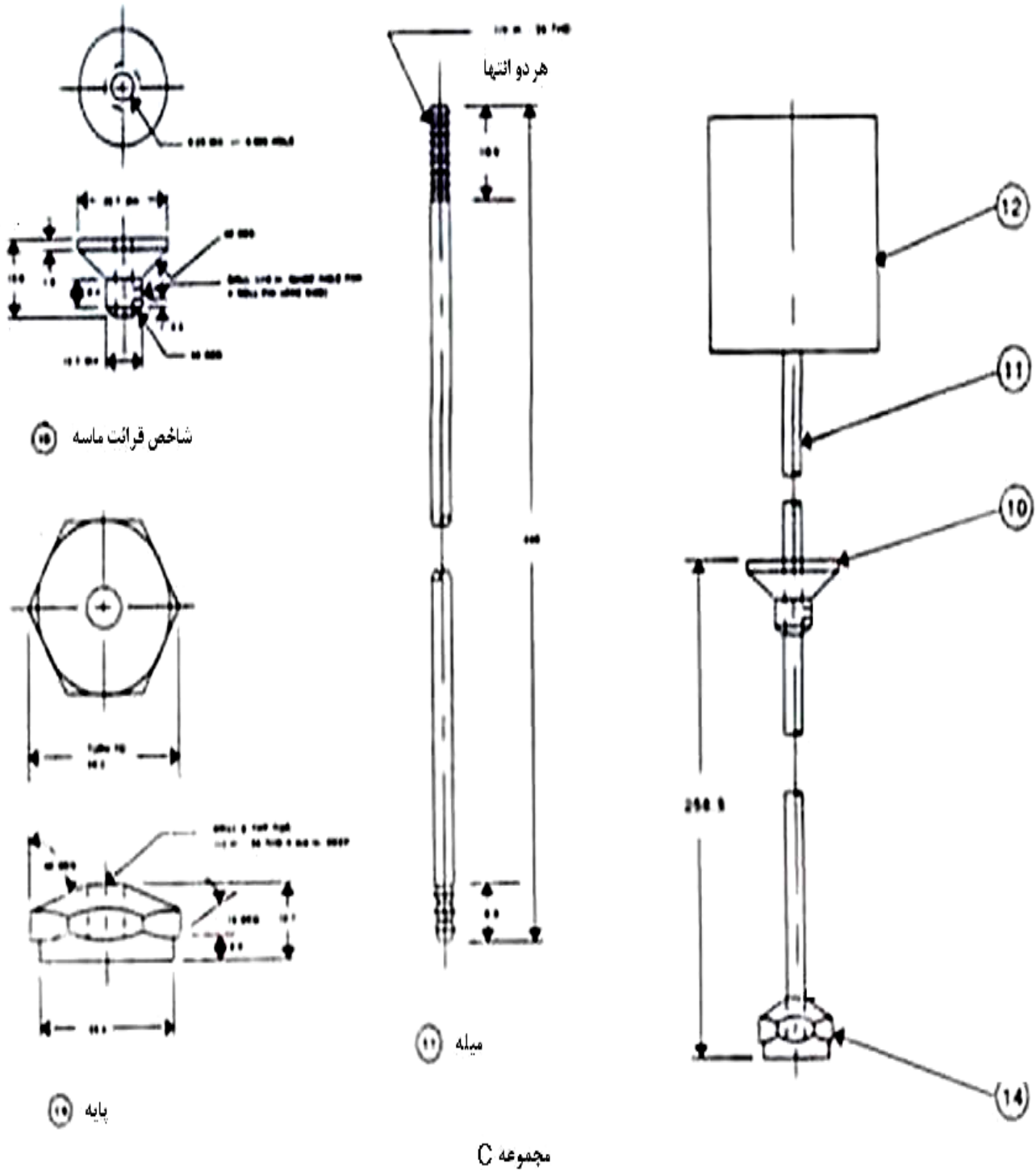
۵-۲- تکان دهنده مکانیکی به گونه‌ای که بتواند سیلندر پلاستیکی را در فاصله $1 \pm 0.3/2$ میلی‌متری (4 ± 0.8) اینچی) به تعداد 2 ± 175 بار در دقیقه (3 ± 0.282) هر تکان دهد. قبل از استفاده، این تکان دهنده باید به سطحی ثابت و مسطح محکم گردد.

۶-۲- تکان دهنده نیمه اتوماتیک که قادر باشد به کمک دست ۱۰۰ حرکت رفت و برگشت کامل را در محدوده زمانی 5 ± 45 ثانیه و در فاصله $0.8 \pm 127/5$ میلی‌متر (2 ± 0.5 اینچ) انجام دهد. اگر حجم کار زیاد باشد، دستگاه تکان دهنده باید توسط پیچ‌ها یا گیره‌هایی به یک سطح ثابت و مسطح محکم گردد.

نکته ۲- از تکان دهنده‌های مکانیکی بیشتر برای انجام آزمایشات کنترلی ارزش ماسه‌ای استفاده می‌شود. البته بهتر است که حتی‌الامکان از تکان دهنده‌های مکانیکی یا نیمه اتوماتیک به جای تکان دادن دستی استفاده شود.



شکل ۱ (قسمت B): لوازم آزمایش ارزش ماسه‌ای



توجه: تمامی ابعاد نشان داده شده به میلیمتر هستند بجز قسمت‌هایی که مشخص شده است

ادامه شکل ۱ (قسمت C): لوازم آزمایش ارزش ماسه‌ای

جدول ۱- لوازم آزمایش ارزش ماسه ای

گروه	شماره	توضیح	اندازه	جنس
A اجزای سیفون				
	۱	لوله سیفون	۶/۴×۴۰۰ قطر	لوله مسی
	۲	شیلنگ سیفون	۴/۶×۱۲۲۰ قطر داخلی	لوله لاستیکی
	۳	شیلنگ خروج هوا	۴/۸×۵۰/۸ قطر داخلی	لوله لاستیکی
	۴	لوله خروج هوا	۶/۴×۵۰/۸ قطر	لوله مسی
	۵	درپوش با دو سوراخ	شماره ۶	لوله لاستیکی
	۶	لوله شستشو	۶/۴ قطر خارجی و ۰/۸۹ ضخامت جداره ۵۰×	لوله استیل ضد زنگ
	۷	گیره	طول لوله از جنس فولاد ضد زنگ و نوع ۳۱۶ BKH شماره ۲۱۷۳ یا معادل ، DAY. Pinchcock	
B اجزای استوانه مدرج				
	۸	لوله	۳۸/۱۰×۴۳۰ قطر خارجی	پلاستیک اکریلیک شفاف
	۹	پایه	۱۲/۷×۱۰۲×۱۰۲	پلاستیک اکریلیک شفاف
C اجزای میله وزنه دار				
	۱۰	نشانه عدد ماسه	۶/۴×۱۴/۹ قطر	نایلون ۱۰۱ نوع ۶۶
	۱۱	میله	۶/۴×۴۳۸/۲ قطر	برنجی
	۱۲	وزنه	۵۰/۸×۵۲/۷۸ قطر	CR.SH
	۱۳	میله توپر	۰/۱۶×۰/۵ قطر	فولادی
	۱۴	پایه	۰/۱۶Hex×۱۳/۷ (هر ضلع شش وجهی)	برنجی
	۱۵	درپوش توپر	شماره ۷	لاستیکی

نکات:

- ۱- مجموعه پایه "C" به وزن 1000 ± 5 گرم.
- ۲- خطوط درجه بندی روی استوانه به فواصل ۲/۵۴ میلی متری از یکدیگر می باشد و هر دهمین خط با یک عدد نشان داده می شود. طول هر پنجمین خط نشانه می بایست تقریباً ۹/۵ میلی متر باشد. تمامی خطوط نشانه دیگر دارای طول ۵/۵ میلی متر و عرض ۰/۸ میلی متر و عمق (فرو رفتگی) ۰/۴ میلی متر می باشند.
- ۳- دقت درجه بندی برای هر ۲/۵ میلی متر، $\pm 0/25$ میلی متر می باشد. خطا در هر نقطه از درجه بندی حدود $\pm 0/75$ نسبت به فاصله واقعی از صفر استوانه می باشد.
- ۴- برای سیفون مسی و لوله خروج هوا می توان از جنس فولاد ضد زنگ یا شیشه نیز استفاده کرد.

۷-۲-۷- محلول استوک^۲: مواد ذکر شده در ۱-۷-۲، ۲-۷-۲ و ۳-۷-۲ ممکن است برای تهیه محلول استوک استفاده شوند اگر استفاده از فرم آلدئید به عنوان یک ماده بیوکسید باعث نگرانی است، مواد ۲-۷-۲ و ۳-۷-۲ باید مورد استفاده قرار گیرند. حالت چهارم زمانی است که مدت ذخیره سازی محلول استوک برای لخته شدن آن کم باشد. در این صورت می توان از مواد بیوکسید استفاده نکرد.

۱-۷-۲- محلول استوک با فرم آلدئید:

۱-۱-۷-۲- کلرید کلسیم بدون آب، ۴۵۴ گرم (۱ پوند).

۲-۱-۷-۲- گلیسیرین USP، ۲۰۵۰ گرم (۱۶۴۰ میلی لیتر).

۳-۱-۷-۲- فرم آلدئید (محلول ۴۰٪ حجمی)، ۴۷ گرم (۴۵ میلی لیتر).

۴-۱-۷-۲- ۴۵۴ گرم کلرید کلسیم را در ۱/۸۹ لیتر (نیم گالن) آب مقطر حل نموده و آن را از کاغذ صافی عبور دهید. ۲۰۵۰ گرم گلیسیرین و ۴۷ گرم فرم آلدئید را به محلول صافی شده اضافه و آن را خوب هم بزنید و سپس آن را تا حجم ۳/۷۸ لیتر (یک گالن) رقیق کنید.

۲-۷-۲- محلول استوک با گلوکار آلدئید:

۱-۲-۷-۲- کلرید کلسیم بدون آب، ۵۷۷ گرم (۱/۲۷ پوند) از درجه A.C.S.

نکته ۳- برای تولید محلول استوک تهیه شده با گلوکار آلدئید، کلرید کلسیم بدون آب با درجه A.C.S به کار می رود، زیرا آزمایشات نشان می دهند که ناخالصی های موجود در کلرید کلسیم بدون آب، ممکن است با گلوکار آلدئید وارد واکنش شده و یک رسوب ناشناخته به وجود آورد.

۲-۲-۷-۲- گلیسیرین USP، ۲۰۵۰ گرم (۱۶۴۰ میلی لیتر).

۳-۲-۷-۲- پنتانیدیال - ۱/۵ (گلوکار آلدئید)، ۵۹ گرم محلول ۵۰٪ در آب (۵۳ میلی لیتر).

۴-۲-۷-۲- ۵۷۷ گرم (۱/۲۷ پوند) کلرید کلسیم بدون آب را در ۱/۸۹ لیتر آب مقطر حل کنید. پس از عبور از کاغذ صافی ۲۰۵۰ گرم گلیسیرین و ۵۹ گرم گلوکار آلدئید را به محلول اضافه کرده و آن را خوب هم بزنید و سپس آن را تا رسیدن به حجم ۳/۷۸ لیتر (یک گالن) رقیق کنید.

نکته ۴- پنتانیدیال - ۱/۵ (Pentanedial)، به نام گلوکار آلدئید معروف است. گلوتریک دی آلدئید (gluteric dialdehyde) با اسم تجاری یوکارسید ۲۵۰ (UCARCIDE)، می تواند به صورت محلول ۵۰ درصدی گلوکار آلدئید به دست آید.

۲-۷-۳- محلول استوک با کاتن (kathon) CG/ICP

۲-۷-۳-۱- کلرید کلسیم بدون آب، ۵۷۷ گرم (۱/۲۷ پوند) از درجه A.C.S.

۲-۷-۳-۲- گلیسیرین USP، ۲۰۵۰ گرم (۱۶۴۰ میلی لیتر).

۲-۷-۳-۳- کاتن CG/ICP، ۵۶۳ گرم (۵۳ میلی لیتر).

۲-۷-۳-۴- ۵۷۷ گرم (۱/۲۷ پوند) کلرید کلسیم بدون آب را در ۱/۸۹ لیتر آب مقطر حل کرده و

پس از عبور از صافی، ۲۰۵۰ گرم گلیسیرین و ۶۳ گرم کاتن CG/ICP را به محلول اضافه کرده و آن

را خوب هم بزنیید و تا رسیدن به حجم ۳/۷۸ لیتر (۱ گالن) رقیق کنید.

۲-۸- محلول کلرید کلسیم کاربردی: برای به دست آوردن محلول کلرید کلسیم کاربردی (85 ± 5) میلی لیتر از

محلول کلرید کلسیم استوک را با آب مقطر مخلوط کرده و آن را تا ۳/۸ لیتر رقیق نمایید. برای تهیه محلول

کاربردی به روش معمولی از آب مقطر و یا آب فاقد املاح استفاده می شود. همچنین می توان برای تهیه این

محلول از آب شیر محلی نیز استفاده کرد، به شرطی که مشخص شده باشد که این آب روی نتیجه آزمایش

تأثیر گذار نمی باشد. همچنین محلول هایی که بیش از ۳۰ روز مانده باشند، باید دور ریخته شوند.

۲-۹- یک خط کش یا کاردک که برای برداشتن خاک های اضافه از روی پیمانان فلزی مناسب باشد.

۲-۱۰- یک اون که قابلیت حفظ دمای 110 ± 5 درجه سانتی گراد (230 ± 9 درجه فارنهایت) را داشته باشد.

۲-۱۱- تکه پارچه مربع شکلی به ابعاد تقریبی ۶۰۰ میلی متر مربع (۲ فوت مربع)، از جنس ناتراوا مانند

پلاستیک یا پارچه روغنی که برای دو قسمت یا چهار قسمت کردن نمونه به کار می رود.

۲-۱۲- دستگیره لوله شستشو (اختیاری): عبارتست از یک دستگیره چوبی به قطر ۲۵ mm که به فرو کردن

لوله شستشو به داخل مصالح کمک کند. (شکل یک قسمت B)

۳- کنترل

۳-۱- در طی انجام این آزمایش دمای محلول مورد استفاده باید بین 22 ± 3 درجه سانتی گراد (72 ± 5) درجه

فارنهایت) باقی بماند. اگر شرایط محلی به گونه ای مانع از حفظ این محدوده دما بود، نمونه های کنترلی بایستی

به آزمایشگاهی که کنترل دما در آنجا امکان پذیر است، فرستاده شوند. همچنین برای مصالحی که در شرایطی

آزمایش شده اند که کنترل صحیح دما امکان نداشته است می توان منحنی تصحیح دما را رسم کرد.

برای مواد مختلف که ارزش ماسه‌ای بسیار نزدیک به هم دارند، نمی توان یک منحنی کلی به کار برد. همچنین نمونه‌هایی که حداقل مشخصات و الزامات ارزش ماسه‌ای را در محلول با دمای کمتر از دمای توصیه شده برآورده می‌کنند، نیازی نیست که با آزمایش کنترلی، کنترل شوند.

۴- تهیه نمونه آزمایش:

۴-۱- آزمایش ارزش ماسه‌ای بایستی بر روی خاکها و مصالح دانه‌بندی شده عبوری از الک نمره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) انجام شود. تمام کلوخه های مصالح ریزدانه بایستی نرم شوند تا از الک ۴/۷۵ mm عبور نمایند و تمامی ریزدانه‌های چسبیده به مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ mm نیز جدا شده و به مصالح عبوری از الک ۴/۷۵ میلی‌متر اضافه شوند.

۴-۲- نمونه اصلی را به دفعات کافی به دو یا چهار قسمت تقسیم کنید تا چهار نمونه معرف که اندکی بیشتر از ۸۵ میلی‌متر می باشند به دست آید. همچنین برای به دست آمدن نمونه معرف از نمونه اصلی نهایت دقت را به کار ببرید (نکته ۵).

نکته ۵- تجربیات نشان می‌دهند از آنجائی که مقدار مصالح در نتیجه چهار قسمت کردن کاهش می‌یابد، دقت تهیه نمونه‌ها جهت آزمایش نیز کاهش می‌یابد. الزامی است که نمونه‌ها با دقت به دو یا چهار قسمت تقسیم شوند. اگر لازم بود، مصالح را قبل از تقسیم کردن مرطوب کنید تا از جدایی و از بین رفتن ریزدانه‌ها جلوگیری شود.

۴-۳- با استفاده از یکی از روش‌های زیر، به تعداد مورد نیاز برای آزمایش نمونه آماده نمایید:

۴-۳-۱- روش خشک :

۴-۳-۱-۱- نمونه‌ای که از الک ۴/۷۵ عبور کرده است را به دفعات کافی به دو یا چهار قسمت تقسیم کنید به گونه ای که مقدار نمونه به اندازه‌ای باشد که پیمانانه ۸۵ میلی‌لیتری را کمی بیشتر از لبه پر کند. هنگام پر کردن پیمانانه، انتهای آن را روی میز یا سطح سفت دیگری بزنید تا پیمانانه کاملاً پر شده و حداکثر مقدار ممکن از مصالح داخل آن جای گیرد. سپس مصالح اضافی را از روی پیمانانه پر با استفاده از یک کاردک یا خط‌کش بردارید.

۴-۳-۲- روش تر (مرطوب):

۴-۳-۲-۱- برای رسیدن به نتایج مطلوب، نمونه بایستی در شرایط رطوبتی مناسب قرار گیرد. این شرایط به روش فشردن یک قسمت کوچک از نمونه خوب مخلوط شده در کف دست، تعیین می‌شود. اگر توده‌ای که شکل گرفته است، بر اثر لمس کردن ترک بر ندارد مشخص می‌شود که نمونه به محدوده

رطوبت صحیح رسیده است. اگر مصالح خیلی خشک باشند توده شکل گرفته خرد می‌شود که در این صورت لازم است به آن آب اضافه نموده و آن را دوباره مخلوط و کنترل نمود تا به شرایط مورد نظر برسد. اگر در مصالح آب آزاد مشاهده شد، بایستی آن را زهکشی کرده و در معرض هوا خشک کرد و مرتب آن را مخلوط کرد تا مصالح کاملاً یکنواخت شوند. مصالح خیلی مرطوب در ابتدا به شکل توده ای در می‌آیند، بنابراین عمل خشک کردن باید تا زمانی ادامه یابد که وقتی نمونه را با دست می فشاریم، نمونه شکننده تری نسبت به نمونه قبلی حاصل گردد. اگر میزان رطوبت نمونه اصلی که در بخش (۴-۲) تهیه شد بین حدود شرح داده شده در بالا باشد، بلافاصله نمونه آزمایش قابل برداشتن است. اگر میزان رطوبت به این حدود رسیده است، بایستی نمونه را در یک سینی قرار داده و روی آنرا با یک درپوش یا یک پارچه نمدار پوشانند، بطوریکه با نمونه در تماس نباشد و حداقل ۱۵ دقیقه در این حالت باقی بماند.

۴-۳-۲-۲- پس از حداقل ۱۵ دقیقه زمان رطوبت دهی، نمونه را روی پارچه قرار دهید و با بلند کردن هر یک از گوشه های پارچه آن را مخلوط نمایید و با کشیدن دو گوشه مخالف به طرف بالا مصالح را روی هم بغلتانید. هنگامی که نمونه یکنواخت شد، نمونه را در مرکز پارچه به صورت کوبه درآورده و دیگر آن را مخلوط نکنید.

۴-۳-۲-۳- پیمانه ۸۵ میلی لیتری را با فشار داخل کوبه فرو کرده و با فشار دست دیگر آن را پر کنید. هنگامی که پیمانه کاملاً داخل مواد فرو رفت، با کف دست مواد را فشار دهید و حداکثر مقدار نمونه را به طور فشرده داخل پیمانه وارد نمایید. سپس سطح مصالح داخل پیمانه را با کمک کاردک یا خط کش صاف کنید.

نکته ۶- بی شک هر نمونه آزمایشی مرطوب، ارزش ماسه‌ای کمتری نسبت به نمونه خشک متناظر با آن دارد. بنابراین در یک آزمایش دوتایی که هر دو روش خشک و مرطوب نمونه به کار گرفته شده، لازم است که تصحیح مناسب برای هر کدام از نمونه‌ها تعیین و انجام شود تا آنجا که تصحیح استاندارد امکان پذیر نباشد. به هر حال هرکدام از این دو روش می توانند با اطمینان به کار روند.

۴-۳-۳- روش مرجع (تکان دهنده مکانیکی) - پیمانه ۸۵ میلی لیتری را با کمک یکی از روش‌های فوق از نمونه مورد آزمایش پر کنید. (بخش ۴-۳-۱ یا ۴-۳-۲) سپس نمونه را تا رسیدن به جرم ثابت در دمای 5 ± 110 درجه سانتی‌گراد (9 ± 230 درجه فارنهایت) خشک کنید و اجازه دهید تا قبل از انجام آزمایش به دمای اتاق برسد.

۵- روش آزمایش:

دفتر امور فنی

آزمایش ارزش ماسه‌ای (AASHTO-T176)

۱-۵- عمل سیفون کردن را با دمیدن هوا به داخل مخزن محلول با استفاده از لوله خمیده از جنس مس، شیشه و یا فولاد ضد زنگ، در حالی که شیر باز است آغاز کنید.

۲-۵- $10.1/6 \pm 2/5$ میلی‌متر (4 ± 0.1 اینچ) از محلول کلرید کلسیم کاربردی را با سیفون کردن داخل سیلندر پلاستیکی بریزید. برای جلوگیری از پاشیدن مصالح به اطراف، نمونه آزمایشی آماده شده را با کمک یک قیف دهان گشاد از پیمانان به داخل سیلندر پلاستیکی بریزید. انتهای سیلندر را چندین بار محکم به کف دست بزنید تا حباب‌های هوا آزاد شده و عمل خیس کردن نمونه به طور کامل انجام شود.

۳-۵- به مدت 10 ± 1 دقیقه اجازه دهید نمونه مرطوب شده دست نخورده باقی بماند. پس از ۱۰ دقیقه خیس خوردن، درپوش سیلندر را روی آن قرار دهید و سیلندر را بطور همزمان سر و ته کرده و تکان دهید تا مواد ته آن به خوبی بهم بخورد.

۴-۵- بعد از سر و ته کردن سیلندر و مخلوط شدن مصالح، سیلندر و محتویات را با یکی از روش‌های زیر تکان دهید.

۱-۴-۵- تکان‌دهنده مکانیکی (روش مرجع)- سیلندری که درپوش آن گذاشته شده است را در تکان‌دهنده مکانیکی قرار دهید و با تنظیم زمان سنج آن اجازه دهید تا تکان‌دهنده، سیلندر و محتویات را به مدت 45 ± 1 ثانیه تکان دهد.

۲-۴-۵- تکان‌دهنده نیمه اتوماتیک- سیلندر درپوش‌دار را روی گیره‌های فنری موجود روی نگهدارنده سیلندر قرار دهید و کنتور شمارشگر آن را روی صفر تنظیم کنید. دقیقاً روبه‌روی تکان‌دهنده بایستید و با اعمال یک نیروی افقی سریع، به قسمت بالایی تسمه فولادی سمت راست، فشار وارد کنید تا نشانگر به علامت نشاندهنده محدوده رفت و برگشت که در صفحه پشتی نشانه‌گذاری شده است، برسد. سپس دست را از روی تسمه برداشته و اجازه دهید حرکت فنری تسمه، سیلندر و نگهدارنده آنرا در جهت مخالف بدون کمک یا مانع برگرداند. در طول هر تکان با نوک انگشتان به تسمه فولادی فنری سمت راست نیرویی وارد کنید تا نشانگر را به علامت نشاندهنده محدوده رفت و برگشت رسانده و یک حرکت نوسانی نرم ایجاد شود. مرکز علامت مذکور را مشخص کرده تا محدوده مناسب برای حرکت رفت و برگشتی، قابل تشخیص باشد. همچنین عرض این علامت برابر با حداکثر تغییرات مجاز در فاصله رفت و برگشت می‌باشد. زمانی که جهت حرکت عقربه در محدوده علامت نشاندهنده عوض شود، بدین معنی است که تکان مطلوب صورت گرفته است. به منظور حفظ حرکت مناسب از حرکت مچ یا ساعد دست، برای راندن تکان‌دهنده استفاده می‌شود. تا زمانی که تعداد تکان‌ها به ۱۰۰ برسد عمل تکان دادن را ادامه دهید.

۵-۴-۳- روش دستی- سیلندر را به صورت افقی نگه داشته و آن را طی یک حرکت خطی افقی به شدت تکان دهید. سیلندر را ۹۰ سیکل در مدت ۳۰ ثانیه با دامنه حرکت 229 ± 25 میلی‌متر (9 ± 1 اینچ) تکان دهید. یک سیکل، شامل یک حرکت کامل رفت و برگشتی است. برای اینکه سیلندر با این سرعت به طور مناسب تکان داده شود، شخص آزمایشگر بایستی بدن و شانه‌هایش را آزاد نگه داشته و فقط از حرکت ساعدها استفاده کند.

۵-۵- بعد از تکان دادن، سیلندر را به صورت عمودی روی میز کار قرار دهید و درپوش آن را بردارید.

۵-۶- روش شستشو: لوله شستشو را داخل سیلندر قرار داده و با پایین بردن آن، مصالح را از جداره‌های سیلندر بشوئید. در حالی که محلول از لوله خارج می‌شود، آن را به صورت چرخشی و با فشار داخل مواد ته نشین شده سیلندر نمایید. با این کار ذرات ریز و نرم در بالا و ذرات درشت‌تر در پایین قرار می‌گیرند. این کار را تا زمانی که سطح محتویات سیلندر به ۳۸۱ میلی‌متر برسد ادامه دهید. سپس لوله را به آرامی بدون اینکه جریان مایع آن را قطع کرده باشید از سیلندر خارج نمایید به طوری که بعد از خارج کردن لوله، سطح محتویات سیلندر همان ۳۸۱ میلی‌متر باشد. جریان را به صورتی تنظیم کنید که قبل از خارج کردن تمامی لوله شستشو، سطح نهایی مایع به ۳۸۱ میلی‌متر برسد. سطح نهایی که همان پایین‌ترین نقطه تقعر مایع می‌باشد باید بین دو درجه بالایی لوله مدرج بوده ولی نباید از سطح ۳۸۱ میلی‌متر بالاتر قرار گیرد.

نکته ۷- برای برخی از خاک‌های خاص، بخصوص مصالح شکسته شده، عمل فرو کردن لوله شستشو ممکن است امکان‌پذیر نباشد. برای شستشوی این مصالح (ابتدا سیلندر را به حالت مایل نگاه داشته و لوله شستشو را تا انتها به داخل آن وارد کنید) سپس همزمان با خارج کردن لوله شستشو عمل چرخش لوله را ادامه دهید تا زمانی که حجم محتویات سیلندر به ۳۸۱ میلی‌متر برسد. همچنین ضروری است که در هنگام شستشو ذرات ریز دانه به سمت بالا حرکت کنند.

۵-۷- اجازه دهید که سیلندر و محتویات آن به مدت ثانیه 15 ± 20 دقیقه بدون حرکت باقی بماند. زمان را بلافاصله بعد از خارج کردن لوله شستشو محاسبه نمایید.

۵-۸- بعد از ۲۰ دقیقه زمان ته‌نشینی، سطح بالای رس معلق را قرائت و ثبت کنید. به این عدد "عدد رس" می‌گویند. اگر بعد از ۲۰ دقیقه زمان ته‌نشینی، خط مشخصی به وجود نیامد، اجازه دهید نمونه تا زمانی که خط رس مشخصی به وجود آید بدون حرکت باقی بماند، سپس فوراً سطح بالای رس معلق به همراه کل زمان

ته‌نشینی را قرائت و یادداشت کنید. اگر کل زمان ته‌نشینی از ۳۰ دقیقه فراتر رفت، آزمایش را از اول بر روی سه نمونه مجزا تکرار نمایید. تنها عدد رسی که مربوط به کمترین زمان ته‌نشینی می‌باشد را قرائت و ثبت نمایید.

۵-۹- بعد از به دست آوردن عدد رس، با استفاده از یکی از روش‌های زیر، "عدد ماسه" را نیز به دست آورید:
 ۵-۹-۱- در صورتیکه از میله وزنه داری که بر روی میله خود دارای نشانگر ماسه است استفاده می‌نمایید، میله وزنه‌دار را از بالای سیلندر وارد آن نموده و به آرامی به سمت ماسه پایین ببرید. دقت کنید که نشانگر هنگام پایین بردن میله، به دهانه سیلندر برخورد نکند. زمانی که پایه میله وزنه‌دار به بالای ماسه رسید، میله را به آرامی به سمت اعدادی که بر روی سیلندر قرار دارند حرکت دهید تا زمانی که نشانگر به جداره داخلی سیلندر بچسبد. از عددی که لبه بالایی نشانگر نشان می‌دهد، ۲۵۴ میلی‌متر (۱۰ اینچ) کم کنید و عدد به دست آمده را به عنوان "عدد ماسه" یادداشت کنید.

۵-۹-۲- اگر از مدل قدیمی‌تر این میله وزنه‌دار که در مرکز خود پیچ دارد استفاده می‌شود، یکی از پیچ‌ها می‌بایست به طور مداوم با جداره سیلندر و اعداد روی آن در تماس باشد تا در تمام زمانی که میله پایین برده می‌شود، قابل دید باشد. وقتی که پایه میله وزنه‌دار به بالای سطح ماسه رسید، عددی که پیچ مرکزی نشان می‌دهد را بخوانید و آن را به عنوان "عدد ماسه" یادداشت کنید.

۵-۱۰- اگر قرائت‌های رس یا ماسه بین تقسیمات ۲/۵ میلی‌متری (۱/۱ اینچی) باشند، عدد بالایی درجه‌بندی را به عنوان عدد قرائت شده ثبت نمایید. برای مثال اگر عدد قرائت شده برای رس ۷/۹۵ باشد آن را ۸/۰ و عدد ماسه ۳/۲۲ را ۳/۳ ثبت نمایید.

نکته ۸- نمونه‌هایی که از مصالح مورد استفاده در مخلوط‌های روسازی آسفالت گرم نمونه‌گیری می‌شوند، در صورتی که معیار پذیرش مصالح براساس آزمایشات به عمل آمده بر روی مصالح سیلوی گرم باشد، آن نمونه‌ها بایستی در اون خشک شوند.

۶- محاسبات:

۶-۱- ارزش ماسه‌ای یا SE را با دقت ۰/۱ و با استفاده از فرمول زیر محاسبه کنید:

$$SE = \frac{\text{عدد ماسه}}{\text{عدد رس}} \times 100$$

۶-۲- اگر عدد محاسبه شده برای ارزش ماسه‌ای عددی صحیح نیست، آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح بزرگتر گرد کنید. به مثال زیر توجه کنید:

$$SE = \frac{3/3}{8} \times 100 = 41/25$$

که ۴۲ گزارش می‌شود.

۳-۶- اگر می‌خواهید میانگین ارزش ماسه‌ای چند مقدار مختلف را به دست آورید، میانگین اعداد گرد شده (که در بالا توضیح داده شد) را به دست آورید و در صورتی که میانگین آن‌ها نیز عددی صحیح نبود، آن را به نزدیک‌ترین عدد صحیح بزرگتر گرد کنید. به مثال زیر توجه کنید:

$40/9$ و $43/8$ و $41/2$ = مقادیر محاسبه شده SE

که گرد شده این اعداد به نزدیکترین عدد صحیح بزرگتر خود، به ترتیب زیر می‌باشند:

41 و 44 و 42 = گرد شده مقادیر SE

حال میانگین آن‌ها به صورت زیر است:

$$\text{میانگین} = \frac{42 + 44 + 41}{3} = 42/3$$

۳-۶-۱- از آنجائی که میانگین به دست آمده یک عدد صحیح نمی‌باشد، آن را به نزدیکترین عدد صحیح بزرگتر گرد می‌کنیم. یعنی 43 به عنوان میانگین مقادیر ثبت شده ارزش ماسه‌ای، در نظر گرفته می‌شود.

۷- احتیاط:

۷-۱- آزمایش را در محلی فاقد لرزش انجام دهید، زیرا لرزش موجب می‌شود که مصالح معلق دیرتر از حد معمول، ته‌نشین شوند.

۷-۲- سیلندرهاى پلاستیکی را بیشتر از حد ضروری، در معرض نور خورشید قرار ندهید.

۷-۳- پاک‌سازی مواد آلی: گاهی ممکن است ضروری باشد که مواد آلی رشد یافته در ظرف محلول کلرید کلسیم آماده شده، یا داخل شیلنگ شستشو و یا لوله شستشو را پاک‌سازی کنیم. این مواد به صورت جرم لزج، به راحتی در داخل محلول قابل مشاهده می‌باشند. به منظور پاک‌سازی این مواد می‌بایست هیپوکلریت سدیم^۳ (Sodium hypochlorite) را با نسبت مساوی آب، رقیق نموده و به عنوان حلال تمیز کننده به کار بریم. ظرف محلول را با این حلال پر نموده و اجازه می‌دهیم که کمی از این حلال نیز در داخل سیفون و لوله شستشو جاری شود. سپس گیره‌ای را که در انتهای لوله قرار دارد می‌بندیم تا حلال در لوله باقی بماند. ظرف را دوباره پر می‌کنیم و اجازه می‌دهیم یک شب باقی بماند. بعد از خیس خوردن، گیره را باز می‌کنیم تا حلال از لوله شستشو و سیفون جاری شود. سیفون را از ظرف محلول جدا می‌کنیم و هر دو را با آب تمیز می‌شوئیم. می‌توان ظرف و سیفون را به راحتی به کمک شیلنگ متصل به شیر آب که در سر سیفون قرار می‌دهیم، بشوئیم.

۳ - Chlorox یا معادل آن که برای این هدف مناسب می‌باشند.

۴-۷- گاهی اوقات ممکن است سوراخ‌های سر لوله شستشو به وسیله ذرات ماسه مسدود شود. اگر نتوانستید که این گرفتگی را با روشهای دیگر برطرف کنید، از یک سوزن و یا یک جسم نوک تیز برای بیرون آوردن آن‌ها استفاده کنید. دقت کنید که اندازه سوراخ را بزرگ‌تر نکنید.

۸- خصوصیات و شرایط فرد آزمایش‌کننده:

۸-۱- فردی که می‌خواهد آزمایش را چه به صورت دستی و چه نیمه‌اتوماتیک انجام دهد، می‌بایست الزامات و خصوصیات خاصی را دارا باشد. اگرچه الزامات برای هر دو روش یکسان هستند، ولی فردی که می‌خواهد از هر کدام از این دو روش استفاده کند می‌بایست صلاحیت انجام آن آزمایش را داشته باشد.

۸-۱-۱- فرد آزمایش‌کننده می‌بایست قادر باشد در صورتی که مطابق دستورالعمل‌های داده شده عمل می‌کند نتایج آزمایش یکسان و برابری را برای نمونه‌های معرف از هر نوع مصالح داده شده به دست آورد. نتایج آزمایش بدست آمده توسط یک آزمایش‌کننده هنگامی یکسان (ثابت) در نظر گرفته می‌شوند که هر کدام از نتایج سه آزمایش مجزا بر روی نمونه‌های معرف از هر نوع مصالح داده شده، اختلافی بیش از $\pm 4\%$ با میانگین نتایج این سه آزمایش نداشته باشد.

۸-۱-۲- میانگین نتایج سه آزمایش انجام شده توسط یک آزمایش‌کننده بر روی هر نوع مصالح می‌تواند حداکثر اختلافی برابر با $\pm 4\%$ نسبت به میانگین نتایج سه آزمایش بر روی همان مصالح در صورتی که از تکان دهنده مکانیکی (روش مرجع) استفاده شود، داشته باشد.

۸-۲- اگر یک آزمایش‌کننده نتواند در روش آزمایش دستی نتایج ثابتی به دست آورد و یا نتایج بدست آمده از روش دستی، با نتایج به دست آمده از روش تکان‌دهنده مکانیکی مغایرت داشته باشد، آزمایش‌کننده مجاز نیست که از روش دستی استفاده کند، مگر تا زمانی که مهارت کافی به دست آورد و بتواند بدون تغییر تعداد تکان‌ها، نتایج آزمایشی در حدود مشخص شده به دست آورد.

۸-۳- زمانی که نتایج به دست آمده توسط یک آزمایش‌کننده در روش دستی، یکسان باشند ولی میانگین نتایج سه آزمایش بدست آمده با روش دستی در محدوده مجاز اختلاف نسبت به میانگین سه نتیجه آزمایش تکان دهنده مکانیکی نباشد، فرد می‌بایست تعداد سیکل‌های تکان را طوری تصحیح کند که نتایج به دست آمده از روش دستی اختلاف قابل قبولی با نتایج به دست آمده از روش مکانیکی داشته باشد. تصحیح مورد نیاز در مورد سیکل‌ها را با روش زیر تعیین کنید:

۸-۳-۱- تعداد سیکل‌های تکان اصلاح شده مورد نیاز را تخمین بزنید. سیکل‌ها را افزایش دهید تا ارزش ماسه‌ای کمتری به دست آید یا تعداد سیکل‌ها را کاهش دهید تا ارزش ماسه‌ای بالاتری به دست آید. سه آزمایش با تعداد سیکل‌های اصلاح شده انجام دهید. سعی کنید سرعت تکان ۱۸۰ سیکل در دقیقه را حفظ کنید. میانگین نتایج حاصل از سه آزمایش با روش دستی را با تعداد تکان‌های اصلاح شده با میانگین نتایج سه آزمایش با روش تکان‌دهنده مکانیکی مقایسه کنید. در صورت لزوم، تعداد سیکل‌های تکان را دوباره تصحیح کنید تا زمانی که میانگین سه آزمایش با تعداد سیکل‌های اصلاح شده حداکثر اختلافی برابر ± 4 با میانگین به دست آمده از روش مکانیکی داشته باشد.

۸-۴- اختلاف ± 4 ، حداکثر اختلاف مجاز پذیرش آزمایش است و نباید به عنوان حالت ایده‌آل در نظر گرفته شود. هر فرد آزمایش‌کننده می‌بایست سعی کند روش مورد استفاده‌اش را به گونه‌ای انجام دهد که نتایج حاصله حتی‌الامکان برابر با نتایجی باشد که از روش مکانیکی به دست می‌آیند.

۸-۵- هرگاه نتایجی که افراد آزمایش‌کننده به دست می‌آورند متفاوت با نتایج حاصل شده از روش مکانیکی باشد، آنگاه می‌بایست آزمایشات کنترلی انجام گیرد. آزمایشات کنترلی می‌بایست در دوره‌های زمانی منظم انجام شود تا از صحت نتایج آزمایشات اطمینان حاصل شود.

روش استاندارد جهت تعیین روابط دانسیته - رطوبت در خاکها با استفاده از چکش تراکم به وزن ۴۵۴ کیلوگرم (۱۰ پوند) و ارتفاع ثابت سقوط ۴۵۷ میلیمتر (۱۸ اینچ)
AASHTO-T180-01(2004)

1- مقدمه:

1-1- این استاندارد برای تعیین رابطه بین درصد رطوبت و دانسیته خاکهای کوبیده شده در قالبی به حجم مشخص که با چکشی به وزن $4/54 \text{ kg}$ (۱۰ Lb) و ارتفاع سقوط 457 mm (۱۸ in) تراکم شده است، استفاده می گردد. چهار روش جهت انجام آزمایش به شرح ذیل پیشنهاد می گردد:

روش A: قالبی به قطر $101/60 \text{ mm}$ (۴ اینچ) و مصالح عبوری از الک $4/75 \text{ mm}$ (نمره ۴) رجوع شود به بخشهای ۴ و ۵.

روش B: قالبی به قطر $152/40 \text{ mm}$ (۶ اینچ) و مصالح عبوری از الک $4/75 \text{ mm}$ (نمره ۴) رجوع شود به بخشهای ۶ و ۷.

روش C: قالبی به قطر $101/60 \text{ mm}$ (۴ اینچ) و مصالح عبوری از الک 19 mm ($3/4 \text{ in}$). به بخشهای ۸ و ۹ مراجعه شود.

روش D: قالبی به قطر $152/40 \text{ mm}$ (۶ اینچ) و مصالح عبوری از الک 19 mm ($3/4 \text{ in}$) رجوع شود به بخشهای ۱۰ و ۱۱.

1-2- روش آزمایش باید توسط متقاضی تعیین شده باشد. در صورتی که هیچ روشی مشخص نشده باشد از روش A استفاده شود.

1-3- این روش برای خاکهایی که دارای ۴۰ درصد یا کمتر مانده روی الک $4/75$ میلیمتر (نمره ۴) (روش A و B) یا ۳۰ درصد یا کمتر مانده روی الک 19 mm ($3/4 \text{ in}$) (روش C و D) کاربرد دارد. مصالح مانده روی این الکها به عنوان دارای ذرات درشت مشخص می شوند.

1-4- اگر نمونه مورد آزمایش دارای ذرات درشت باشد و از آن برای کنترل کوبیدگی محل استفاده شود بایستی بر اساس T224 دانسیته نمونه در مقایسه با دانسیته در محل اصلاح گردد. متقاضی یا موسسه استفاده کننده از این استاندارد بایستی حداقل مصالح درشت دانه ای که نیاز به اصلاح ندارد را مشخص نماید. اگر این حداقل

مشخص نشده باشد برای آزمون‌هایی که بیش از ۵ درصد دارای ذرات درشت هستند بایستی اصلاح صورت گیرد.

۱-۵- اگر درصد مصالح ذرات درشت بیش از حداکثر مشخص شده باشد بایستی روشهای دیگری برای کنترل کوبیدگی مورد استفاده قرار گیرد.

۱- یادآوری - یک روش برای طرح و کنترل کوبیدگی چنین خاکهایی استفاده از خاکریز آزمایشی برای تعیین درجه کوبیدگی و نحوه کوبیدن می باشد. سپس بر اساس آن نوع غلتک، ضخامت لایه و تعداد عبور غلتک تعیین می گردد.

۱-۶- تمام حدود مشخصات قید شده در این استاندارد مقادیر و اعداد مشاهداتی یا محاسباتی جهت مطابقت با مشخصات این استاندارد باید بر اساس استاندارد R11 و با توجه به دقت مورد نیاز به نزدیکترین عدد سمت راست گرد شوند.

۱-۷- مقادیری که بر حسب SI بیان شده اند مورد نظر این استاندارد می باشد.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای AASHTO

M231 - ابزارهای توزین مورد استفاده برای آزمایش مواد

R11 - تعیین مرتبه ارقام در نظر گرفته شده، در تعیین محدوده پارامترها

T19M/T19 - وزن مخصوص حقیقی (وزن واحد حجم) و فضاهای خالی در سنگدانه ها

T224 - تصحیح برای خاکهای دارای ذرات درشت در آزمایش تراکم خاک

T265 - اندازه گیری آزمایشگاهی درصد رطوبت خاکها

۲-۲- استانداردهای ASTM:

D2168 - کالیبراسیون آزمایشگاهی کوبه مکانیکی متراکم کننده خاک

۳- ابزار

۳-۱- قالبها: قالبها استوانه فلزی با جداره صلب که دارای ابعاد و ظرفیت نشان داده شده در بخش ۳-۱-۱ و ۳-۱-۲ می باشند. یک گلوبی به ارتفاع 60mm ($2\frac{3}{8}\text{in}$) بر روی این قالبها به منظور تهیه نمونه ای به ارتفاع و حجم استاندارد فراهم شده است. قالب و گلوبی هر دو باید قابلیت اتصال محکم به یک صفحه زیر قالب که از همان جنس ساخته شده را دارا باشند (یادآوری ۲). صفحه زیر قالب باید با تلورانس (رواداری) 0.13mm (0.005in) مسطح باشد. مشابه آنچه در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

یادآوری ۲- از قالبهای دیگر با ظرفیتهای فوق الذکر به شرطی می توان استفاده کرد که نتایج آزمایشات و رابطه درصد رطوبت - دانسیته با خاکهای مختلف، مشابه زمانی باشد که از قالبهای با جداره صلب استفاده می شود. نتایج این بررسی باید به صورت آماده و در دسترس باشد.

۳-۱-۱ یک قالب mm ۱۰۱/۶ (۴ اینچ) با ظرفیت 0.00008 ± 0.000943 متر مکعب (0.0003 ± 0.00333 فوت مکعب) که قطر داخلی آن 101.6 ± 0.41 mm (4.000 ± 0.016 in) و ارتفاع آن 116.43 ± 0.13 mm (4.584 ± 0.005 in) می باشد (شکل ۱)

۳-۱-۲ یک قالب mm ۱۵۲/۴ (۶ اینچ) با ظرفیت 0.00021 ± 0.002124 متر مکعب (0.00075 ± 0.0075 ft^۳) که قطر داخلی آن 152.4 ± 0.66 mm (6.000 ± 0.026 in) و ارتفاع آن 116.43 ± 0.13 mm (4.584 ± 0.005 in) می باشد (شکل ۲).

۳-۱-۳ قالبهای خارج از رده در اثر استفاده: اگر قالبی در اثر استفاده های متمادی تلورانس (رواداری) های اولیه هنگام تولید، را از دست داده باشد بشرطی میتواند مورد استفاده مجدد قرار گیرد که تلورانس (رواداری) اولیه آن بیش از ۵۰ درصد افزایش نیافته باشد و در محاسبات دانسیته نیز حجم قالب که بر اساس آشتو AASHTO-T19/T19M (کالیبراسیون اندازه ها) کالیبره شده است مورد استفاده قرار گیرد .

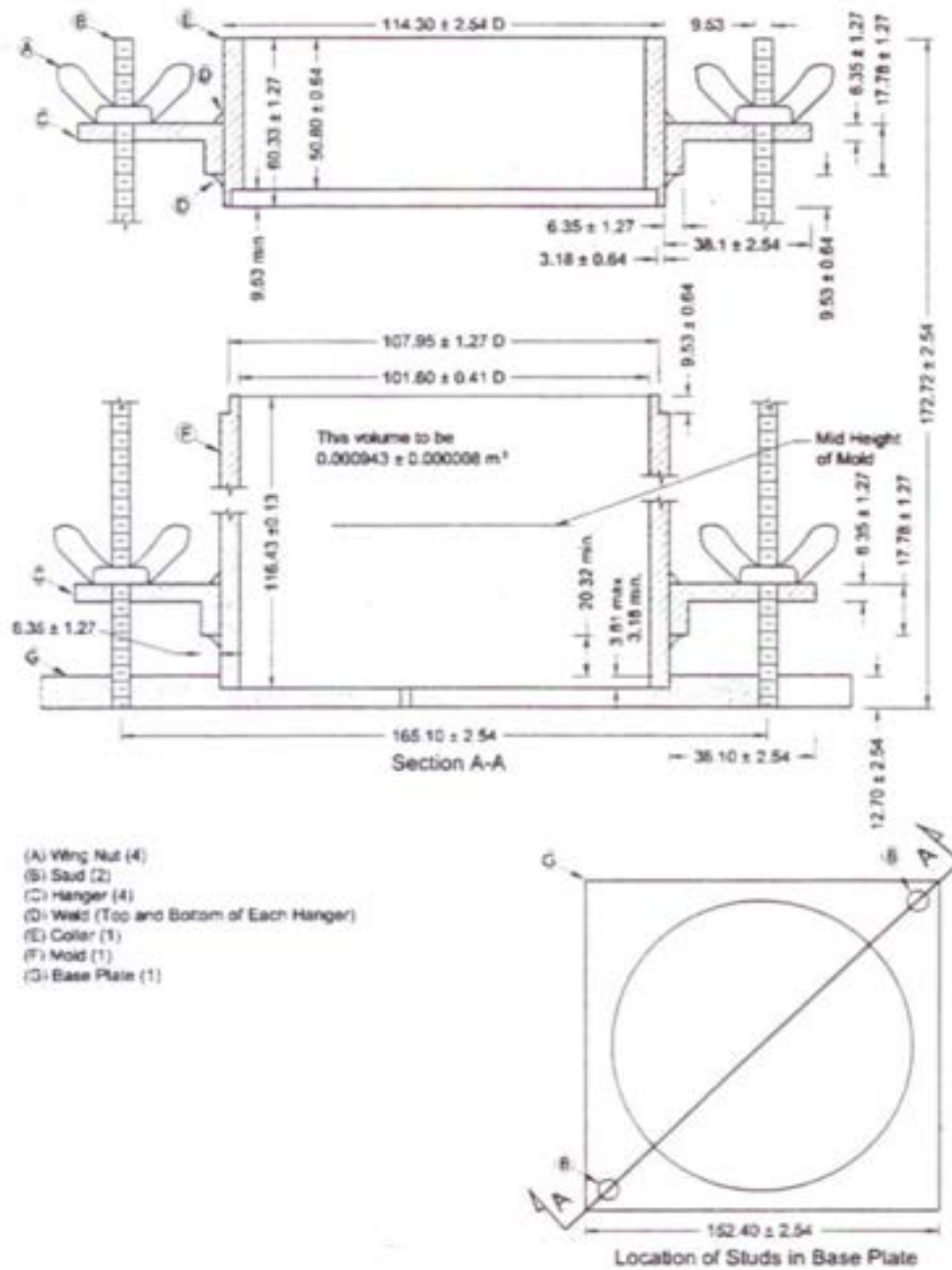
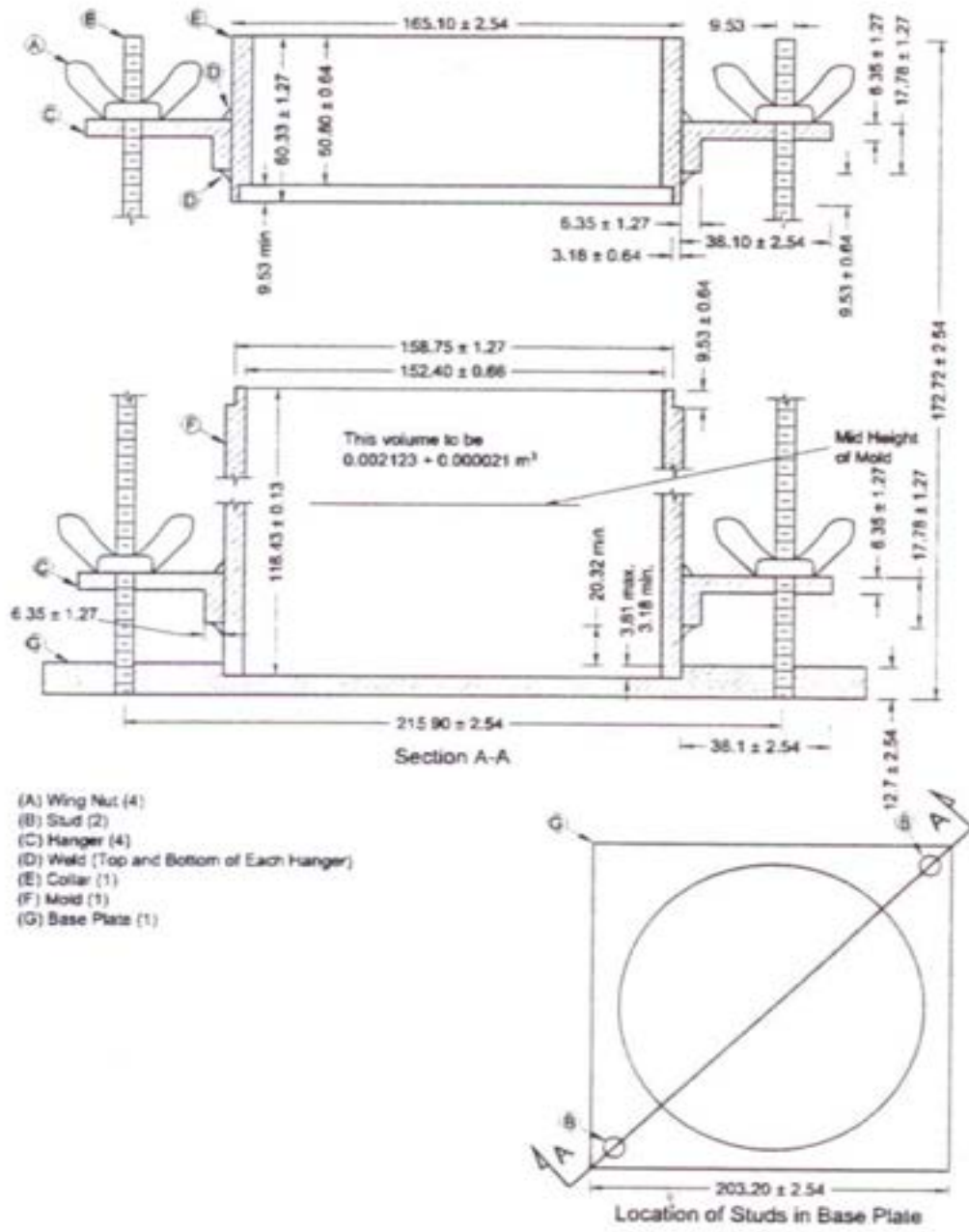


Figure 1—Cylindrical Mold and Base Plate (101.60-mm Mold)

شکل ۱ قالب استوانه ای و صفحه زیرین (قالب ۶۰ میلیمتر)



- Notes: 1. All dimensions shown in millimeters unless otherwise noted.
 2. Hanger on the mold portion only cannot extend above the midheight line.
 3. Figure 2 is to be used for all compaction molds purchased after the publication of the 21st edition (HM-21).
 4. Not to scale.

Figure 2—Cylindrical Mold and Base Plate (152.40-mm Mold)

شکل ۲ قالب استوانه ای و صفحه زیرین (قالب ۴۰ ۱۵۲ میلیمتر)

mm	in.	mm	in.	mm	in.
3.18 ± 0.64	0.125 ± 0.025	17.78 ± 1.27	0.700 ± 0.050	107.95 ± 1.27	4.250 ± 0.050
3.81	0.150	20.32	0.800	114.30 ± 2.54	4.300 ± 0.100
6.35 ± 1.27	0.250 ± 0.050	38.10 ± 2.54	1.500 ± 0.100	116.43 ± 0.13	4.384 ± 0.005
7.62	0.300	50.80 ± 0.64	2.000 ± 0.025	152.40 ± 2.54	6.000 ± 0.100
9.53 ± 0.64	0.375 ± 0.025	60.33 ± 1.27	2.375 ± 0.050	165.10 ± 2.54	6.500 ± 0.100
12.70 ± 2.54	0.500 ± 0.100	101.60 ± 0.41	4.000 ± 0.016	172.72 ± 2.54	6.800 ± 0.100

0.000943 ± 0.00008 m³ 1/30 ± 0.0003 ft³

جدول ۱: هم ارزشهای ابعادی شکل ۱

mm	in.	mm	in.	mm	in.
3.18 ± 0.64	0.125 ± 0.025	17.78 ± 1.27	0.700 ± 0.050	132.40 ± 0.66	6.000 ± 0.026
3.81	0.150	20.32	0.800	132.75 ± 1.27	6.250 ± 0.050
6.35 ± 1.27	0.250 ± 0.050	38.10 ± 2.54	1.500 ± 0.100	165.10 ± 2.54	6.500 ± 0.100
7.62	0.300	50.80 ± 0.64	2.000 ± 0.025	172.72 ± 2.54	6.800 ± 0.100
9.53 ± 0.64	0.375 ± 0.025	60.33 ± 1.27	2.375 ± 0.050	203.23 ± 2.54	8.000 ± 0.100
12.70 ± 2.54	0.500 ± 0.100	116.43 ± 0.13	4.384 ± 0.005	215.90 ± 2.54	8.500 ± 0.100

0.000943 ± 0.00008 m³ 1/30 ± 0.0003 ft³

جدول ۲: هم ارزشهای ابعادی شکل ۲

۳-۲- چکش

۳-۲-۱- روش دستی یک چکش فلزی به جرم $4.536 \pm 0.009 \text{ kg}$ ($10 \pm 0.2 \text{ Lb}$) (یادآوری ۳) و سطح دایروی به قطر 50.8 mm (2.000 in) با تلورانس (رواداری) $\pm 0.25 \text{ mm}$ ($\pm 0.010 \text{ in}$) که این قطر هنگام استفاده نباید از 50.42 mm (1.985 in) کمتر شود. چکش باید درون جداره مناسبی قرارداده شود تا بتوان ارتفاع سقوط آنرا به میزان $457 \pm 2 \text{ mm}$ ($18.00 \pm 0.06 \text{ in}$) از بالای سطح خاک تنظیم کرد. این پوسته باید حداقل دارای ۴ سوراخ تخلیه هوا باشد که قطر هر یک از آنها کمتر از $\frac{3}{8} \text{ in}$ (9.5 mm) نباشد و در فاصله 19 mm از هر انتها با زاویه ۹۰ درجه نسبت به یکدیگر قرار دارند. همچنین برای حرکت سقوط آزاد چکش و دسته آن نباید محدودیتی وجود داشته باشد.

۳-۲-۲- روش مکانیکی یک چکش فلزی که توسط وسیله ای ارتفاع سقوط آن به میزان $457 \pm 2 \text{ mm}$ ($18.00 \pm 0.06 \text{ in}$) از بالای سطح خاک کنترل می شود. این وسیله ضربات چکش را بصورت یکنواخت بر سطح خاک اعمال می نماید (یادآوری ۳). چکش باید دارای وزن

$(2/000 \text{ in}) 50/80 \text{ mm}$ قطر و تخت به قطر $(10 \pm 0/02 \text{ Lb}) 4/536 \pm 0/009 \text{ kg}$ بوده (یادآوری ۲) و سطح آن دایروی و سطح آن دایروی و تخت به قطر $(2/000 \text{ in}) 50/80 \text{ mm}$ با تلورانس (رواداری) اولیه $\pm 0/25 \text{ mm}$ ($\pm 0/01 \text{ in}$) باشد که این قطر هنگام استفاده نباید از $(1/958 \text{ in}) 50/42 \text{ mm}$ کمتر باشد. چکش مکانیکی باید بر اساس استاندارد ASTM D2168 کالیبره شود تا نتایج دانسیته - رطوبت مشابه روش دستی شود.

یادآوری ۳- چکش مکانیکی می بایست برای به دست آمدن نتایج دانسیته- رطوبت مشابه روش دستی، برای چندین نوع خاک کالیبره شود و در صورت لزوم بایستی وزن چکش مکانیکی تنظیم شود.

در روش مکانیکی عملاً نمی توان مانند حالت دستی ارتفاع سقوط چکش را برای هر لایه به میزان 457 mm (18 in) تنظیم نمود. بنابراین چکش را کمی به داخل خاکی که هنوز متراکم نشده فشار داده و سپس آنرا تنظیم کنید. در این صورت کلیه ضربات بعدی از مبنای تنظیم شده به ارتفاع 457 mm اعمال می گردد. به عبارت دیگر در دستگانهایی که برای هر ضربه بطور خودکار ارتفاع سقوط تنظیم می شود ارتفاع سقوط در هر ضربه 457 mm بالاتر از خاک متراکم شده در ضربه قبلی خواهد بود. جزئیات بیشتر در مورد کالیبراسیون چکشهای مکانیکی تراکم خاک در استاندارد ASTM D2168 آورده شده است.

۳-۲-۳- سطح چکش باید از چکش های با مقطع دایروی استفاده کرد ولی به عنوان انتخاب دیگر میتوان از چکشهای قطاعی نیز استفاده کرد به شرطی که در گزارش قید شود. چکش استفاده شده، دایروی و به قطر $50/8 \text{ mm}$ (2 in) نمی باشد. ضمناً سطح چکش قطاعی باید برابر با سطح چکش دایروی باشد.

۳-۳- جک بیرون آورنده نمونه (فقط برای قالبهای با جداره صلب) شامل یک جک ، دسته جک ، قاب و سایر وسایلی که برای بیرون آوردن نمونه خاک از قالب لازم می باشد.

۳-۴- ترازو یک ترازوی کلاس $G20$ که با استاندارد AASHTO-M231 مطابقت داشته باشد همچنین یک ترازوی $G2$ مطابق با الزامات M231 مورد نیاز می باشد.

یادآوری ۴- ظرفیت ترازوهای فوق جهت توزین قالبهای $152/40 \text{ mm}$ (6 in) با خاک مرطوب و متراکم درون آن حدود $11/5 \text{ kg}$ باشد. با اینحال برای قالبهای $101/60 \text{ mm}$ (4 in) می توان از ترازویی با ظرفیت کمتر از $11/5 \text{ kg}$ استفاده کرد به شرطی که حساسیت و قابلیت قرائت آن حداقل 5 gr باشد.

۳-۵- اون (گرمخانه) یک اون که بتواند بطور اتوماتیک دمای $110 \pm 5^\circ \text{C}$ را جهت خشک کردن مصالح مرطوب تامین نماید.

۳-۶- تیغه فلزی یک تیغه از جنس فولاد سخت به طول حداقل 250 mm (10 in) که دارای یک لبه تیز بوده و حداقل یکی از وجوه آن در جهت طولی (که برای ترمیم سطح نهایی استفاده می شود) مسطح باشد. طوری که در طول مورد استفاده حداکثر $0/1$ درصد برآمدگی یا فرورفتگی (انحناء) وجود داشته باشد.

یادآوری ۵- برای تراشیدن نهائی خاک از تیغه ای میتوان استفاده کرد که واقعا انحناء آن در محدوده ۰/۲۵ میلیمتر در ۲۵۰ میلیمتر طول باشد. در این حالت ممکن است تیغه در اثر استفاده متوالی کاملاً فرسوده شده و لذا برای تراشیدن خاک مناسب نباشد. همچنین تیغه نباید انعطاف پذیر باشد تا سطح بریده شده خاک دارای انحناء گردد.

۳-۷- الکهای 50mm (2in) و 19mm ($\frac{3}{4}\text{in}$) و $4/75\text{mm}$ (نمره ۴) مطابق با استاندارد آشتو M۹۲

۳-۸- وسایل مخلوط نمودن خاک ابزار متفرقه ای مانند سینی، ملاقه، بیلچه، کاردک و غیره یا یک وسیله مکانیکی مناسب دیگری جهت مخلوط نمودن کامل خاک پس از هر بار افزایش میزان رطوبت آن

۳-۹- قوطی ها بایستی از فلز مقاوم در برابر خوردگی ساخته شده باشند و در برابر تغییرات گرما و سرما تغییراتی در وزن آنها مشاهده نشود. همچنین باید دارای درب باشند تا مانع تغییرات رطوبت قبل از توزین اولیه و نیز جذب رطوبت پس از خشک کردن و قبل از توزین نهائی آن گردد. برای هر نمونه درصد رطوبت یک قوطی لازم است.

روش A

۴- نمونه

۴-۱- اگر نمونه اخذ شده از محل پروژه مرطوب باشد تا حدی که زیر ماله قابل خرد گردد خشک شود. خشک کردن خاک ممکن است در هوا یا به وسیله خشک کننده ای که دمای آن از 60°C بیشتر نباشد انجام گیرد. سپس کلوخه های خاک به طریقی که دانه های طبیعی آن شکسته نشوند کاملاً خرد گردند.

۴-۲- مقدار مناسبی از خاک خرد شده با الک نمره ۴ ($4/75$ میلیمتر) الک شود. دانه های بزرگتر از $4/75$ میلیمتر در صورت وجود کنار گذاشته شود.

۴-۳- از خاک تهیه شده بر اساس بندهای ۴-۱ و ۴-۲ یک نمونه معرف با جرم تقریبی 3kg یا بیشتر انتخاب گردد.

یادآوری ۶- هنگامیکه منحنی تراکم برای خاکهای با زهکشی آزاد مانند شن و ماسه با دانه بندی یکنواخت که تراوش در کف قالب و صفحه زیر قالب اتفاق می افتد ترسیم می گردد ترجیحاً نمونه رطوبت از ظرف اختلاط برای تعیین مقدار رطوبت خاک مورد آزمایش اخذ گردد.

۵- روش آزمایش

۵-۱- نمونه فوق الذکر را با آب کافی بطور کامل مخلوط کنید طوری که رطوبت آن حدود ۴ درصد زیر درصد رطوبت بهینه باشد.

۵-۲- نمونه خاک را در پنج لایه تقریباً مساوی در قالبی به قطر $101/6\text{mm}$ (۴in) با گلوئی مربوط ریخته و متراکم کنید طوری که ارتفاع خاک پس از تراکم حدود 125mm (۵in) باشد. خاک نرم هر لایه قبل از تراکم باید با ضخامت یکنواخت در سطح قالب پخش گردد. با استفاده از چکش تراکم دستی یا وسیله ای مشابه آن که دارای سطح مقطعی به قطر تقریبی 50mm (۲in) باشد تعدادی ضربه آرام به خاک قبل از تراکم اعمال شود تا آنرا از حالت سست اولیه خارج نماید. پس از تراکم هر یک از چهار لایه اولیه هر گونه خاکی که به دیواره قالب چسبیده و متراکم نشده و یا بالاتر از سطح لایه متراکم شده قرار گرفته باشد با استفاده از یک چاقو یا وسیله دیگر بریده شود و کاملاً روی سطح لایه پخش گردد. هر لایه را با ۲۵ ضربه که بطور یکنواخت در سطح قالب توزیع شده باشد متراکم کنید. اگر از چکش دستی استفاده می شود این ضربات باید از ارتفاع 457mm (۱۸in) بالاتر از سطح خاک اعمال شوند و اگر از چکش مکانیکی استفاده می شود این ضربات باید از تراز 457 میلیمتر بالاتر از تراز تقریبی خاک متراکم شده توسط ضربات قبلی اعمال گردند. در خلال عمل تراکم بایستی قالب بطور کامل روی یک پایه یا پی متراکم، یکنواخت صلب و کاملاً ثابت استوار باشد (یادآوری ۷)

یادآوری ۷- هر یک از این موارد می توانند به عنوان یک پایه مناسب جهت قرار گرفتن قالب در نظر گرفته شود: یک بلوک بتنی با حداقل وزن ۹۰ کیلوگرم (۲۰۰ پوند) که توسط پایه نسبتاً پایدار نگهداری شده باشد یا ایجاد یک گودی در کف بتنی همچنین در محل پروژه می توان از سطوحی مانند کانالهای بتنی، پلها و سطح روسازی راهها استفاده کرد.

۵-۲-۱- پس از عمل تراکم گلوئی را برداشته و با دقت سطح متراکم شده خاک را بوسیله یک تیغه تا تراز روی قالب صاف می کنیم قالب و خاک مرطوب درون آن با دقت ۵ گرم ($0/01$ پوند) توزین شود. برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۱ قرار دارند و وزن آنها بر حسب کیلوگرم یادداشت شده است وزن قالب و خاک متراکم شده منهای وزن قالب در عدد 1060 ضرب شده و دانسیته تر $W1$ بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب به دست می آید برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۱ قرار دارند و وزن آنها بر حسب پوند یادداشت شده است وزن قالب و خاک متراکم شده منهای وزن قالب در عدد 30 ضرب شده و دانسیته تر ($W1$) بر حسب پوند بر فوت مکعب تعیین می شود. برای قالبهایی که تا ۵۰ درصد از تلورانس مذکور می باشند (بخش ۳-۱-۳) بر اساس استاندارد AASHTO-T19/T19M (بخش کالیبراسیون قالب) ضریبی برای قالب به کار برده شود. در طی آزمایش قالب تراکم بایستی به طور ثابت بر روی یک پایه محکم، صلب و پایدار قرار داشته باشد. این پایه در طول آزمایش بایستی ثابت باقی بماند (یادآوری ۷).

۵-۳- مصالح از قالب خارج و بطور قائم از وسط برش داده شود. نمونه ای معرف از یک وجه بریده شده اخذ و سریعاً توزین گردد و سپس بر اساس استاندارد AASHTO-T265 (استاندارد تعیین رطوبت خاکها در آزمایشگاه) خشک و درصد رطوبت آن تعیین و یادداشت شود.

۵-۴- بقیه مصالح خارج شده از قالب بطور کامل خردشده، طوری که بصورت چشمی بتوان گفت مصالح از الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) عبور می کند و آنگاه به بخش باقیمانده (مصالحی که در قالب ریخته نشده) اضافه گردد. مقدار کافی آب به این مصالح افزوده شود تا درصد رطوبت آن ۱ تا ۲ درصد افزایش یابد. (افزایش درصد رطوبت نباید از ۲/۵ درصد بیشتر شود مگر زمانی که خاکها از جنس رس با پلاستیسیته زیاد (رس چاق) یا آلی بوده که انتهای منحنی تراکم آنها پهن می باشد در اینصورت افزایش درصد رطوبت می تواند حداکثر تا ۴ درصد باشد. مراحل فوق برای هر بار افزودن آب تکرار شود. این مراحل تا زمانی که کاهش در وزن مخصوص تر خاک متراکم شده مشاهده شود یا دو وزن مخصوص تر متوالی مساوی باشند ادامه یابد (W₁ وزن یک متر مکعب یا فوت مکعب می باشد) (یادآوری ۸)

۸- یادآوری - در مواقعی که دانه های خاک شکننده بوده و در اثر تکرار تراکم، اندازه دانه های خاک تا حد قابل توجهی کاهش می یابد و نیز در حالتی که خاک دارای بافت رسی با پلاستیسیته زیاد بوده و در آن افزایش آب نمونه مشکل باشد باید برای هر بار تراکم از یک نمونه جدید و مجزا استفاده شود. در این حالات نمونه های مجزا باید به طور کامل با مقدار کافی آب مخلوط شوند طوری که هر نمونه با نمونه بعدی حدود ۲ درصد اختلاف رطوبت داشته باشد. رطوبتهای انتخابی باید در برگیرنده رطوبت بهینه نیز باشد بنابراین باید در نظر داشت که وزن خاک لازم برای نمونه ها تا رسیدن به رطوبت بهینه افزایش و سپس کاهش می یابد. نمونه های مخلوط شده خاک و آب بایستی قبل از آزمایش حداقل ۱۲ ساعت در ظروف پوشش دار نگهداری شوند (با حفظ رطوبت).

۵-۴-۱- در 1,hrud که دانه های خاک دارای خاصیت شکنندگی بوده و در اثر تکرار تراکم، اندازه دانه ها تا حد قابل توجهی کاهش می یابد برای هر بار تراکم از یک نمونه جدید و مجزا استفاده شود.

روش B

۶- نمونه

۶-۱- نمونه معرف بر اساس بند ۴-۳ انتخاب شود با این تفاوت که وزن تقریبی مصالح حدود ۷ کیلوگرم (۱۶ پوند) باشد.

۷- روش آزمایش

۷-۱- به همان صورت که روش A در بخش ۵ توضیح داده شد، عمل شود با این تفاوت که نمونه تهیه شده در پنج لایه تقریباً مساوی در قالب ۱۵۲/۴mm (۶in) با گلویی مربوطه ریخته شده و متراکم می‌گردد. بطوری که پس از تراکم ضخامت کل خاک حدود ۱۲۵mm (۵in) باشد. بوسیله چکش هر لایه با ۵۶ ضربه که بطور یکنواخت در سطح قالب توزیع شده متراکم گردد. برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۲ قرار دارند و وزن آنها بر حسب کیلوگرم یادداشت شده است، وزن نمونه متراکم شده و قالب منهای وزن قالب در عدد ۴۷۱ ضرب شود و سپس نتیجه به عنوان دانسیته تر (W₁) خاک متراکم شده بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ثبت شود برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۲ قرار دارند و وزن آنها بر اساس پوند یادداشت شده است وزن نمونه خاک متراکم شده و قالب منهای وزن قالب در عدد ۱۳/۳۳ ضرب شود و نتیجه به عنوان دانسیته تر (W₁) خاک متراکم شده بر حسب پوند برفوت مکعب ثبت شود. برای قالبهایی که تا ۵۰ درصد از تلورانس مذکور خارج می‌باشند (بخش ۳-۱-۳) بر اساس استاندارد AASHTO-T19/T19M (بخش کالیبراسیون قالب) ضریبی برای قالب به کار برده شود.

روش C

۸- نمونه

۸-۱- اگر نمونه اخذ شده از محل پروژه مرطوب باشد تا حدی که با مالۀ قابل خرد شدن باشد آن را خشک نمود. خشک کردن خاک ممکن است در هوا یا به وسیله خشک کننده ای که دمای آن از ۶۰°C بیشتر نباشد انجام گیرد. سپس کلوخه های خاک به طریقی که دانه های طبیعی آن شکسته نشوند کاملاً خرد گردند.

۸-۲- مقدار مناسبی از خاک خرد شده توسط الک ۱۹ میلیمتر، الک شود. دانه های بزرگتر از ۱۹ میلیمتر در صورت وجود کنار گذاشته شود (یادآوری ۹)

یادآوری ۹- اگر صلاح دانسته شود که درصد ذرات درشت در نمونه های تهیه شده نسبت به نمونه های اصلی که از محل پروژه آورده شده ثابت بماند از روش جابه جایی ذکر شده استفاده گردد اما آن روش مناسبی برای تعیین دانسیته حداکثر نمی باشد.

۸-۳- نمونه معرف با وزن حداقل ۵ کیلوگرم (۱۲ پوند) یا بیشتر از خاک آماده شده بر اساس بندهای ۸-۱ و ۸-۲ تهیه شود.

۹- روش آزمایش

۹-۱- نمونه فوق را با آب کافی بطور کامل مخلوط کنید تا مرطوب شود طوری که رطوبت آن حدود ۴ درصد زیر درصد رطوبت بهینه باشد .

۹-۲- نمونه خاک را در پنج لایه تقریباً مساوی در قالبی به قطر $101/6\text{mm}$ (۴in) با گلوئی مربوط ریخته و متراکم کنید . به طوری که ارتفاع خاک پس از تراکم حدود 125mm (۵in) باشد . خاک قبل از تراکم باید با ضخامت یکنواخت در سطح قالب پخش گردد . با استفاده از چکش تراکم دستی یا وسیله ای مشابه آن که دارای سطح مقطعی به قطر تقریبی 50mm (۲in) باشد تعدادی ضربه آرام قبل از تراکم به خاک اعمال شود تا آنرا از حالت سست اولیه خارج سازد . پس از تراکم هر یک از چهار لایه اول هر گونه خاکی که به دیواره قالب چسبیده و متراکم نشده باشد یا بالاتر از سطح لایه متراکم شده قرار گرفته باشد با استفاده از یک چاقو یا وسیله دیگر بریده شود و کاملاً روی سطح لایه پخش گردد. هر لایه را با ۲۵ ضربه که بطور یکنواخت در سطح قالب توزیع شده باشد متراکم کنید . اگر از چکش دستی استفاده می شود این ضربات باید از ارتفاع 457mm (۱۸in) بالاتر از سطح خاک اعمال شوند و اگر از چکش مکانیکی استفاده می شود این ضربات بایستی از تراز ۴۵۷ میلیمتر بالاتر از تراز تقریبی خاک متراکم شده اعمال گردند . در خلال عمل تراکم بایستی قالب بطور کامل روی یک پایه یا پی متراکم یکنواخت صلب و کاملاً ثابت استوار باشد این پایه بایستی در خلال عمل تراکم بی حرکت باشد (یادآوری ۷).

۹-۲-۱- پس از انجام عمل تراکم گلوئی را برداشته و با دقت سطح متراکم شده خاک بوسیله یک تیغه تا تراز روی قالب صاف گردد . سوراخهای ناشی از کنده شدن دانه های درشت بوسیله خاک ریزدانه پر شود . قالب و خاک مرطوب درون آن با دقت ۵ گرم ($0/01$ پوند) توزین شود . برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۱ قرار دادند و وزن آنها بر حسب کیلوگرم یادداشت شده است وزن قالب و خاک متراکم شده منهای وزن قالب در عدد ۱۰۶۰ (عکس حجم قالب) ضرب شده و دانسیته تر ($W1$) خاک کوبیده شده بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب بدست می آید و برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۱ قرار دارند و وزن آنها بر حسب پوند یادداشت شده است وزن قالب و خاک متراکم شده منهای وزن قالب در عدد ۳۰ ضرب شده و دانسیته تر $W1$ بر حسب پوند بر فوت مکعب تعیین می شود . برای قالبهایی که تا ۵۰ درصد از تلورانس مذکور خاک می باشند (بخش ۳-۱-۳) بر اساس استاندارد AASHTO-T19/T19M (بخش کالیبراسیون قالب) ضریبی برای قالب به کار برده شود .

۹-۳- مصالح از قالب خارج و بطور قائم از وسط برش داده شود . نمونه معرف از یک وجه بریده شده اخذ و سریعاً توزین گردد و سپس بر اساس استاندارد T265 (استاندارد تعیین رطوبت خاکها در آزمایشگاه) خشک و درصد رطوبت آن تعیین و یادداشت شود .

۹-۴- باقیمانده خاک را بطور کامل خرد نمائید طوری که از الک ۱۹ میلیمتر عبور کند و ۹۰ درصد آن نیز (بطور چشمی) از الک ۴/۷۵ میلیمتر عبور کند . آنگاه آنرا به بخش باقیمانده (مصالحی که در قالب ریخته نشده) اضافه نمائید . مقدار کافی آب به آن بیفزائید تا درصد رطوبت خاک ۱ تا ۲ درصد افزایش یابد . مراحل فوق را برای هر بار افزودن آب به خاک تکرار نمائید . این آزمایش ها تا زمانی که کاهش در وزن مخصوص تر خاک متراکم شده (W۱) مشاهده شود یا دو وزن مخصوص تر متوالی مساوی باشند ادامه یابد (W۱ وزن یک متر مکعب یا فوت مکعب می باشد). (یادآوری ۸)

روش D

۱۰- نمونه

۱۰-۱- نمونه معرف براساس بند ۸-۳ انتخاب شود با این تفاوت که وزن تقریبی مصالح حدود ۱۱ کیلوگرم (۲۵ پوند) باشد

۱۱- روش آزمایش

۱۱-۱- به همان صورتی که در روش C در بخش ۹ توضیح داده شد، عمل شود با این تفاوت که، نمونه تهیه شده در پنج لایه تقریباً مساوی در قالب ۱۵۲/۴mm (۶in) با گلوبی مربوط ریخته شده و متراکم می گردد طوری که پس از تراکم ، ضخامت کل خاک حدود ۱۲۵mm (۵in) باشد . بوسیله چکش هر لایه با ۵۶ ضربه که بطور یکنواخت در سطح قالب توزیع شده متراکم گردد . برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۲ قرار دارند و وزن آنها بر حسب کیلوگرم یادداشت شده است وزن نمونه متراکم شده و قالب منهای وزن قالب در عدد ۴۷۱ ضرب شود و سپس نتیجه به عنوان دانسیته (W۱) خاک کوبیده شده بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب ثبت و برای قالبهایی که در محدوده تلورانس داده شده در بخش ۳-۱-۲ قرار دارند و وزن آنها بر حسب پوند یادداشت شده است وزن نمونه متراکم شده و قالب منهای وزن قالب در عدد ۱۳/۳۳ ضرب شود و نتیجه به عنوان دانسیته تر (W۱) خاک کوبیده شده بر حسب پوند بر فوت مکعب ثبت شود. برای قالبهایی که تا ۵۰ درصد از تلورانس مذکور خارج می باشند (بخش ۳-۱-۳) بر اساس استاندارد AASHTO-T۱۹/T۱۹M (بخش کالیبراسیون قالب) ضریبی برای قالب به کار برده شود .

محاسبات و گزارش

۱۲- محاسبات

۱۲-۱- درصد رطوبت و وزن مخصوص خشک خاک برای هر مرحله به شرح ذیل محاسبه می شود .

$$W = \frac{W_1}{W+100} \times 100 \quad \text{و} \quad w = \frac{A-B}{B-C} \times 100$$

که در رابطه فوق :

w درصد رطوبت نمونه

A وزن خاک مرطوب با ظرف .

B وزن خاک خشک با ظرف .

C وزن ظرف .

W دانسیته خشک خاک کوبیده شده بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب یا پوند بر فوت مکعب .

w_1 دانسیته تر خاک کوبیده شده بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب یا پوند بر فوت مکعب .

۱۳- رابطه دانسیته - رطوبت

۱۳-۱- محاسبات داده شده در بخش ۱۲-۱ جهت تعیین درصد رطوبت و دانسیته خشک متناظر آنبر حسب کیلوگرم بر متر مکعب یا پوند بر فوت مکعب انجام شود . محور عرضها جهت دانسیته و محور طولها برای درصد رطوبت منظور شود .

۱۳-۲- درصد رطوبت بهینه : پس از آنکه دانسیته ها و رطوبت های متناظر با آنها بر اساس بخش ۱۳-۱ تعیین و روی گراف مشخص شد از اتصال نقاط مشخص شده به وسیله خطی ملایم یک منحنی بوجود می آید . درصد رطوبت متناظر با نقطه اوج این منحنی به عنوان درصد رطوبت بهینه خاک تحت تراکم فوق تلقی می شود.

۱۳-۳- دانسیته حداکثر : دانسیته خشک خاک (بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب یا پوند بر فوت مکعب) متناظر با درصد رطوبت بهینه به عنوان دانسیته حداکثر خاک تحت تراکم فوق تلقی می شود .

۱۴- گزارش

۱-۱۴- گزارش باید شامل موارد ذیل باشد

۱-۱-۱۴- روش استفاده شده در آزمایش (روش A ، B ، C یا D)

۱-۲-۱۴- درصد رطوبت بهینه که به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده باشد .

۱-۳-۱۴- دانسیته حداکثر بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (با دقت ۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب) یا بر حسب پوند بر فوت مکعب (به نزدیکترین عدد صحیح گرد شود) .

۱-۴-۱-۴- در روشهای C یا D مشخص شود آیا مصالح مانده روی الک ۱۹ میلیمتر جابه جا یا جایگزین شده اند.

۱-۵-۱-۴- سطح چکش تراکم در صورتیکه دایره ای و به قطر ۵۰/۸mm (۲in) نباشد.

استاندارد آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل با روش استفاده از ماسه و مخروط
AASHTO Designation: T ۱۹۱-۰۲(۲۰۰۶)

1- هدف:

- ۱-۱- از این روش برای محاسبه دانسیته خاک در محل استفاده می شود. لوازم و تجهیزات تعریف شده برای انجام این آزمایش منحصرأً برای خاکهایی به کار می رود که شامل ذراتی با قطر کمتر از ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ) باشند.
- ۲-۱- به منظور مطابقت دادن با مشخصات ذکر شده در این استاندارد، هر مقدار قرائت شده یا محاسبه شده باید بر اساس دستورالعمل R۱۱ (دستورالعمل پیشنهادی در مورد تعداد ارقام معنی دار برای مقادیر حدود مشخصات) تا رسیدن به آخرین رقم سمت راست حدود داده شده در این استاندارد گرد شود.

۲- مراجع

۱-۲- استانداردهای AASHTO

- M۲۳۱- ابزارهای توزین مورد استفاده برای آزمایش مواد
- R۱۱- تعیین مرتبه ارقام در نظر گرفته شده، در تعیین محدوده پارامترها
- T۱۹M/T۱۹- وزن مخصوص حقیقی (وزن واحد حجم) و فضاهای خالی در سنگدانه ها
- T۹۹- روابط بین دانسیته و رطوبت در خاکها و با استفاده از چکش ۲/۵ کیلوگرمی (۵/۵ پوندی) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ
- T۲۶۵- اندازه گیری میزان رطوبت خاکها در آزمایشگاه

۲-۲- استانداردهای ASTM

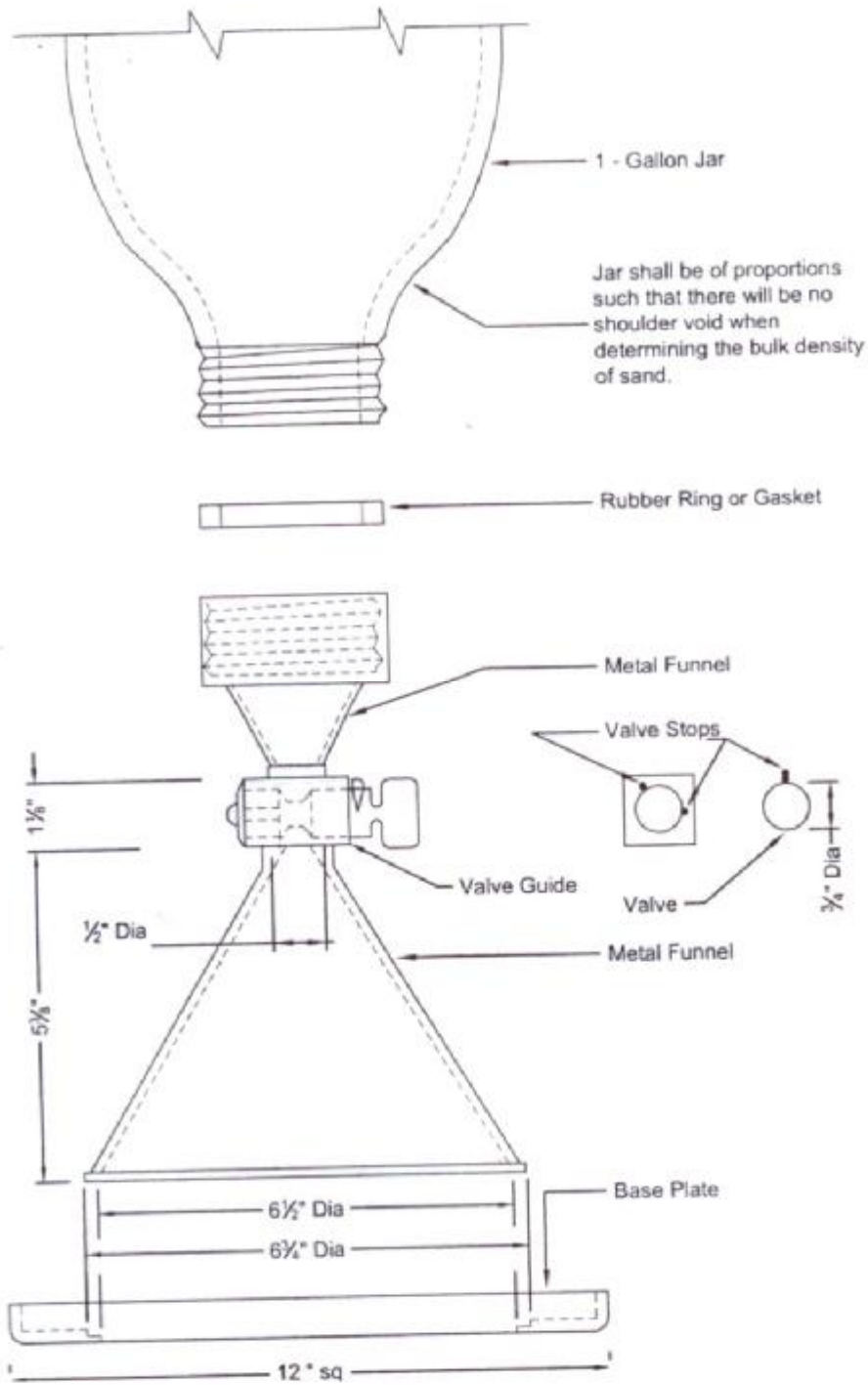
- D۴۹۵۹- روش آزمایش تعیین میزان رطوبت در خاکها با استفاده از روش گرم کردن مستقیم
- D۴۶۴۳- روش آزمایش تعیین میزان رطوبت در خاکها با استفاده از اون مایکروویو

۳- تجهیزات

۳-۱- دستگاه آزمایش با صفحه زیرین این دستگاه آزمایش شامل یک ظرف روباز ۴ لیتری (یک گالنی) و یک قسمت جداسدنی تشکیل شده از یک شیر استوانه ای با سوراخی به قطر ۱۲/۷ میلیمتر ($\frac{1}{4}$ اینچ) و یک قسمت قیفی شکل که از یک انتها به ظرف روباز و از سوی دیگر به یک قسمت مخروطی شکل بزرگتر متصل می شود. شیر می بایست دارای زائده ای باشد که از چرخیدن آن قبل از باز شدن یا بسته شدن کامل جلوگیری کند. دستگاه آزمایش می بایست مطابق الزامات شکل ۱ باشد. دستگاه آزمایش توصیف شده در این بخش معرف مدلی است که به صورت رضایتبخشی آزمایش شده است. سایر دستگاههای با خصوصیات مشابه تا وقتی که قوانین اصلی و اساسی اندازه گیری ماسه و حجم را رعایت نمایند بدون اشکال می باشد. از صفحه زیرین برای کالیبراسیون و انجام آزمایش استفاده می شود.

مقادیر معادل در سیستم متریک

in	mm	in	mm
$\frac{1}{2}$	۱۲/۷	$6\frac{1}{2}$	۱۶۵/۱
$\frac{3}{4}$	۱۹/۱	$6\frac{3}{4}$	۱۷۱/۵
$1\frac{1}{8}$	۲۸/۶	۱۲	۳۰۴/۸
$5\frac{3}{8}$	۱۳۶/۵		



شکل ۱- دستگاه آزمایش

۲-۳- ظرف کالیبراسیون ظرفی استوانه ای و محکم با حجم مشخص می باشد. ابعاد ظرف می بایست تقریباً به اندازه بزرگترین چاله آزمایشی که حفر خواهد شد باشد. ظرف می بایست بر طبق T19M/T19 کالیبره شود.

یادآوری ۱ قطر داخلی ظرف می بایست مساوی یا اندکی کمتر از قطر سوراخ صفحه زیرین باشد.

۳-۳- ماسه می بایست تمیز، خشک، روان، دارای کمی (اگر داشته باشد) رد شده از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر یا مانده بر روی الک ۲ میلیمتر باشد برای انتخاب یک ماسه برای آزمایش چندین بار دانسیته اندازه گیری می شود و برای این اندازه گیریها می بایست از یک نمونه معرف استفاده شود. در صورتی که اختلاف بین دانسیته ها بیشتر از یک درصد نباشد ماسه قابل قبول است.

۴-۳- ترازوها یک ترازو مطابق با الزامات M231 کلاس G20 ، همچنین یک ترازو طبق الزامات M231 کلاس G2.

۵-۳- وسایل خشک کننده کوره یا اون و یا دیگر تجهیزات مناسب برای خشک کردن نمونه ها.

۶-۳- سایر وسایل کلنگ کوچک، قلم، چکش و قاشقک برای حفر چاله، ماهیتابه ای بقطر ۱۰ اینچ یا هر ظرف مناسب دیگر برای خشک کردن نمونه ها، سطل درپوش دار، کیسه پلاستیکی یا وسایل مناسب دیگری برای نگهداری نمونه های رطوبت، دانسیته و یا ماسه دانسیته، قلم موی نقاشی، متر و دفترچه یادداشت.

۴- ضرایب تصحیح مخروط و وزن مخصوص حقیقی

۱-۴-۱- پر کردن دستگاه

۴-۱-۱- دستگاه آزمایش را به صورت عمودی بر روی یک سطح افقی هموار و محکم قرار داده شیر آن را بسته و با ماسه پر نمایید.

۴-۱-۲- شیر را باز کرده و حداقل تا زمانی که نصف مخروط از ماسه پر شود مخروط را نگاه دارید وقتی جریان حرکت ماسه متوقف شد شیر را سریعاً بسته و ماسه باقیمانده را خالی نمایید.

یادآوری ۲ تکان خوردن ماسه در خلال اندازه گیری جرم و حجم ممکن است باعث افزایش وزن مخصوص ماسه و کاهش دقت اندازه گیری شود. فاصله زمانی قابل توجه بین اندازه گیری وزن مخصوص ماسه و استفاده از آن در محل ممکن است به دلیل تغییر درصد رطوبت یا سایر عوامل موثر تدریجی باعث تغییر وزن مخصوص ماسه شود.

۴-۱-۳- وزن دستگاه آزمایش پر شده با ماسه را یادداشت نمایید. m_1

۴-۲- وزن ماسه مورد نیاز برای پر کردن مخروط و صفحه زیرین را محاسبه نمایید (تصحیح مخروط).

۴-۲-۱- صفحه زیرین را بر روی یک سطح صاف، تمیز و افقی قرار دهید. دستگاه آزمایش را با ماسه پر کرده و قسمت زیر مخروط آنرا بر روی گودی صفحه زیرین قرار دهید.

۴-۲-۲- شیر تخلیه را کاملاً باز کرده و اجازه دهید جریان حرکت ماسه متوقف شود (یادآوری ۲)

۴-۲-۳- شیر تخلیه را سریعاً بسته و دستگاه را بلند کرده و وزن دستگاه و ماسه باقی مانده در آن را یادداشت نمایید. m_2

۴-۲-۴- وزن ماسه مورد نیاز برای پر کردن مخروط و صفحه زیرین از اختلاف بین وزن اولیه m_1 و وزن نهایی m_2 محاسبه می شود. این وزن به عنوان ضریب تصحیح مخروط یادداشت می شود (یادآوری ۳).

$$C_c = m_1 - m_2$$

یادآوری ۳ برای هر ماسه ای یک ضریب تصحیح مخروط و کالیبراسیون منحصر به فردی وجود دارد هر دستگاه آزمایش و صفحه زیرین آن ضرایب تصحیح و وزن مخصوص حقیقی منحصر به فردی دارند. اگر بیش از یک دستگاه آزمایش داشته باشیم دستگاه و صفحه زیرین آن باید علامت زده شوند و ضرایب تصحیح مخروط و وزن مخصوص آنها تصحیح شود.

۴-۳- نحوه تعیین وزن مخصوص حقیقی ماسه جهت استفاده در آزمایش D_B

۴-۳-۱- شیر تخلیه را بسته و مطابق با بخش ۴-۱ ماسه را داخل دستگاه ریخته و وزن دستگاه با ماسه را یادداشت نمایید. m_3

۴-۳-۲- ظرف کالیبراسیون را روی یک سطح صاف، تمیز و افقی قرار داده و صفحه زیرین را روی ظرف کالیبراسیون قرار دهید (یادآوری ۱) سپس دستگاه را از طرف مخروطی زیرین بر روی گودی صفحه زیرین بنشانید.

۳-۳-۴- شیر را کاملاً باز کرده اجازه دهید تا جریان حرکت ماسه متوقف شود.
 ۴-۳-۴- سریعاً شیر را بسته دستگاه آزمایش را بلند کرده و وزن ماسه باقی مانده با دستگاه را تعیین کنید. m_p

۵-۳-۴- وزن ماسه مورد نیاز برای پر کردن ظرف کالیبراسیون، صفحه زیرین و مخروط را محاسبه کنید. تفاضل وزن به دست آمده در مرحله (۴-۳-۴) را از مرحله (۱-۳-۴) حساب نمایید.

۶-۳-۴- وزن ماسه مورد نیاز برای پر کردن ظرف کالیبراسیون از تفاضل وزن مراحل ۴-۲-۴ و ۴-۳-۴ به دست می آید.

۷-۳-۴- وزن مخصوص حقیقی ماسه کالیبراسیون را محاسبه کنید (ضریب کالیبراسیون ماسه). برای این کار وزن ماسه مورد نیاز برای پر کردن ظرف کالیبراسیون (۶-۳-۴) را بر حجم ظرف کالیبراسیون که مطابق بخش T19M/T19 محاسبه شده تقسیم نمایید.

$$D_B = (m_r - m_f - C_C) \div V_C$$

۸-۳-۴- این ضریب را برای استفاده از آن در آینده یادداشت نمایید.

۵- روش انجام آزمایش

۱-۵- دانسیته خاک در محل را به روش ذیل محاسبه نمایید.

۱-۱-۵- طبق بخش ۱-۴ دستگاه آزمایش را از ماسه پر کرده و وزن کل را یادداشت نمایید. m_h
 ۲-۱-۵- سطح نقطه مورد نظر برای انجام آزمایش را آماده نمایید به طوری که این سطح صاف و افقی باشد.
 ۳-۱-۵- صفحه زیرین را بر روی سطح آماده شده قرار دهید و چاله آزمایش را در داخل سوراخ صفحه زیرین حفر کنید. دقت نمایید هنگام حفر چاله دیواره آن خراب نشود. خاکهای دانه ای نیازمند مراقبت بیشتری هستند. تمام خاکهای کنده شده را در ظرفی بریزید و مراقب باشید که هیچ ذره ای هدر نرود. در خلال حفر چاله دانسیته دقت شود که رطوبت مصالح از دست نرود.

۴-۱-۵- دستگاه آزمایش را بر روی صفحه زیرین قرار داده و شیر تخلیه را باز کنید. بعد از اینکه جریان حرکت ماسه متوقف شد شیر تخلیه را ببندید (یادآوری ۲)

۵-۱-۵- وزن دستگاه را با ماسه باقیمانده در آن یادداشت کنید. m_g

۶-۱-۵- خاک مرطوب خارج شده از چاله را وزن نمایید.

۷-۱-۵- کل خاک را مخلوط کرده و یک نمونه معرف برای محاسبه درصد رطوبت انتخاب و آن را وزن نمایید.

۸-۱-۵- نمونه درصد رطوبت را مطابق با T265 خشک کرده و وزن نمایید و یا اینکه با روشهای سریع T217 - ASTM D 4959 یا ASTM D 4643 درصد رطوبت را تعیین نمایید. نتایج به دست آمده

از این روشها یا سایر آزمایشات سریع می بایست بر اساس نتایج به دست آمده از روش T265 اصلاح شوند. مقدار رطوبت را با دقت ۰/۱ درصد محاسبه نمایید.
 ۵-۱-۹- حداقل حجم پیشنهادی چاله ها برای محاسبه دانسیته در محل خاکها در جدول ۱ داده شده است. این جدول حداقل وزن نمونه رطوبت که بستگی به حداکثر اندازه دانه های خاک دارد را نیز نشان می دهد.

جدول ۱- حداقل حجم چاله آزمایش و حداقل وزن نمونه های درصد رطوبت بر اساس حداکثر اندازه ذرات.

حداقل وزن نمونه رطوبت	حداقل حجم چاله آزمایش		حداکثر اندازه ذرات	
	ft^3	cm^3	الک معادل	mm
۱۰۰	۰/۰۲۵	۷۱۰	نمره ۴	۴/۷۵
۲۵۰	۰/۰۵۰	۱۴۱۵	$\frac{1}{2}$ اینچ	۱۲/۵
۵۰۰	۰/۰۷۵	۲۱۲۵	۱ اینچ	۲۵
۱۰۰۰	۰/۱۰۰	۲۸۳۰	۲ اینچ	۵۰

۶- محاسبات

۶-۱- حجم چاله آزمایش را محاسبه نمایید.

$$V_H = (m_h - m_f - C_c) / D_B$$

که:

V_H حجم چاله آزمایش

m_h وزن اولیه دستگاه و ماسه

m_f وزن نهایی دستگاه و ماسه

C_c تصحیح مخروط

D_B وزن مخصوص حقیقی ماسه

۶-۱-۱- حجم چاله را با دقت یک سانتیمتر مکعب (۰/۰۰۰۱ فوت مکعب) محاسبه نمایید.

۲-۶- وزن خاک خشک خارج شده از چاله دانسیته را به طریق ذیل محاسبه کنید:

$$M_{DS} = \left(M_{WS} \left/ \left(1 + \frac{w}{100} \right) \right. \right)$$

M_{DS} وزن خاک خشک خارج شده از چاله آزمایش

M_{WS} وزن خاک مرطوب خارج شده از چاله آزمایش

w درصد رطوبت خاک خارج شده از چاله آزمایش

۱-۲-۶- وزن خشک خاک را با دقت یک گرم (۰/۰۱ پوند) محاسبه نمایید.

۳-۶- دانسیته خشک خاک در محل خارج شده از چاله آزمایش به طریق ذیل محاسبه نمایید.

$$D_D = \frac{M_{DS}}{V_H}$$

D_D دانسیته خشک در محل خاک خارج شده از چاله آزمایش

M_{DS} وزن خشک خاک خارج شده از چاله آزمایش (بخش ۵-۲)

V_H حجم چاله آزمایش (بخش ۵-۱)

۱-۳-۶- دانسیته خشک در محل را با دقت $1 \frac{kg}{m^3}$ یا $0.1 \frac{lb}{ft^3}$ محاسبه نمایید.

$$\text{یادآوری ۴ - } 1 \frac{kg}{m^3} = 0.001 \frac{gr}{cm^3}$$

یادآوری ۵- ممکن است خواسته شود تا دانسیته در محل به صورت درصدی از دانسیته دیگر (به عنوان مثال حداکثر دانسیته آزمایشگاهی به دست آمده از روش T۹۹) بیان شود، که این رابطه می تواند از تقسیم دانسیته در محل بر حداکثر دانسیته آزمایشگاهی و ضرب آن در ۱۰۰ تعیین شود.

« تصحیح نتایج آزمایش تراکم خاک به خاطر وجود ذرات درشت » AASHTO – T224

۱- هدف

۱-۱- در این استاندارد دستورالعملی برای تطبیق دانسیته خاک و یا مخلوط خاک و مصالح سنگی بمنظور جبران تفاوت درصد ذرات درشت مانده روی الکهای ۴/۷۵ mm (الک نمره ۴) یا الک ۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ in) ارائه شده است. وقتی که کنترل کوبیدگی انجام می‌شود ضروری است دانسیته تر محل با دانسیته خشک مصالح رده شده از الکهای فوق و یا بالعکس دانسیته آزمایشگاهی با دانسیته محل مطابقت داده شوند. قضاوت درخصوص کوبیدگی با مقایسه دانسیته‌های محل با حداکثر دانسیته خشک بدست آمده از روشهای T99 یا T180 انجام می‌شود.

۲-۱- دو روش برای تصحیح دانسیته وجود دارد: تطبیق دانسیته آزمایشگاهی با دانسیته محلی و یا تطبیق دانسیته محلی با دانسیته آزمایشگاهی. در بند ۴-۱ روش تطبیق دانسیته آزمایشگاهی با دانسیته محلی ذکر شده است. در بند ۴-۲ روش تطبیق دانسیته تر محل با دانسیته خشک بخش ریزدانه و مقایسه نتایج با دانسیته حاصل از آزمایش تراکم آزمایشگاهی ذکر شده است.

۳-۱- در حالتی که برای تراکم آزمایشگاهی از روشهای A یا B استانداردهای T99 یا T180 استفاده می‌شود، به شرطی می‌توان از این روش اصلاح دانسیته استفاده کرد که درصد مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ mm (الک نمره ۴)، حداکثر تا ۴۰ درصد باشد. در حالتی که روش تراکم آزمایشگاهی یکی از روشهای C یا D استانداردهای T99 یا T180 باشد، هنگامی می‌توان از این روش اصلاح دانسیته استفاده کرد که درصد مصالح مانده روی الک ۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ in) حداکثر تا ۳۰ درصد باشد.

۴-۱- این روش برای خاکهایی با درصدی از ذرات درشت که در بند ۱-۳ گفته شد اعمال می‌شود ولی برای خاکهایی که درصد ذرات درشت در آن کم باشد تصحیح ممکن است بطور قابل توجهی مفید نباشد. شخص یا نماینده‌ای که استفاده از این روش را درخواست می‌نماید بایستی برای میزان ذرات درشت مقدار حداقلی ذکر نماید بطوریکه در صورت کمتر بودن ذرات درشت از این مقدار، تصحیح دانسیته انجام نگردد. اگر مقدار حداقلی برای میزان ذرات درشت ذکر نشده باشد، این روش بایستی برای نمونه‌هایی اعمال شود که بیش از ۵ درصد وزنی آن ذرات درشت باشد.

۱-۵- موارد ذیل در خصوص تمامی حدود مشخص شده در این استاندارد اعمال می‌شوند. بمنظور یکسان سازی کلیه مقادیر با مشخصات این استاندارد، تمامی مقادیر مشاهداتی یا محاسباتی بایستی تا رسیدن به دقت 10 kg/m^3 (1 lb/ft^3) مطابق استاندارد R11 گرد شوند.

۱-۶- مقادیر بیان شده در واحدهای SI به عنوان مقادیر استاندارد در نظر گرفته شده‌اند.

۲- منابع مرجع

۱-۲- استانداردهای AASHTO:

R11 تعیین اینکه برای محدوده مشخصی از مقادیر کدام مرتبه از ارقام به عنوان رقم معنی دار در نظر گرفته شوند.

T85 تعیین وزن مخصوص و جذب آب مصالح سنگی درشت دانه

T99 تعیین رابطه بین درصد رطوبت و دانسیته در خاکها با استفاده از کوبه‌ای به وزن $2/5 \text{ kg}$ ($5/5 \text{ lb}$) و ارتفاع سقوط 305 mm (12 in)

T180 تعیین رابطه بین درصد رطوبت و دانسیته در خاکها با استفاده از کوبه‌ای به وزن $4/54 \text{ kg}$ (10 lb) و ارتفاع سقوط 457 mm (18 in)

T217 تعیین رطوبت خاکها با استفاده از دستگاهی که با فشار گاز کاربرد کلسیم تعیین رطوبت می‌نماید.

T255 تعیین کل رطوبت قابل تبخیر مصالح سنگی با روش خشک کردن

T265 تعیین درصد رطوبت خاکها در آزمایشگاه

T272 منحنی‌های هم خانواده - روش تک نقطه‌ای

۳- خلاصه روش

۳-۱- وقتی روشهای A یا B استانداردهای T99 یا T180 بکار می‌روند، دانسیته تر کل مصالح محل با دانسیته خشک خاک رد شده از الک $4/75 \text{ mm}$ (الک نمره ۴) سنجیده می‌شود.

۳-۲- وقتی روشهای C یا D استانداردهای T99 یا T180 بکار می‌روند، دانسیته تر کل مصالح محل با دانسیته خشک خاک رد شده از الک 19 mm ($3/4 \text{ in}$) سنجیده می‌شود.

۳-۳- ارقام معنی دار بشرح ذیل می‌باشد:

۳-۳-۱- دانسیته تر اصلاح شده بخش ریزدانه که در روش‌های A و B مصالح رد شده از الک ۴/۷۵ mm (الک نمبر ۴) و در روش‌های C و D مصالح رد شده از الک ۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ in) می‌باشد (D_f) با دقت ۱ kg/m³ (۰/۱ lb/ft³).

۳-۳-۲- وزن مخصوص مصالح درشت دانه مانده روی الک ۴/۷۵ mm (الک نمبر ۴) در روش‌های A و B و یا مانده روی الک ۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ in) در روش‌های C و D (G_m) با دقت ۰/۰۱

۳-۳-۳- درصد جرمی مصالح درشت و ریز که در روش‌های A و B روی الک ۴/۷۵ mm (الک نمبر ۴) باقی مانده یا از آن رد شده‌اند و در روش‌های C و D روی الک ۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ in) باقی مانده یا از آن رد شده‌اند (P_c) و (P_f) با دقت ۰/۱ درصد

۳-۳-۴- دانسیته تر محل برای کل مصالح (D) با دقت ۱ kg/m³ (۰/۱ lb/ft³)

۴- رابطه اصلاح دانسیته

۴-۱- اصلاح دانسیته خشک آزمایشگاهی به دانسیته خشک محل

۴-۱-۱- در این بخش روش اصلاح دانسیته حاصل از آزمایش تراکم آزمایشگاهی به روش‌های T99 یا T180 در خصوص درصد رطوبت و دانسیته مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ mm (الک نمبر ۴) در روش‌های A و B یا مصالح مانده روی الک ۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ in) در روش‌های C و D آورده شده است. دانسیته خشک حداکثر آزمایشگاهی اصلاح شده برای مصالح حاوی ذرات درشت و درصد رطوبت کل با دانسیته خشک محل و درصد رطوبت محل مقایسه خواهد شد. این روش برای نمونه‌های صحرایی که برای روش‌های A و B، ۴۰ درصد یا کمتر روی الک ۴/۷۵ mm (الک نمبر ۴) و برای روش‌های C و D، ۳۰ درصد یا کمتر روی الک ۱۹

($\frac{3}{4}$ in) باقی بماند کاربرد دارد.

۴-۱-۲- درصد رطوبت بخش ریز و بخش حاوی ذرات درشت مصالح بکار رفته در آزمایش تراکم آزمایشگاهی را تعیین نمایید. درصد رطوبت را می‌توان به روش‌های T265، T217 و T255 تعیین نمود. برای اکثر کارهای عمرانی درصد رطوبت ذرات درشت مانده روی الک را می‌توان برابر ۲ درصد فرض کرد. اگر رطوبت ذرات درشت بصورت کلی معلوم باشد این مقدار را در روابط بکار ببرید. توصیه می‌شود اگر وسایلی

برای خشک کردن خاک در دسترس باشد درصد رطوبت واقعی را تعیین کنید. درصد رطوبت را مطابق روش ذکر شده در T265 محاسبه کنید.

۴-۱-۳- جرم خشک مصالح بخش ریز و ذرات درشت را بصورت زیر محاسبه نمایید:

$$M_D = \frac{M_M}{1 + M_C}$$

که:

MD = جرم مصالح خشک (بخش ریزدانه یا ذرات درشت)

MM = جرم مصالح مرطوب (بخش ریز یا ذرات درشت)

MC = درصد رطوبت مربوط به بخش ریز یا ذرات درشت با یک رقم اعشار

۴-۱-۴- درصد بخش ریزدانه و درشت دانه را با استفاده از وزن کل مصالح خشک بشرح ذیل تعیین کنید:

$$P_f = \frac{100 M_{DF}}{(M_{DF} + M_{DC})}$$

9

$$P_c = \frac{100 M_{DC}}{(M_{DF} + M_{DC})}$$

که:

P_f = درصد وزنی مصالح بخش ریزدانه (رد شده از الک مورد نظر)

P_c = درصد وزنی مصالح بخش درشت دانه (مانده روی الک مورد نظر)

M_{DF} = جرم خشک مصالح بخش ریزدانه

M_{DC} = جرم خشک مصالح بخش درشت دانه

۴-۱-۵- درصد رطوبت اصلاح شده و دانسیته خشک اصلاح شده کل مصالح را (برای ترکیب مصالح درشت دانه و ریزدانه) بصورت زیر محاسبه کنید:

$$MC_T = \frac{(MC_f P_f + MC_c P_c)}{100}$$

که:

P_f = درصد وزنی مصالح بخش ریزدانه (رد شده از الک مورد نظر)

P_c = درصد وزنی مصالح بخش درشت دانه (مانده روی الک مورد نظر)

MC_T = درصد رطوبت اصلاح شده برای ترکیب مصالح ریزدانه و درشت دانه با یک رقم اعشار

MC_f = درصد رطوبت بخش ریزدانه با یک رقم اعشار

MC_c = درصد رطوبت ذرات درشت با یک رقم اعشار

9

$$D_d = \frac{100 D_f k}{(D_f P_c + k P_f)}$$

که:

D_d = دانسیته خشک اصلاح شده برای کل مصالح (ترکیب مصالح درشت دانه و ریزدانه) بر حسب kg/m^3 یا lb/ft^3

D_f = دانسیته خشک مصالح بخش ریزدانه بر حسب kg/m^3 یا lb/ft^3

P_c = درصد وزنی مصالح بخش درشت دانه (مانده روی الک مورد نظر)

P_f = درصد وزنی مصالح بخش ریزدانه (رد شده از الک مورد نظر)

$k = 1000 \times$ وزن مخصوص حقیقی مصالح بخش درشت دانه (G_m) بر حسب kg/m^3 یا $62/4 \times$ وزن مخصوص حقیقی مصالح بخش درشت دانه (G_m) بر حسب lb/ft^3

یادآوری ۱- اگر وزن مخصوص حقیقی مصالح بخش درشت دانه تعیین شود از این مقدار در محاسبات استفاده کنید. وزن مخصوص حقیقی را مطابق استاندارد T85 تعیین نمایید. برای اکثر فعالیت‌های عمرانی می‌توان وزن مخصوص حقیقی ذرات درشت را ۲/۶۰ فرض کرد.

۲-۴- اصلاح دانسیته مرطوب محل به دانسیته تراکم آزمایشگاهی

۲-۴-۱- در این روش دانسیته مرطوب کل مصالح محل به دانسیته خشک مصالح رد شده از الک mm

۴/۷۵ (الک نمره ۴) یا الک ۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ in) اصلاح می‌شود. دانسیته اصلاح شده با حداکثر دانسیته خشک بدست آمده از روشهای T99 یا T180 مقایسه می‌شود.

۲-۲-۴- درصد رطوبت را برای کل نمونه و همچنین بخش ذرات درشت که هنگام آزمایش تراکم آزمایشگاهی بر روی الک مورد نظر باقی مانده تعیین کنید. درصد رطوبت را می‌توان مطابق روشهای T265، T217 یا T255 تعیین نمود. اگر از دستگاه هسته‌ای تعیین کننده دانسیته و درصد رطوبت استفاده می‌شود، درصد رطوبت کل مصالح را مستقیماً از دستگاه قرائت نمایید. درصد رطوبت مصالح ذرات درشت را برای اکثر کارهای عمرانی می‌توان برابر ۲ درصد فرض کرد. اگر درصد رطوبت مصالح بخش درشت دانه بطور کلی مشخص باشد از این مقدار درصد رطوبت در محاسبات استفاده نمایید. توصیه می‌شود در صورتیکه وسایلی

برای خشک کردن در دسترس باشد، درصد رطوبت واقعی تعیین شود. درصد رطوبت را مطابق روابط ذکر شده در استاندارد T265 محاسبه نمایید.

۴-۲-۳- درصد رطوبت بخش ریزدانه مصالح موجود در محل را بشرح ذیل تعیین کنید:

$$MC_f = \frac{(100 MC_T - MC_c P_c)}{P_f}$$

که:

MC_f = درصد رطوبت بخش ریزدانه با یک رقم اعشار

MC_T = درصد رطوبت کل مصالح (ترکیب مصالح ریزدانه و ذرات درشت) با یک رقم اعشار

MC_c = درصد رطوبت بخش درشت دانه با یک رقم اعشار

P_c = درصد وزنی مصالح بخش درشت دانه (مانده روی الک مورد نظر)

P_f = درصد وزنی مصالح بخش ریزدانه (رد شده از الک مورد نظر)

۴-۲-۴- دانسیته خشک محل را بصورت زیر تعیین نمایید:

$$D_d = \frac{D}{(1 + MC_T)}$$

که:

D_d = دانسیته خشک محل برای کل مصالح (ترکیب مصالح درشت دانه و ریزدانه) برحسب kg/m^3 یا lb/ft^3

D = دانسیته مرطوب کل مصالح بر حسب kg/m^3 یا lb/ft^3

MC_T = درصد رطوبت کل مصالح موجود در محل با یک رقم اعشار

۴-۲-۵- دانسیته خشک مصالح بخش ریزدانه در محل را بشرح زیر محاسبه کنید:

$$D_f = \frac{D_d P_f}{\left(100 - \left(\frac{D_d P_c}{k}\right)\right)}$$

که:

D_f = دانسیته خشک اصلاح شده مصالح بخش ریزدانه

D_d = دانسیته خشک کل مصالح در محل

P_c = درصد وزنی مصالح بخش درشت دانه (مانده روی الک مورد نظر)

P_f = درصد وزنی مصالح بخش ریزدانه (رد شده از الک مورد نظر)

$k = 1000 \times$ وزن مخصوص حقیقی مصالح بخش درشت دانه (G_m) بر حسب kg/m^3 یا $۶۲/۴ \times$ وزن مخصوص حقیقی مصالح بخش درشت دانه (G_m) بر حسب lb/ft^3

۵- دقت

۵-۱- از آنجایی که در خصوص اصلاح دانسیته و درصد رطوبت به خاطر وجود ذرات درشت آزمایشی انجام نمی‌شود ولی از نتایج سایر آزمایش‌ها استفاده شده و نتایج به روش ریاضی با هم ترکیب می‌شوند لذا تعیین صحت و دقت این روش امکان پذیر نمی‌باشد.

پیوست

X1- یادآوری‌ها

X1.1- این روشهای اصلاح دانسیته به خاطر وجود ذرات درشت، فقط برای یک نوع خاک قابل اعمال است. اگر خصوصیات مصالح تغییر کند، در این صورت آزمایش T99 یا T180 برای تعیین حداکثر دانسیته جدید اجرا خواهد شد.

X1.2- استاندارد T272 روش‌هایی را برای تعیین حداکثر دانسیته‌های متفاوت برای خاکهایی که برخی شباهت‌های آشکار و خصوصیات مشترک از نظر نوع و منبع مصالح دارند توضیح می‌دهد.

X1-2-1- بکار بردن منحنی‌های هم خانواده - اگر از روش تک نقطه‌ای (استاندارد T272) استفاده می‌شود، یادآوری ۳ قابل اعمال نیست. وقتی آزمایش تعیین دانسیته در محل برای خاک یا مخلوط خاک و مصالح سنگی مورد نظر انجام می‌شود درصد مصالح درشت دانه بایستی تعیین شود تا حداکثر دانسیته بدست آمده از آزمایش‌های T99 و T180 برای جبران این درصدها اصلاح شود.

« روش استاندارد کاهش مقدار نمونه‌های مصالح سنگی به مقدار مورد نیاز برای آزمایش »

AASHTO - T248-02(2006)

ASTM - C702

۱- هدف

۱-۱- این استاندارد روشهای کاهش مقدار نمونه‌های بزرگ از مصالح سنگی به مقدار مناسب برای آزمایش بصورتی که حداقل تغییرات در خصوصیات نمونه‌های منتخب نسبت به نمونه اصلی ایجاد شود را بیان می‌کند.

۱-۲- مقادیر بیان شده بر حسب واحدهای SI به عنوان استاندارد می‌باشند.

۱-۳- در این استاندارد به همه موارد ایمنی که هنگام استفاده از این استاندارد بایستی مد نظر قرار گیرد اشاره نشده است. استفاده کننده از این استاندارد باید دستورالعمل‌های ایمنی و حفاظتی را تهیه و محدودیتهای کاربردی آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- منابع مرجع

۱-۲- استانداردهای AASHTO:

T2 نمونه‌برداری از مصالح سنگی

T84 تعیین وزن مخصوص و جذب آب مصالح سنگی ریزدانه

۲-۲- استاندارد ASTM:

C125 واژه‌های مربوط به بتن و مصالح سنگی مورد استفاده در بتن

۳- اصطلاحات

۳-۱- تعاریف - تعاریف اصطلاحات استفاده شده در این استاندارد در استاندارد ASTM-C125 آورده شده است.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- برای تعیین مشخصات مصالح سنگی به تهیه نمونه‌هایی از مصالح جهت انجام آزمایشات نیاز می‌باشد. در صورت یکسان بودن سایر شرایط، نمونه‌های بزرگتر معرف بهتری برای خصوصیات منابع اصلی می‌باشند.

روشهای ذکر شده در این استاندارد به منظور کاهش مقدار نمونه‌های بزرگتر که از محل اخذ شده و یا در آزمایشگاه تولید شده‌اند به یک مقدار مناسب که امکان انجام تمامی آزمایشهای مورد نیاز به منظور طبقه‌بندی مصالح یا اندازه‌گیری برخی خصوصیات کیفی آنها وجود داشته باشد، بوده به نحوی که نمونه آزمایشی کوچکتر به احتمال زیاد معرف نمونه بزرگتر و در نتیجه معرف کل منابع اصلی باشد. در هر روش مورد استفاده، برای مصالحی که بایستی مورد آزمایش قرار گیرند مقدار حداقل جرمی مد نظر می‌باشد.

۴-۲- در برخی شرایط کاهش مقدار نمونه‌های بزرگ برای آزمایش توصیه نمی‌شود. برای مثال در حالتی که مقدار ذرات درشت دانه در نمونه مصالح سنگی کم باشد که در این حالت تفاوت‌های قابل توجه بین نمونه‌های منتخب و نمونه اولیه اجتناب ناپذیر است. براساس قانون احتمالات در صورتیکه تعداد ذرات درشت دانه کم باشد ممکن است بصورت غیر یکنواخت در نمونه کاهش داده شده توزیع شوند. به همین علت در صورتیکه نمونه آزمایش قرار باشد به بخشهای مجزایی تقسیم شود بطوری که درصد بخشی از مصالح در یکی از آنها کم باشد بایستی در تفسیر نتایج حاصل از نمونه کاهش داده شده ملاحظات لازم بعمل آید. زیرا احتمال داخل شدن یا نشدن فقط یک یا دو ذره در نمونه انتخاب شده می‌تواند بطور قابل ملاحظه‌ای تفسیر خصوصیات نمونه اولیه را تحت تاثیر قرار دهد. در چنین حالت‌هایی کل نمونه اولیه بایستی مورد آزمایش قرار گیرد.

۴-۳- عدم دقت در اجرای دستورالعمل‌های ذکر شده در این استاندارد می‌تواند به تهیه نمونه غیر معرف جهت انجام آزمایشات منجر شود.

۵- انتخاب روش

۵-۱- مصالح ریزدانه - مصالح سنگی ریزدانه‌ای که از حالت اشباع با سطح خشک خشکتر باشند (یادآوری ۱) بایستی مطابق روش A (تقسیم کننده مکانیکی) کاهش داده شوند. نمونه‌هایی که بر روی سطح ذرات آن رطوبت آزاد وجود دارد را می‌توان به روش B (چهار قسمتی کردن) و یا مطابق روش C (ساختن یک دپوی کوچک) کاهش داد.

۵-۱-۱- اگر استفاده از روش B یا C مد نظر بوده و رطوبت کافی بر روی سطح ذرات وجود نداشته باشد، می‌توان برای رسیدن به این حالت نمونه را مرطوب و کاملاً مخلوط کرده و سپس عمل کاهش مقدار نمونه را انجام داد.

یادآوری ۱- روش تشخیص حالت اشباع با سطح خشک در استاندارد T-۸۴ توضیح داده شده است. همچنین به عنوان یک تخمین سریع، اگر مصالح سنگی ریزدانه وقتی در دست شکل داده می‌شود، شکل خود را حفظ کند، می‌توان آنرا اندکی مرطوبتر از حالت اشباع با سطح خشک در نظر گرفت.

۵-۱-۲- اگر استفاده از روش A مد نظر بوده و رطوبت سطحی بر روی سطح ذرات وجود داشته باشد، می‌توان کل نمونه را در درجه حرارتی که بیش از درجه حرارت مورد نظر برای هر کدام از آزمایشهای در نظر گرفته شده نبوده تا اندازه‌ای خشک کرد که به حالت اشباع با سطح خشک نزدیکتر شده و سپس عمل کاهش مقدار نمونه را انجام داد.

همچنین اگر مقدار نمونه مرطوب خیلی زیاد باشد می‌توان نمونه را بصورت اولیه با استفاده از دستگاه تقسیم کننده مکانیکی که عرض دهانه ورودی مجراهای آن ۳۸ mm (۱ $\frac{1}{4}$ in) و یا بیشتر باشد کاهش داد بطوریکه مقدار نمونه پس از کاهش کمتر از ۵۰۰۰ گرم نشود. سپس نمونه‌ای را که به این طریق بدست می‌آید خشک کرده و مقدار آنرا مطابق روش A کاهش داد.

۵-۲- مصالح سنگی درشت دانه و یا ترکیبی از مصالح سنگی درشت دانه و ریزدانه - مقدار نمونه را ترجیحاً مطابق روش A (تقسیم کننده مکانیکی) و یا روش B (کوارتر کردن) کاهش دهید. روش C (ساخت یک دپوی کوچک) برای مصالح درشت دانه یا ترکیبی از مصالح درشت دانه و ریزدانه مجاز نمی‌باشد.

۶- نمونه برداری

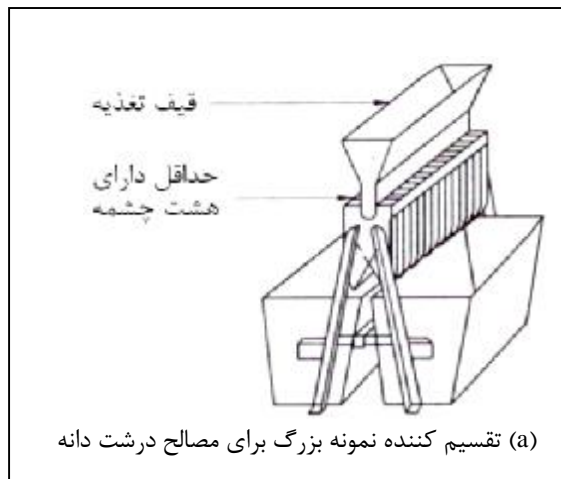
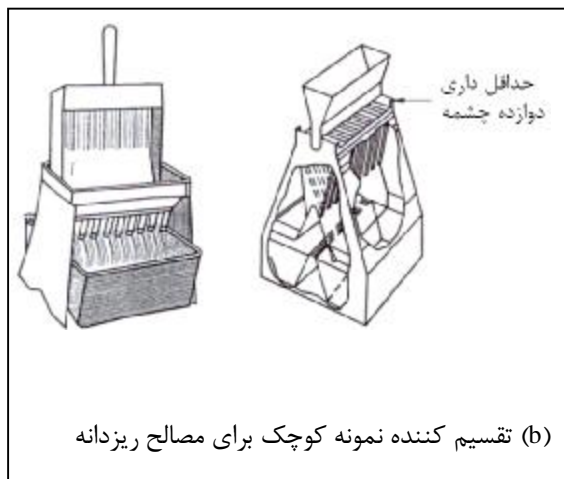
۶-۱- نمونه برداری از محل بایستی مطابق استاندارد T۲ و یا مطابق استاندارد آزمایش مربوطه انجام شود. اگر فقط انجام آزمایش دانه بندی مد نظر باشد، مقدار نمونه صحرائی معمولاً به اندازه مقادیر ذکر شده در استاندارد T۲ کافی می‌باشد. در صورتیکه قرار باشد آزمایشهای دیگری نیز بر روی نمونه انجام گیرد آزمایش کننده باید مقدار نمونه صحرائی اولیه را طوری انتخاب کند که برای تمامی آزمایشهای مورد نظر کافی باشد. این امر در خصوص مصالح سنگی تولید شده در آزمایشگاه نیز باید رعایت شود.

روش A - تقسیم کننده مکانیکی

۷- لوازم

۷-۱- تقسیم کننده نمونه - تقسیم کننده‌های نمونه بایستی دارای مجراهایی با عرض مساوی و تعداد زوج باشند و تعداد مجراهای آنها که بطور یک در میان مصالح را به طرفین منتقل می‌کنند برای مصالح درشت دانه جمعاً نباید کمتر از ۸ عدد و برای مصالح ریزدانه نباید کمتر از ۱۲ عدد باشد. برای مصالح سنگی درشت دانه یا مصالح مخلوط، حداقل عرض مجراها بایستی تقریباً ۵۰ درصد بزرگتر از بزرگترین ذره موجود

در نمونه باشد (یادآوری ۲). برای مصالح سنگی ریزدانه خشک که کل نمونه از الک $9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8} \text{ in}$) عبور می‌کند، حداقل عرض هر کدام از مجراها بایستی ۵۰ درصد بزرگتر از بزرگترین ذره موجود در نمونه و حداکثر عرضشان 19 mm ($\frac{3}{4} \text{ in}$) باشد. تقسیم کننده نمونه بایستی مجهز به دو مخزن باشد تا دو بخش نمونه پس از تقسیم شدن در آن جای گیرند. دستگاه همچنین باید مجهز به یک قیف تغذیه یا سینی تغذیه با دیواره‌های قائم بوده و عرض این قسمت برابر یا اندکی کمتر از عرض کل مجموعه مجراها باشد. بطوریکه بوسیله آن بتوان نمونه را با سرعت کنترل شده به مجراها تغذیه کرد. تقسیم کننده و متعلقات آن بایستی به گونه‌ای طراحی شده باشند که نمونه به آرامی و بدون هیچگونه ممانعت و یا از دست رفتن مصالح در آن جریان یابد (شکل ۱).



شکل ۱- تقسیم کننده‌های نمونه

یادآوری ۲- تقسیم کننده‌های مکانیکی معمولاً در اندازه‌های بزرگ که برای مصالح سنگی درشت دانه با حداکثر اندازه ذرات $37/5 \text{ mm}$ ($1 \frac{1}{2} \text{ in}$) مناسب باشند، موجود می‌باشند.

۸- روند انجام کار

۸-۱- نمونه اولیه را بصورت یکنواخت در قیف یا سینی تغذیه بریزید بطوریکه وقتی نمونه به مجراها وارد می‌شود تقریباً مقادیر مساوی از هر مجرا جریان یابد. سرعت ورود نمونه بایستی طوری باشد که اجازه جریان آزاد نمونه از مجراها به درون مخازن پایینی داده شود. گاهی وقتها بمنظور رساندن مقدار نمونه به اندازه مورد نیاز برای آزمایش لازم است نصف نمونه اولیه که پس از تقسیم کردن در یکی از مخازن قرار گرفته است را دوباره به دستگاه تقسیم کننده ریخته و تقسیم کرد و این عمل را تا آنجا تکرار کرد که مقدار نمونه به اندازه مورد نیاز برای آزمایش شود. بخشی از مصالح که در مخزن دیگر قرار گرفته است را می‌توان برای کاهش مقدار آن و استفاده در آزمایشهای دیگر نگه داشت.

روش B - چهار قسمتی کردن

۹- لوازم

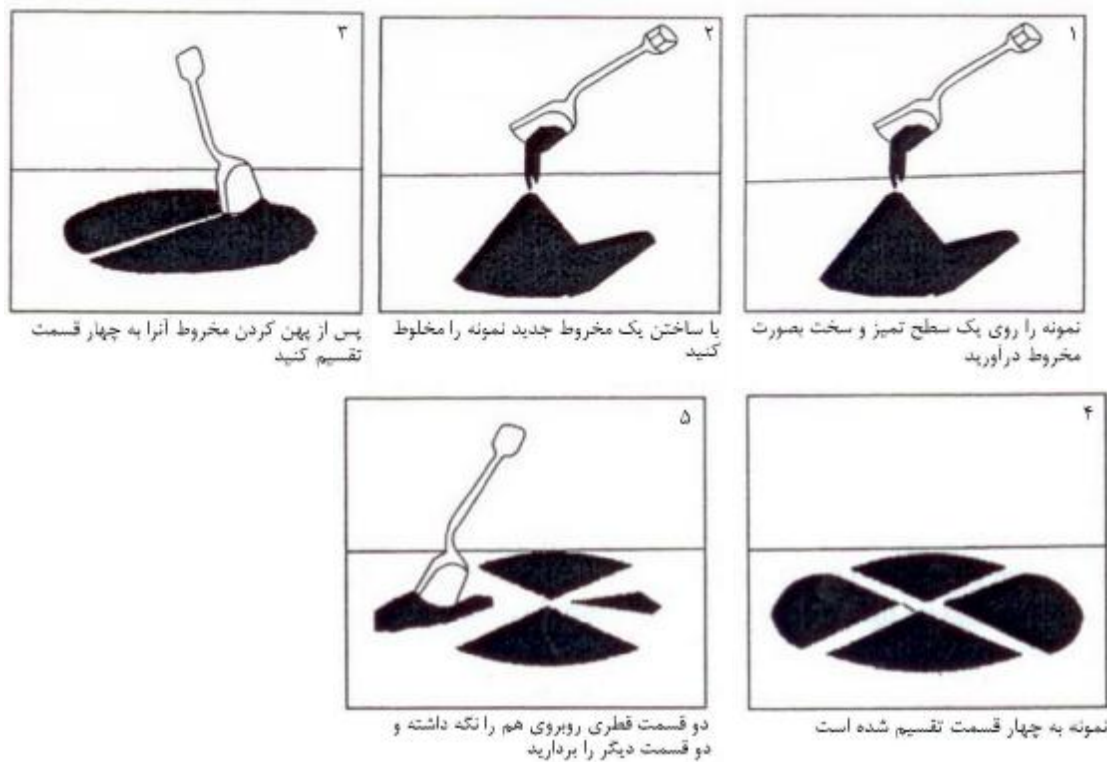
۹-۱- لوازم مورد نیاز شامل یک خط‌کش، خاک اندازه لبه تخت، بیلچه یا کمچه، یک جارو یا برس و یک پارچه برزنتی به ابعاد تقریبی $2 \times 2/5$ m (6×8 ft) می‌باشد.

۱۰- روند انجام کار

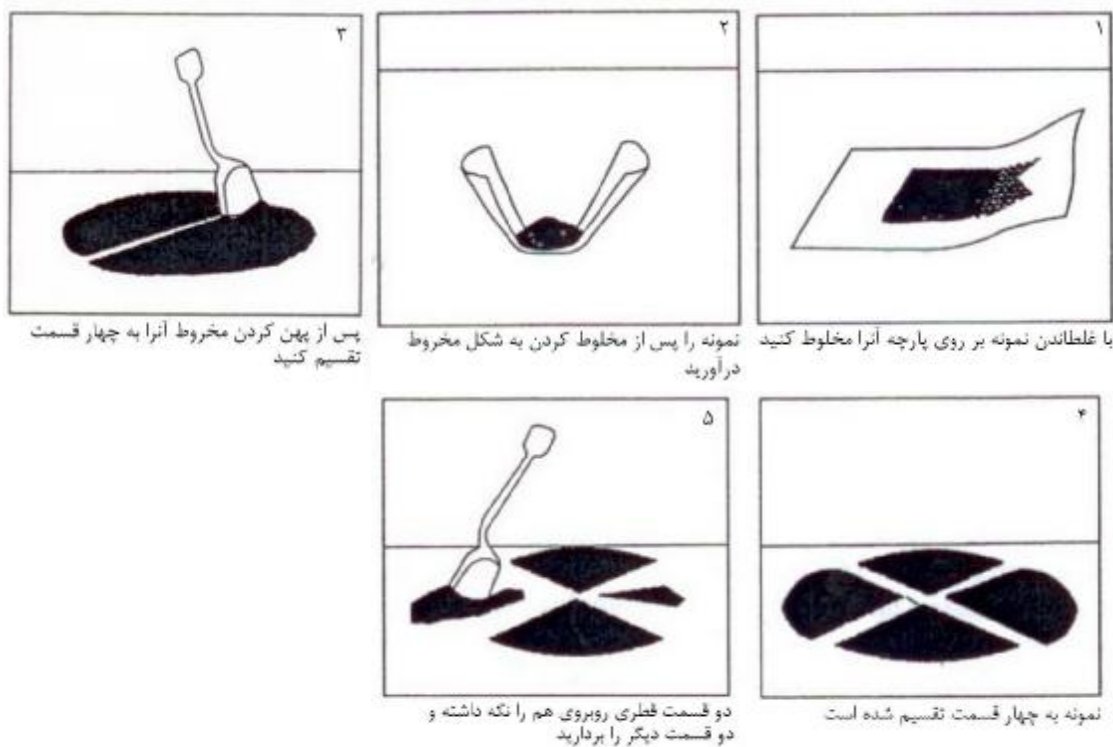
۱۰-۱- دستورالعمل ذکر شده در بند ۱۰-۱-۱۰ یا ۱۰-۱-۲ و یا ترکیبی از هر دو روش را بکار برید.

۱۰-۱-۱- نمونه اولیه را روی یک سطح تمیز، سخت و هموار قرار دهید بطوریکه هیچگونه مصالحی از دست نرفته و یا مصالح خارجی بطور تصادفی با نمونه مخلوط نگردد. مصالح را سه بار کاملاً برگردانید تا بطور کامل مخلوط شوند. همزمان با آخرین مرحله مخلوط کردن، مصالح را با بیلچه بصورت کپه درآورید. بدین طریق که هر بار مصالح را با بیلچه برداشته و روی مصالح قبلی بریزید. با دقت مصالح کپه شده را با فشار بیلچه از بالا به پایین با ضخامت و قطر یکنواخت پخش کنید. بطوریکه مصالح هر یک از چهار قطاع در محل خودش باقی مانده و جابجا نشود. قطر مصالح پخش شده تقریباً باید چهار تا هشت برابر ضخامت باشد. با استفاده از یک بیلچه یا کمچه مصالح پخش شده را به چهار قسمت مساوی تقسیم کرده و دو قسمتی را که بصورت قطری روبروی هم قرار گرفته‌اند کاملاً برداشته و مصالح ریز باقیمانده را با برس جمع کنید. سپس مصالح باقیمانده را مخلوط و در صورت نیاز دوباره کوارتر کنید تا مقدار نمونه به اندازه مورد نیاز برسد (شکل ۲).

۱۰-۱-۲- وقتی که سطح مورد نظر ناصاف باشد بجای روش ذکر شده در بند قبل می‌توان نمونه صحرائی را روی یک پارچه برزنتی قرار داده و با بیلچه مطابق روش توضیح داده شده در بند ۱۰-۱-۱ و یا با بلند کردن ترتیبی گوشه‌های پارچه و کشیدن آن بطرف گوشه قطری مقابلش بطوریکه باعث غلطیدن نمونه شود، آنرا مخلوط کنید. سپس نمونه را همانگونه که در بند ۱۰-۱-۱ توضیح داده شد پهن کرده و آنرا همانند روش ذکر شده در بند فوق تقسیم کنید و یا در صورتیکه سطح زیر پارچه ناصاف باشد، یک چوب یا لوله از زیر پارچه و دقیقاً از وسط نمونه عبور داده و سپس با بالا آوردن دو طرف چوب نمونه را به دو قسمت تقسیم کنید. چوب را از زیر پارچه بیرون کشیده و با زاویه ۹۰ درجه نسبت به قبل از زیر وسط نمونه عبور داده و دوباره با بالا آوردن دو سر چوب نمونه را به چهار قسمت مساوی تقسیم کنید. دو قسمت قطری روبروی هم را حذف کنید. دقت کنید که مصالح ریزدانه را نیز از روی پارچه پاک کنید. سپس نمونه باقیمانده را مخلوط و دوباره کوارتر کنید تا مقدار نمونه به اندازه مورد نیاز برای آزمایش شود (شکل ۳).



شکل ۲- چهار قسمتی کردن بر روی یک سطح تمیز سخت و صاف



شکل ۳- چهار قسمتی کردن بر روی یک پارچه بزرگ

روش C - ساخت یک دیوی کوچک و نمونه برداری از آن (فقط برای مصالح ریزدانه مرطوب مناسب می باشد)

۱۱- لوازم

۱۱-۱- لوازم شامل یک خط کش، خاک اندازه لبه تخت، بیلچه یا کمچه برای مخلوط کردن مصالح، نمونه گیر قلمی، سرطاس کوچک یا قاشق برای نمونه گیری می باشد.

۱۲- روند انجام کار

۱۲-۱- نمونه اولیه از مصالح ریزدانه مرطوب را روی یک سطح صاف، تمیز و سخت قرار دهید بطوریکه هیچگونه مصالحی از دست نرفته و یا مصالح خارجی بطور تصادفی با نمونه مخلوط نگردد. مصالح را سه بار کاملاً برگردانید تا بطور کامل مخلوط شوند. همزمان با آخرین مرحله مخلوط کردن، مصالح را با بیلچه بصورت کپه درآورید بدین طریق که هر بار مصالح را با بیلچه برداشته و روی مصالح قبلی بریزید. در صورت نیاز می توان کپه مخروطی شکل را با فشار دادن نوک مخروط با بیلچه بصورت مسطح درآورد بطوریکه ضخامت و قطر آن یکنواخت بوده و مصالح مربوط به هر کوارتر در قسمت خودش باقی بماند. با استفاده از لوازم ذکر شده در بند ۱۱-۱ نمونه برای هر آزمایش را بصورت تصادفی و حداقل از پنج نقطه دیوی کوچک اخذ کنید.

۹۱۵ - ASTM C ۲۹/۲۹M : روش آزمایش استاندارد برای تعیین وزن مخصوص و فضای خالی مصالح سنگی

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین وزن مخصوص مصالح سنگی را در شرایط متراکم یا غیرمتراکم و همچنین محاسبه فضای خالی مصالح ریز دانه، درشتدانه یا مصالح مخلوط را شامل می‌شود. این روش آزمایش برای مصالح سنگی که حداکثر اندازه اسمی دانه‌های آنها از ۱۵۰ میلی‌متر (تجاوز نمی‌کند، قابل استفاده است).

توجه ۱- وزن مخصوص اصطلاحی است که برای توصیف خاصیت تعیین شده در این روش آزمایش به کار می‌رود. بعضی‌ها معتقدند که اصطلاح خاص جرم واحد یا دانسیته یا دانسیته حقیقی هستند، اما اصطلاح دیگری رایج نشده است.

۱-۲- مقادیر بیان شده به واحدهای پوند - اینچ یا واحدهای مورد قبول متریک به طور جداگانه استاندارد بوده و برای مشخصات این روش آزمایش به کار می‌رود. یک استثناء با اندازه الکها و اندازه اسمی مصالح وجود دارد که در مقادیر متریک استاندارد هستند و در مشخصه E11 بیان شده است. مقادیر بیان شده در هر سیستم، دقیقاً برابر نبوده، بنابراین هر سیستم باید به طور مستقل از دیگری، بدون ترکیب به کار رود.

۱-۳- این استاندارد همه موارد ایمنی را در نظر نمی‌گیرد. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص نماید.

۲- مدارک مرجع

۱-۳- استانداردهای ASTM :

C1۲۵ اصطلاحات در رابطه با بتن و مصالح سنگی بتن.

C1۲۷ روش آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب مصالح درشتدانه

C1۲۸ روش آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب مصالح ریز دانه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

C138 روش آزمایش وزن مخصوص، تسلیم، و درصد هوا (وزن سنگی) بتن
C670 دستورالعمل تهیه خضا و انحراف روشهای آزمایش ساخت مصالح
C703 دستورالعمل کاهش اندازه نمونه‌های صحرایی مصالح سنگی برای
آزمایش

D75 دستورالعمل برای نمونه‌گیری مصالح سنگی

D123 اصطلاحات در رابطه با بافتها

E11 توصیف‌الکهای توریسی برای اهداف آزمایش

۳-۲ استاندارد AASHTO :

T19 روش آزمایش وزن مخصوص و فضای خالی مصالح سنگی

۳- اصطلاحات

۱-۳- تعاریف- تعاریف مطابق با اصطلاحات C125 می‌باشد مگر مواردی که مشخص شده است.

۳-۱-۱-۳- جرم، m - مقدار توده یک جسم است. (وزن را ملاحظه کنید)

۳-۱-۱-۱-۳- بحث- واحدهای جرم کیلوگرم (kg)، پوند (lb)، یا واحدهای مشتعب از اینها هستند. جرم ممکن است همچنین معادل اینرسی یا مقاومت یک توده در مقابل حرکت (شتاب) منظور شود. جرم‌ها با وزن نشود مقایسه می‌شوند که با نیروهای جاذبه که روی آنها عمل می‌کنند، مقایسه می‌شوند.

۳-۱-۲- وزن مخصوص، ρ - وزن واحد حجم یک ماده

۳-۱-۲-۱-۳- بحث- اصطلاح وزن یعنی نیروی جاذبه‌ای که روی جرم عمل می‌کند.
۳-۱-۲- وزن، ρ - نیروی اعمال شده به جسمه وسیله جاذبه (جرم را ملاحظه کنید)

۳-۱-۲-۱-۳- بحث- وزن برابر با جرم جسم ضربدر شتاب در اثر جاذبه می‌باشد. وزن ممکن است در واحدهای مطلق (نیوتن، پوند) یا واحدهای ثقلی (کیلوگرم نیرو، پوند نیرو) باشد، برای مثال: روی سطح زمین، یک جسم با جرم یک کیلوگرم وزن آن ۱ کیلوگرم نیرو (تقریباً "۹/۸۱ نیوتن) یا یک جسم با جرم ۱ پوند وزن یک پوند نیرو (تقریباً "۴/۴۵ نیوتن یا ۳۲/۲ پوند) دارد. از آنجایی که وزن برابر با جرم ضربدر شتاب ثقل می‌باشد، وزن یک جسم با موقعیتی که در آنجا تعیین می‌شود فرق می‌کند. در حالی که جرم جسم ثابت باقی می‌ماند. در سطح زمین، نیروی جاذبه بر جسی که آزاد سقوط می‌کنند یک شتاب تقریباً

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹/۸۱ متر بر مجذور شانه (۳۲/۳ فوت بر مجذور شانه) وارد می‌کند.

۳-۲- توصیف اصطلاح مخصوص به این استاندارد:

۳-۲-۱- فضای خالی، n - در واحد حجم مصالح سنگی - فضای بین ذرات در توده مصالح سنگی که توسط ماده معدنی جامد اشغال نشده است.

۳-۲-۱-۱- اجزای فضای خالی بین ذرات نفوذپذیر یا غیرنفوذپذیر، فضای خالی تعیین شده با این روش آزمایش را شامل نمی‌شود.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- این روش آزمایش اغلب برای تعیین مقادیر وزن مخصوص گه در بسیاری از روشهای انتخاب نسبتهای اجزاء در مخلوط های بتون استفاده می‌شود، کاربرد دارد.

۴-۲- وزن مخصوص همچنین ممکن است برای تعیین رابطه بین حجم و جرم و تبدیل به یکدیگر به کار رود. گرچه رابطه بین درجه تراکم مصالح سنگی در محل نگهداری یا دیو و آنچه از این روش آزمایش بدست می‌آید، نامعلوم است. علاوه بر این مصالح سنگی در محل نگهداری و دیو معمولاً دارای رطوبت سطحی یا جذب شده باشند در حالی که این آزمایش وزن مخصوص در حالت خشک را تعیین می‌کند.

۴-۳- درصد فضای خالی بین ذرات مصالح سنگی بر اساس وزن مخصوص تعیین شده در این روش آزمایش، محاسبه می‌گردد.

۵- وسایل

۵-۱- ترازو - یک ترازو با دقت $1/100$ درصد بار مورد آزمایش در محدوده کاربرد که تا حداقل $1/100$ پوند ($0.5/1000$ کیلوگرم) درجه بندی شده است. محدوده استفاده از جرم اندازه گیری خالی تا جرم اندازه گیری به اضافه محتوای آن در 20 پوند بر فوت مکعب (920 کیلوگرم بر متر مکعب) خواهد بود.

۵-۲- تخمق - میله فولادی گرد، مستقیم به قطر 0.625 اینچ (16 میلیمتر) و طول تقریبی 24 اینچ (600 میلیمتر) که یک سر آن به صورت نیمگه ای به همان قطر میله در آمده است.

۵-۳- پیماننه - یک پیماننه فلزی استوانه ای است که ترجیحاً "دسته دار" می‌باشد. پیماننه باید به طور کامل از بالا و پایین آب بندی شده باشد و به اندازه ای کافی صلب باشد تا تحت کاربردهای سخت شکل آن باقی بماند. ارتفاع پیماننه تقریباً "مساوی قطر آن است اما در هیچ حالتی نباید

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کمتر از ۸۰٪ و بیشتر از ۱۵٪ قشر آن باشد. ظرفیت پیسانه با توجه به اندازه‌دهانه‌های مورد آزمایش باید طبق جدول ۱ باشد. ضخامت فلز مورد استفاده در پیسانه باید طبق جدول ۲ باشد. زه بالای پیسانه باید در حد ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلی‌متر) صاف و مسطح بوده و از راستای موازی با کف کمتر از ۰/۵ درجه انحراف داشته باشد. (توجه ۲) دیواره داخلی پیسانه باید سطحی صاف و پیوسته باشد.

توجه ۲- زه بالایی بطور مطلوبی مسطح است، تا گنج بتواند بین زه و قطعه ۰/۲۵ اینچ (۶ میلی‌متر) یا صفحه ضخیم‌تر شیشه‌ای که روی پیسانه قرار می‌گیرد، وارد شود. بالا و پایین بطور مطلوبی موازی هستند اگر شیبین قطعات صفحه شیشه‌ای در تماس با بالا و پایین از ۰/۸۷٪ در هر جفتی بیشتر نباشد.

۵-۳-۱- اگر پیسانه از فولاد یا فلز مناسب دیگری که به سادگی به خمیر سیمان نمی‌چسبد، ساخته شود. از آن می‌توان برای تعیین وزن مخصوص بتن مطابق روش آزمایش C138 استفاده نمود.

توجه ۳- مواد واکنش‌زایی همچون آلیاژ آلومینیم ممکن است به عنوان لازمه یک واکنش اولیه استفاده شود. یک پرده نازک سطحی که فلز را در مقابل خوردگی‌های بعدی محافظت می‌کند، ایجاد می‌شود. پیسانه‌های بزرگتر از ظرفیت‌اسی ۱ فوت مکعب (۲۸ لیتر) باید از یک فلز سخت ساخته شوند یا حداقل ضخامت فلز فرست شده در جدول ۲ بطور مناسبی افزایش یابد.

۵-۴- پیچچه یا ماله - یک پیچچه یا ماله با اندازه مناسب برای پر کردن پیسانه با مصالح سنگی،

جدول ۱ - ظرفیت پیسانه

بزرگترین اندازه اسمی مصالح سنگی (A) ظرفیت پیسانه

اینچ	میلی‌متر	فوت مکعب	لیتر (متر مکعب)
۵/۵	۱۴/۵	۰/۱	۲/۸ (۰/۰۰۲۸)
۱	۲۵/۰	۰/۳۳	۹/۳ (۰/۰۰۹۳)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۴(۰/۰۱۴)	۰/۵	۳۷/۵	۱/۵
۲۸(۰/۰۲۸)	۱	۷۵	۳
۷۰(۰/۰۷۰)	۲/۵	۱۱۲	۴/۵
۱۰۰(۰/۱۰۰)	۳/۵	۱۵۰	۶

A - اندازه نشان داده شده پیمانته برای مصالح سنگی که بزرگترین اندازه اسبی آنها مساوی یا کمتر از مقادیر فهرست شده باشد استفاده می گردد. حجم واقعی پیمانته باید حداقل ۰/۹۵ حجم اسبی فهرست شده باشد.

جدول ۲- مشخصات پیمانته ها

ظرفیت پیمانته حداقل ضخامت فلز

۱/۵ اینچ یا

کف ۳۸ میلیمتر بالای دیواره A بقیه دیوار

۰/۱ اینچ	۰/۱ اینچ	۰/۲ اینچ	کستر از ۰/۴ فوت مکعب
۰/۱۲ اینچ	۰/۲ اینچ	۰/۲ اینچ	۰/۴-۱/۵ فوت مکعب
۰/۱۵ اینچ	۰/۲۵ اینچ	۰/۴ اینچ	۱/۵-۲/۸ فوت مکعب
۰/۲۰ اینچ	۰/۳۰ اینچ	۰/۵ اینچ	۲/۸-۴/۰ فوت مکعب
۲/۵ میلیمتر	۲/۵ میلیمتر	۵/۰ میلیمتر	کمتر از ۱۱ لیتر
۳/۰ میلیمتر	۵/۰ میلیمتر	۵/۰ میلیمتر	۱۱-۴۲ لیتر
۳/۸ میلیمتر	۶/۴ میلیمتر	۱۰/۰ میلیمتر	۴۲ - ۸۰ لیتر
۵/۰ میلیمتر	۷/۶ میلیمتر	۱۲/۰ میلیمتر	۸۰-۱۳۳ لیتر

A - ضخامت اضافی در بخش بالایی دیوار ممکن است با جایگذاری یک نوار سطح اطراف بالای پیمانته حاصل شود.

۵-۵- کالیبراسیون تجهیزات - یک قطعه صفحه شیشه ای ، ترجیحا " حداقل ضخامت ۰/۲۵ اینچ (۶ میلیمتر) و حداقل یک اینچ (۲۵ میلیمتر) قطر آن بزرگتر از پیمانته ای که باید کالیبره شود، یک لایه گریس می تواند روی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

زه مالیده شود تا از نشست آب جلوگیری کند.

۶- نمونه گیر

۶-۱- نمونه گیری باید مطابق با دستورالعمل DY5 انجام و مطابق دستورالعمل CV.2 تحویل داده شود.

۷- نمونه آزمایش

۷-۱- مقدار نمونه باید تقریباً " ۱۲۵ تا ۲۰۰ درصد مقدار لازم برای پر کردن پیمانه باشد و با دسته نحوی جابجا شود که دانه‌ها از هم جدا نشوند. نمونه مصالح سنگی را تا جرم ثابت در یک کوره با دمای ۹۰ ± ۳۳ درجه فارنهایت (۵ ± ۱۱ درجه سانتیگراد) خشک کنید.

۸- کالیبراسیون پیمانه

۸-۱- پیمانه را با آبی که دمای آن با دمای اتاق یکسان است پر کنید و درب آن را با یک صفحه شیشه‌ای طوری که حباب‌های هوا و آب اضافی خارج شوند، ببوشانید.

۸-۲- جرم آبدار پیمانه را با استفاده از ترازوی توصیف شده در بند ۵-۱ تعیین کنید.

۸-۳- دمای آب را اندازه بگیرید و دانسیته آن را از جدول (۳) تعیین کنید، در صورت لزوم می‌توانید درون‌یابی نمایید.

۸-۴- حجم، V ، پیمانه را با تقسیم کردن جرم آب لازم برای پر کردن پیمانه بر دانسیته آب محاسبه کنید. همچنین ضریبی برای پیمانه $(1/V)$ با تقسیم کردن دانسیته آب بر جرم لازم برای پر کردن پیمانه محاسبه کنید.

توجه ۴- برای کالیبراسیون وزن مخصوص، حجم پیمانه در سیستم متریک باید بر حسب متر مکعب یا ضریب بر حسب $1/m^3$ بیان شود. اگر چه برای راحتی، اندازه پیمانه ممکن است بر حسب لیتر بیان شود.

۸-۵- پیمانه‌ها باید حداقل هر سال یکبار یا اگر دلیلی برای تردید دقت کالیبراسیون وجود داشته باشد، مجدداً " کالیبره شوند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

جدول ۳- دانسیته آب

کیلوگرم	پوند	دما	
بر	بر	درجه فارنهایت	
متر مکعب	فوت مکعب	درجه سانتیگراد	
۹۹۹/۰۱	۶۴/۳۶۶	۱۵/۶	۶۰
۹۹۸/۵۴	۶۳/۳۳۶	۱۸/۳	۶۵
۹۹۷/۹۷	۶۳/۳۰۱	۲۱/۱	۷۰
(۹۹۷/۵۴)	(۶۳/۳۷۴)	(۲۳/۰)	(۷۳/۴)
۹۹۷/۳۲	۶۳/۳۶۱	۲۳/۹	۷۵
۹۹۶/۵۹	۶۳/۳۱۶	۲۶/۷	۸۰
۹۹۵/۸۳	۶۳/۱۶۶	۲۹/۴	۸۵

۹- انتخاب روش

۹-۱- فقط در مواردی که به طور خاص قید نشده باشد، باید برای تعیین وزن مخصوص غیر متراکم از روش غیر متراکم (Shoveling Procedure) استفاده شود. در موارد دیگر وزن مخصوص متراکم باید به وسیله کوبیدن با میله برای مصالحی که حداکثر اندازه اسمی دانه‌های آنها ۱/۵ اینچ (۳۷/۵ میلی‌متر) یا کمتر است یا از روش لرزاندن برای مصالحی که حداکثر اندازه اسمی دانه‌های آنها بیش از ۱/۵ اینچ (۳۷/۵ میلی‌متر) و کمتر از ۶ اینچ (۱۵۰ میلی‌متر) باشد استفاده شود.

۱۰- روش کوبیدن با میله

۱۰-۱- یک سوم پیمانه را بر کنید و با انگشت سطح آن را صاف نمایید. با ۲۵ ضربه توسط میله تخم‌ماق تمام سطح را بطور یکنواخت بکوبید. بار دیگر دو سوم پیمانه را پر کرده و مانند لایه اول آنرا بکوبید. بالاخره پیمانه را تریز نموده و مانند لایه‌های قبل آنرا متراکم کنید. سطح مصالح را با انگشت یا وسیله یک تیغه مستقیم صاف نمایید. این کار باید طوری انجام شود که برآمدگی‌های جزئی مربوط به قطعات بزرگ مصالح درختدانه تقریباً "با فضاهای خالی بزرگتر در زیر سطح فوقانی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

پیمانه هم اندازه باشد.

۲-۱۰- کوبیدن اولین لایه نباید به نحوی انجام شود که میله بشدت با کفپیمانه برخورد کند. در کوبیدن دومین و سومین لایه باید نیروی کافی اعمال شود، اما اعمال نیرو به اندازه ای نباشد که موجب نفوذ میله در لایه های زیرین شود.

توجه ۵- در کوبیدن با میله مصالح سنگی درشتدانه، امکان نفوذ لایه ای که باید تحکیم شود، خصوصا " با مصالح سنگی زاویه دار وجود ندارد. هدف در این روش اگراز انرژی زیادی استفاده شود به انجام خواهد رسید. ۳-۱۰- جرم پیمانه به اضافه محتویاتش و جرم پیمانه تنها را تعیین و مقادیر را با دقت $1/100$ بوند ($0.5/$ کیلوگرم) ثبت نمایید.

۱۱- روش لرزاندن

۱۱-۱- مانند بند ۹- پیمانه را در سه لایه تقریبا " مساوی و در سه نوبت پر کنید. در هر نوبت برای متراکم کردن مصالح داخل پیمانه آن را بطور متناوب با فاصله ۲ اینچی (۵۰ میلیمتر) روی یکدیگر محکم، همانند یک کفپستی، رها کنید. به این ترتیب دانه های مصالح در حالت بسیار متراکم مرتب می شوند. برای متراکم کردن هر لایه ۵ مرتبه پیمانه را طبق روش فوق بیندازید، ۲۵ بار روی هر طرف. سطح مصالح را با انگشتها به وسیله یک تیغه مستقیم صاف نمایید. این کار باید طوری انجام شود که برآمدگیهای جزئی درشتدانه ها تقریبا " با فضاهای خالی بزرگتر در زیر سطح فوقانی پیمانه هم اندازه باشند.

۲-۱۱- جرم پیمانه حاوی مصالح و جرم پیمانه خالی را با دقت $1/100$ بوند ($0.5/$ کیلوگرم) تعیین و ثبت کنید.

۱۲- روش غیر متراکم

۱۲-۱- پیمانه را به کمک یک بیلچه یا سر ظاس از مصالح سنگی لبریز نمایید. مصالح را از ارتفاعی کمتر از ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) از بالای ظرف به داخل آن تخلیه کنید. دقت نمایید تا حد امکان دانه ها از یکدیگر جدا نشده و دانه بندی عوض نشود. سطح مصالح را با انگشتها به وسیله یک تیغه مستقیم صاف نمایید. این کار باید طوری انجام شود که برآمدگیهای جزئی درشتدانه ها تقریبا " با فضاهای خالی بزرگتر در زیر سطح فوقانی پیمانه هم اندازه باشد.

۲-۱۲- جرم پیمانه حاوی مصالح و جرم پیمانه خالی را با دقت $1/100$ بوند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(۰/۰۵ کیلوگرم) تعیین و ثبت کنید.

۱۳- محاسبات

۱۳-۱- وزن مخصوص - وزن مخصوص را برای روش کوبیدن یا میله، لوزاندن یا غیر متراکم به شرح زیر محاسبه کنید.

$$M = (G-T) / V \quad (1)$$

یا

$$M = (G-T) \times F \quad (2)$$

که در آن :

M = وزن مخصوص مصالح سنگی بر حسب پوند بر فوت مکعب (کیلوگرم بر متر مکعب)،

G = جرم مصالح به علاوه بیانه بر حسب پوند (کیلوگرم)،

T = جرم بیانه بر حسب پوند (کیلوگرم)،

V = حجم بیانه بر حسب فوت مکعب (متر مکعب)، و

F = ضریب حجم بیانه بر حسب یک فوت مکعب (یک بر متر مکعب).

۱۳-۱-۱- وزن مخصوص تعیین شده به وسیله این روش آزمایش برای مصالح سنگی در شرایط خشک شده در کوره می باشد. اگر وزن مخصوص مصالح اشباع با سطح خشک (SSD) خواسته شده باشد، همین روش شرح داده شده در این روش آزمایش را بکار برید و سپس از رابطه زیر وزن مخصوص اشباع با سطح خشک (SSD) را محاسبه کنید.

$$M_{ssd} = M[1 + (A/100)] \quad (3)$$

که در آن:

M_{ssd} = وزن مخصوص در شرایط SSD بر حسب پوند بر فوت مکعب (کیلوگرم بر متر مکعب)، و

A = درصد جذب آب که طبق روش آزمایش C1۲۷ یا روش آزمایش C1۲۸ تعیین می شود.

۱۳-۲- درصد فضای خالی - درصد فضای خالی مصالح سنگی را با استفاده از وزن مخصوص تعیین شده به روش کوبیدن یا میله، لوزاندن یا غیر متراکم طبق رابطه زیر محاسبه می گردد.

$$\text{درصد فضای خالی} = 100 \times [(S \times W) - M] / (S \times W) \quad (4)$$

شرکت سهامی آرمایشگاه فنی و مکانیک خاک

که در آن:

M = وزن مخصوص مصالح سنگی بر حسب پوند بر فوت مکعب (کیلوگرم بر متر مکعب)

S = چگالی ویژه حقیقی (بر اساس شرایط خشک) که مطابق با روش آزمایش C127 یا روش آزمایش C128 تعیین می‌شود، و

W = دانسیته آب معادل ۶۲/۳ پوند بر فوت مکعب (۹۹۸ کیلوگرم بر متر مکعب)

۱۴- گزارش

۱۴-۱- نتایج بدست آمده برای وزن مخصوص را با دقت ۱ پوند بر فوت مکعب (۱۰ کیلوگرم بر متر مکعب) به صورت زیر گزارش کنید:

۱۴-۱-۱- وزن مخصوص به روش کوبیدن با میله، یا

۱۴-۱-۲- وزن مخصوص به روش نوزاندن، یا

۱۴-۱-۳- وزن مخصوص غیر متراکم

۱۴-۲- نتایج درصد فضای خالی را با دقت ۱ درصد به صورت زیر گزارش کنید:

۱۴-۲-۱- فضای خالی در مصالح سنگی متراکم شده به روش کوبیدن با میله بر حسب درصد، یا

۱۴-۲-۲- فضای خالی مصالح سنگی متراکم شده به روش نوزاندن بر حسب درصد، یا

۱۴-۲-۳- فضای خالی در مصالح سنگی غیر متراکم بر حسب درصد.

۱۵- دقت و انحراف

۱۵-۱- تخمینهای زیر از دقت برای این روش آزمایش بر اساس نتایج آزمایشگاه مرجع مصالح آشتو (AMRL) با استفاده از آزمایشات انجام شده با این روش آزمایش و روش آزمایش T19 AASHTO می‌باشد. اختلاف مسمی بین دو روش آزمایش وجود ندارد. اطلاعات بیشتر اساس تحلیل نتایج بیش از ۱۰۰ آزمایش دوتایی از ۴۰ تا ۱۰۰ آزمایشگاه می‌باشد.

۱۵-۲- مصالح سنگی درشت‌دانه (وزن مخصوص):

۱۵-۲-۱- دقت آزمایش‌کننده سنگی - انحراف استاندارد آزمایش‌کننده سنگی حدود ۰/۸۸، پوند بر فوت مکعب (۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب) (S) می‌باشد بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده خاص بسیار همسان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آزمایش کننده روی مصالح مشابه نباید بیش از $2/5$ پیوند بر فوت مکعب (۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب) (D₂₅) فرق کند.

۱۵-۲-۲- دقت چند آزمایشگاهی - انحراف استاندارد چند آزمایشگاهی حدود $1/87$ پیوند بر فوت مکعب (۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب) (IS) می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده خاص از دو آزمایشگاه مختلف روی مصالح مشابه نباید بیش از $5/3$ پیوند بر فوت مکعب (۸۵ کیلوگرم بر متر مکعب) (D₂₅) فرق کند.

۱۵-۲-۳- این اعداد به ترتیب محدوده های (IS) و (D₂₅) را که در دستورالعمل ۶۷۰ توصیف شده اند را نشان می دهند. تخمینای انحراف بدست آمده از تحلیل AMRL اطلاعات نمونه مرجعی برای وزن مخصوص به وسیله کوبیدن یا عیله مصالح سنگی یا وزن طبیعی که دارای حداکثر اندازه اسی مصالح (اینچ ۲۵ میلی متر) هستند را بسا استفاده از یک پیمانانه 0.5 فوت مکعبی (۱۴ لیتری) بدست خواهد داد.

۱۵-۳-۳- مصالح سنگی ریزدانه (وزن مخصوص):

۱۵-۳-۱- دقت آزمایش کننده تکی - انحراف استاندارد آزمایش کننده تکی حدود 0.88 پیوند بر فوت مکعب (۱۴ کیلوگرم بر متر مکعب) (IS) می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده خاص با همان آزمایش کننده روی مصالح مشابه بیش از $2/5$ پیوند بر فوت مکعب (۴۰ کیلوگرم بر متر مکعب) (D₂₅) فرق نمی کند.

۱۵-۳-۲- دقت چند آزمایشگاهی - انحراف استاندارد چند آزمایشگاهی حدود $2/76$ پیوند بر فوت مکعب (۴۴ کیلوگرم بر متر مکعب) (IS) می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش انجام شده خاص از دو آزمایشگاه مختلف روی مصالح مشابه نباید بیش از $7/8$ پیوند بر فوت مکعب (۱۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب) فرق کند.

۱۵-۳-۳- این اعداد به ترتیب (IS) و (D₂₅) محدوده هایی را نشان می دهند که در دستورالعمل ۶۷۰ تعریف شده اند. دقت تخمینی از تحلیل اطلاعات نمونه مرجع برای وزن مخصوص غیر متراکم از آزمایشگاهها با استفاده از پیمانانه 1 فوت مکعبی (۲/۸ لیتری) بدست می آید.

۱۵-۴- دقت اطلاعات روی درصد فضای خالی در دسترس نمی باشد. گرچه از آنجایی که درصد فضای خالی در مصالح سنگی از وزن مخصوص و چگالی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ویژه حقیقی محاسبه می‌شود، دقت درصد فضای خالی از دقت پارامترهای اندازه‌گیری شده در بندهای ۱۵-۲ و ۱۵-۳ این روش آزمایش و روش‌های C127 و C128 منعکس می‌شود.

۱۵-۵- انحراف- روشی که در این آزمایش برای اندازه‌گیری وزن مخصوص و درصد فضای خالی استفاده شده انحرافی ندارد زیرا که مقادیر وزن مخصوص و درصد فضای خالی فقط در اصطلاحات روش آزمایش می‌توانند تعریف شوند.

ASTM: C 40

ناخالصی‌های آلی در مصالح ریزدانه که برای ساختن بتون بکار می‌روند

۱- هدف

در این روش مواد آلی زیان‌آور موجود در مصالحی که در ساختن بتون بکار می‌روند بطور متقربینی اندازه‌گیری می‌شوند.

۲- مدارک موجود

۲-۱- استانداردهای ASTM :

استاندارد شماره C ۳۳ اطلاعاتی مربوط به مصالح بتون

استاندارد شماره C ۸۷ مربوط به اثر مواد ناخالص آلی در مصالح ریزدانه بر روی مقاومتهای ملات.

استاندارد شماره ۷۰۲ (۷۰۲) چگونگی در کردن مصالح و بدست آوردن اندازه مناسب از نمونه طبیعی مصالح

استاندارد شماره D ۷۵ روش نمونه‌گیری مصالح

استاندارد شماره D ۱۵۴۴ روش تشخیص رنگ در مایعات شفاف (مقیاس رنگ Gardner)

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- اهمیت این روش در آنست که بایک آزمایش مقداری تعیین می‌کنند که آیا مصالح ریزدانه مورد نظر نسبت به مشخصات C ۳۳ قابل قبول می‌باشد یا خیر؟

۳-۲- اهمیت اصلی روش در این است که مشخص شود آیا در مصالح مواد ناخالص آلی اصلاً وجود دارد یا نه. به این لحاظ وقتی مصالح تحت آزمایش قرار می‌گیرند و رنگی تیره تر از رنگ استاندارد می‌آورند (طبق ردیف ۲-۵) نشان آنست که باید آزمایش C ۸۷ (اثر ناخالصی آلی بر روی مقاومتهای مصالح) اجرا شود.

۴- وسایل

۴-۱- بظرفی شیشه ای با گنجایش (انس) ۲۰ که تقریباً ۳۵ میلی‌متر و بزرگتر می‌باشد که مدرج و دارای درپوش مناسب است بطوریکه آب از آن به خارج پس داده نشود و هم چنین سو دمرفی به روی آنها اثر نداشته باشد (سطح مقطع بطری بیضی شکل باشد).

۴-۲- دارو و محلول رنگی استاندارد.

۴-۳- محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) آزمایشگاهی ۳٪

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

محلول ۳ قسمت وزنی از هیدروکسید سدیم NaOH و ۹۷ قسمت آب

۵-۲- محلول رنگی استاندارد برای مقایسه

۲۵/۰ گرم دی کرومات پتاسیم آزمایشگاهی ($K_2Cr_2O_7$) را در ۱۰۰ میلیمتر
اسید سولفوریک

با چگالی ویژه برابر ۱/۸۴ حل کنید. این محلول باید تازه تهیه شود و در حرارت
ملایم نگهداری شود.

۶- نمونه گیری

۱-۶ طرز نمونه گیری باید طبق استاندارد شماره D۷۵ باشد.

۲-۷ آزمایش نمونه.

۱-۷- یک پاوند که تقریباً "معادل" ۴۵ گرم می باشد از مصالح ریزدان
کوآرتر شده یا مصالحی که در ماشین مخلوط کن مخلوط شده است، بر طبق روش C۷۰۲
انتخاب کنید.

(۴۵)

۸- روش آزمایش - مصالح ریز دانه مورد آزمایش را تا سطح ۱/۲ و ۱/۴ انس
که معادل ۱۳۰ میلیمتر است در بطری پر کنید.

۲-۸- سپس به این بطری که حاوی مصالح ریز دانه می باشد سود ۳٪ اضافه کنید به حدی
که اندازه محلول و مصالح ریز دانه بعد از سه هم زدن برابر ۷ انس که تقریباً
معادل ۲۰۰ میلیمتر است بشود.

۳-۸- در بطری بسته و شدیداً "بهم بزنید و بگذارید مدت ۲۴ ساعت بماند.

۹- تعیین رنگ

۱-۹- بعد از پایان دوره ۲۴ ساعت، در یک بطری شیشه ای دیگر به اندازه ۱/۲ و ۲ (۷،۵)

انس (تقریباً "۷۵ میلی لیتر) از محلول رنگ استاندارد که چگونگی تهیه آن در
ردیف ۲-۵ آمده است و به تازگی تهیه شده است (۲ ساعت قبل از آزمایش) پر کنید.

و سپس این دو بطری را که یکی حاوی مصالح و محلول سود و دیگری حاوی محلول
استاندارد است کنار هم قرار داده و آنها را با هم مقایسه کنید تا مشخص شود که
آیا رنگ محلول حاصل از اختلاط سود و مصالح پررنگتر از استاندارد است یا نه.
و آنرا یادداشت کنید.

۲-۹- روش دیگر.

چنانچه خواسته باشید کار تشخیص رنگ را دقیقتر انجام دهید از ۵ شیشه رنگی

استاندارد که در جدول شماره ۱ استاندارد D1۵۴۴ آورده شده است استفاده کنید.

جدول شماره ۱ استاندارد

شماره صفحات آلی	شماره رنگ استاندارد در گاردنر (مستقیم)
۱	۵
۲	۸
۳ (استاندارد)	۱۱
۴	۱۴
۵	۱۶

روش مقایسه در این روش مانند ردیف ۱-۹ می باشد بجز آنکه در این روش از صفحات رنگی آلی استفاده کنید و رنگ محلول حاصل از تماس مصالح ریز با سودتر مال را با این صفحات مقایسه کنید. و شماره صفحه ای را که از نظر رنگ نزدیک به رنگ محلول است گزارش کنید و وقتی که از روش فوق استفاده میشود نیازی به تهیه رنگ استاندارد نمی باشد.

توجه - معمولاً از وسیله ای که شامل هر ۵ شیشه رنگی استاندارد در یک قاب پلاستیکی است جهت مقایسه رنگ استفاده می کنید.

۱- تفسیر نتایج -

۱-۱- اگر رنگ حاصل از آزمایش تیره تر از رنگ استاندارد باشد، نشان میدهد که مصالح بکار رفته احتمالاً دارای مواد ناخالص آلیزیان آور بوده است و آزمایشات بیشتری قبل از استفاده آن در ساخت ببتون باید انجام داد.

۱-۱- دقت و صحت آزمایشات:

۱-۱- چون نتایج حاصل از این آزمایش بطور عددی بیان نمی شود، بنابراین این تعیین دقت و صحت برای این آزمایش عملی نمی باشد.

(نمونه یب مجلد ۱۹۹۲) ASTM:C ۷۰-۷۹

روش استاندارد اندازه گیری رطوبت سطحی سنگدانه های ریز

۱- هدف :

۱-۱ : این روش آزمایشی شامل اندازه گیری رطوبت سطحی سنگدانه های ریز در سنگدانه های ریز با استفاده از اندازه گیری جابجایی آب در حفره های آنها است.
۱-۲ : در همین آزمایش ممکن است تغییرات در رطوبت و تغییرات در رطوبت سنگدانه ها در گذشته یا شید.

که در این استاندارد اشاره ای نشده باشد، سنگدانه های ریز باید در شرایط استاندارد آزمایشی برده شده به استفاده کننده از این روش آزمایشی برده شود.
۲- مراجع

۳- استانداردهای ASTM :

روش آزمایشی C128 برای چگالی و جذب آب سنگدانه های ریز

روش آزمایشی C566 برای رطوبت سنگدانه های ریز

۳- مشخصات و کاربرد :

۳-۱ : از این روش به طور گسترده استفاده نمی شود. این روش برای آزمایشهای صحرایی بیادرمواردی که وسایل خشک کننده مصالح در دسترس نباشد یا معلوم نبودن چگالی ویژه برای مقدار رطوبت سطحی کار می رود. از این روش برای تنظیم وزن سنگدانه ها به ازای درصد رطوبت و تعیین رطوبت سطحی به هنگام اختلاط آب با سیمان در تهیه بتن می توان استفاده کرد.

۳-۲ : در نشر و ش بستگی به اطلاع از چگالی ویژه حقیقی مصالح در حالت اشباع یا سطح خشک دارد.

۳-۳ : وسایل آزمایش :

۳-۴ : ترازو : به ظرفیت دو کیلوگرم یا بیشتر با دقت ۰/۰۵ گرم یا کمتر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ممکن است پیکنو متر ، فلاسک یا حجم مشخص ، فلاسک مدرج یا هر وسیله ای که از ه کیسری
مناسب باشد ، حجم ظرف را پیدا و تا سه برابر حجم سیستم نمونه باشد ، بر روی ظرف علامتی
بیا شد که تا آن علامت پر شود و یا محتوی بیا شد آن یاد کنند / ، میسلی لیتر یا کمتر خواهد
شود .

۵- نمونه

۵-۱- نمونه اشرفی از

سنگدانه های ریز بر این آزمایش را در دو دسته سنگدانه های سنگدانه ای و سنگدانه های ریز
از ۲۰۰ گرم بیا شد ، نمونه ای با وزن بیشتر تا پنج تا شش برابر سنگدانه ای باشد .

۶- روش آزمایش :

۶-۱- در هر دو دسته سنگدانه ای که در بالا ذکر شد ، در هر دو حالت سنگدانه
مناسب بیا بدین (کشتا ۸ درجه شمارش بیا شد (۱۸ تا ۹۰ لایه ها تا کشتی بیا شد .

۶-۲- از ه گیر ریزی ظرف را تا علامت پر از آب کرد و در وزن آن آب را در یک گرم تعیین
کنید . قبل از ریختن نمونه در ظرف علامت داری از آبساختاری کنید بطوریکه در زیر یک
نمونه آبساختاری نمونه را پر نشاند بدون اینکه از علامت بالا رود ، سنگدانه های ریز را
که قبلاً از وزن شده استفاده اخل ظرف را پر بیزید و با تکان ظرف هیا بیا می جو از آن خارج
کنید .

ظرف را تا علامت پر کرده و وزن آن را بر حسب گرم تعیین کنید ، از رابله زیر سنگدانه
را که به وسیله نمونه جایگزین شده استفاده می کنید :

که در آن : $V_s = W_c + W_s - W$

V_s : وزن آب جایگزین شده با نمونه بر حسب گرم

W_c : وزن ظرف پر شده از آب تا علامت بر حسب گرم

W_s : وزن نمونه بر حسب گرم و

W : وزن ظرف سو نمونه که تا علامت از آب پر شده است بر حسب گرم

۶-۳- از ه گیری حجمی : حجم مقدار آبساختاری که تمام روی نمونه را بپوشاند بر حسب
میاسی متر تعیین کرده و در ظرف را پر بیزید . نمونه توزین شده از سنگدانه های ریز
را در ظرف ریخته و ظرف را تکان دهید تا هیا بیا می جو خارج شوند ، اگر از فلاسک
مدرج استفاده می کنید با فراشت سیستم حجم نمونه و آب را تعیین کنید ، وقت سلی
از پیکنو متر و یا فلاسک یا حجم مشخص استفاده می کنید ، آن را با اضافه کردن آب تا
علامت پر کنید ، حجم فلاسک یا پیکنو متر بر این حجم نمونه و آب است ، از رابله زیر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مقدار آبیور که یو سیله نمونه جایگزین شده است محاسبه کنید :

$$V_3 = V_2 - V_1$$

که در آن :

V_3 : حجم آبیور جایگزین شده با نمونه بر حسب میلی لیتر

V_2 : حجم نمونه و آبیور حسب میلی لیتر و

V_1 : حجم کل آبیور در فلاسک قبل از ریختن نمونه است. سطح نمونه را با پیوسته شدن سطح آبیور از

تایمینگ مشخص با لایبیا ورد بر حسب میلی لیتر

۱- محاسبه شد :

۲- محاسبه در عدد طو بیت سطحی بر حسب سنگدانه های زیر ۰.۰۷۵ میلی متر (شماره ۲۰) با سطح سنگدانه های شرح

ذیل است :

$$P = [(V_3 - V_0) / (V_3 - V_1)] \times 100$$

که در آن :

P : رطوبت سطحی بر حسب سنگدانه های شماره ۲۰ با سطح خشک شده در عدد

V_0 : وزن نمونه (۱۰۰ گرم در بخش ۳-۶) تقسیم بر چگالی ویژه حقیقی سنگدانه های زیر ۰.۰۷۵ میلی

متر (شماره ۲۰) با سطح خشک شده مطابق با روش آزمایش C128 تعیین می شود و

V_3 : وزن آبیور جایگزین شده بر حسب گرم و

V_1 : وزن نمونه بر حسب گرم

۳-۷ : اگر جذب آبیور سنگدانه های معلوم باشد ، محاسبه در عدد طو بیت سطحی بر حسب سنگدانه

سنگدانه های خشک شده صورت پذیر است :

$$PD = P [1 + (Pa / 100)]$$

که در آن :

PD : رطوبت سطحی بر حسب سنگدانه های زیر خشک شده در عدد

Pa : جذب آب سنگدانه های زیر ۰.۰۷۵ میلی متر در صد که بر اساس روش آزمایش C128 تعیین

می شود . مقدار کل رطوبت بر اساس سنگدانه های خشک ، مجموع رطوبت سطحی Pd و

رطوبت جذب Pa است .

۸- دقت و صحت

۸-۱ : سیزده دقت و صحت این آزمایش مشخص نیست . با این حال ، دقت این روش کمتر

از روش های اندازه گیری مستقیم رطوبت یو سیله خشک گردن مصالح (روش آزمایش

۵۶۶ C است .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

برای اجتناب از بروز مشکلات به اطلاعات صحیحی از چگونگی ویژه دارنیم، می‌توان از روش ۵۶۶ برای مشاهده برز ان صحت استفاده کرد. دقیقاً اطلاعات از استفاده کنندگان این روش در خواست می‌شود.



ASM: C88 - 90

استاندارد آزمایش افت مصالح دانه ای با استفاده از سولفات سدیم یا سولفات منیزیم (ساندنس)

۱- هدف

۱-۱) این روش آزمایش مصالح دانه ای را برای تخمین افت آنها وقتی که در شرایط فرسایش هوا در بتن یا دیگر کاربردها قرار می گیرند را فراهم می نماید. این آزمایش با تکرار غرقاب نمودن در محلولهای اشباع سولفات سدیم یا منیزیم و بدنبال آن خشک کردن جزئی یا کامل جهت هیدراته شدن نمکهای موجود در فضاهای خالی نفوذپذیر انجام می شود. نیروی بادکنندگی داخلی ناشی از هیدراته شدن مجدد در اثر غرقاب مجدد مشابه انبساط آب در نتیجه یخ زدن می باشد. این روش آزمایش اطلاعات مفیدی را در قضاوت افت مصالح دانه ای وقتی که اطلاعاتی از مصالح که تحت شرایط واقعی جوی در دسترس نباشد را فراهم می نماید.

۲-۱) مقادیر داده شده در پراکنش فقط جهت اطلاع می باشد...

۳-۱) این استاندارد تمام مسائل ایمنی مربوط به آن را در بر نمی گیرد برعهده استفاده کننده از این استاندارد است که مسائل ایمنی و سلامتی را قبل از استفاده مشخص نماید.

۲- مدارک مراجع

۱-۲) استانداردهای ASTM:

C ۳۳ : مشخصه مصالح دانه ای بتن

C 1۳۶ : روش آزمایش برای تحلیل دانه بندی مصالح سنگی ریز و درشت.

D ۷۰۲ : دستورالعمل کاهش نمونه های صحرایی مصالح سنگی برای آزمایش.

D ۷۵ : دستورالعمل نمونه گیری مصالح سنگی.

D ۳۶۶۵ : دستورالعمل نمونه گیری تصادفی مصالح ساختمانی.

E ۱۱ : مشخصه الکهای تور سیمی برای اهداف آزمایش.

E ۱۰۰ : مشخصه هیدرومترهای ASTM

E ۳۲۳ : مشخصه الکهای صفحه منگنه شده برای اهداف آزمایش.

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱) این روش آزمایش، روشی را برای تخمین اولیه افت مصالح سنگی جهت استفاده در بتن و دیگر منظورها را فراهم می نماید. مقادیر حاصله ممکن است با مشخصه مقایسه گردند برای مثال مشخصه C ۳۳ که برای نشان دادن مناسب بودن مصالح دانه ای طراحی شده است از آنجائی که دقت این روش آزمایش ضعیف است (بخش ۱۲) برای کاملاً رد کردن مصالح دانه ای بدون توجه به آزمایشات دیگر که ارتباط نزدیکی به هدف از سرویس دهی خاص دارد، مناسب نمی باشد.



۲-۳) مقادیر درصد افت مجاز با این روش معمولاً برای مصالح سنگی ریز و درشت متفاوت می باشد و باید به این واقعیت توجه نمود که نتایج آزمایش با استفاده از دو نمک بطور قابل ملاحظه ای فرق می کند و باید با دقت بیشتری در حدود خاص برای هر آزمایش که از شروط این آزمایشات می باشد، نمود آزمایش معمولاً وقتی که از سولفات منیزیم استفاده می شود سخت تر است به طبع آن حدود درصد مجاز وقتی که از سولفات منیزیم استفاده می شود بیشتر از حدودی است که از سولفات سدیم استفاده می شود.

توجه ۱- به بخشهایی از مشخصه C۳۳ که شرایطی را برای قابل قبول بودن مصالح دانه ای ریز و درشت می باشد و سعی در برآورد نمودن شرایط براساس این آزمایش دارد اشاره می گردد.

۴- وسایل آزمایش

۱-۱- الکها- با سوراخهای مربعی و اندازه های مشخصه E۱۱ یا E۳۲۳ برای الک نمودن نمونه ها مطابق با بخشهای ۶ و ۷ و ۹:

۱۵۰ میکرومتر (نمره ۱۰۰) $\left(\frac{5}{16}\right)$ اینچ ۸ میلیمتر

$\left(\frac{3}{8}\right)$ اینچ ۹/۵ میلیمتر

۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰) $\left(\frac{1}{2}\right)$ اینچ ۱۲/۵ میلیمتر

$\left(\frac{5}{8}\right)$ اینچ ۱۶ میلیمتر

۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰) $\left(\frac{3}{4}\right)$ اینچ ۱۹ میلیمتر

۱ اینچ ۲۵ میلیمتر

۱/۱۸ میلیمتر (نمره ۱۶) $\left(1\frac{1}{4}\right)$ اینچ ۳۱/۵ میلیمتر

۲/۳۶ میلیمتر (نمره ۸) $\left(1\frac{1}{2}\right)$ اینچ ۳۷/۵ میلیمتر

۲ اینچ ۵۰ میلیمتر

۴/۰۰ میلیمتر (نمره ۵) $\left(2\frac{1}{4}\right)$ اینچ ۶۳ میلیمتر

اندازه های بزرگتر از $\left(\frac{1}{4}\right)$ اینچ ۱۲/۵ میلیمتر ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴)



۲-۴) ظروف - ظروف برای غرقاب نمونه های مصالح دانه ای در محلول مطابق با روش توصیف شده در این آزمایش باید بگونه ای باشد که محلول با آزادی در نمونه جریان داشته باشد و بدون افت مصالح سنگی از نمونه زهکشی شود.

توجه ۲- سبدهای ساخته شده از شبکه های سیمی یا الکهای با سوراخهای مناسب، ظروف قابل قبولی برای نمونه ها می باشد.

۳-۴) تنظیم کننده دما- وسایل مناسب جهت تنظیم نمودن دمای نمونه ها در ضمن غرقاب شدن در محلول سولفات سدیم یا منیزیم.

۴-۴) ترازوها- برای مصالح سنگی ریز، یک ترازو با دقت ۰/۱ گرم محدود لازم برای این آزمایش برای مصالح سنگی درشت یک ترازو با دقت ۰/۱ یا ۱ گرم بیش از محدود لازم برای این آزمایش.

۵-۴) اون خشک کننده- اون باید قادر به گرم بودن مداوم در 9 ± 230 درجه فارنهایت (5 ± 110 درجه سانتیگراد) باشد و سرعت تبخیر در این محدوده دمایی حداقل ۲۵ گرم در ساعت برای ۴ ساعت باشد بطوری که در این فاصله زمانی درهای اون بسته نگه داشته شوند. این سرعت باید با کاهش آب از بشرهای ۱ لیتری Griffin تعیین شود مقدار اولیه ۵۰۰ گرم آب در مای 3 ± 70 درجه فارنهایت (2 ± 21 درجه سانتیگراد) در هر گوشه و مرکز نیمه های اون گذشته می شود. شرایط تبخیر اعمال به همه موقعیتهای آزمایش است وقتی که اون بغیر از بشرهای آب خالی است.

۶-۴) اندازه گیری چگالی ویژه- هیدرومترها مطابق با مشخصه E1۰۰ می باشد یا ترکیبی از استوانه ای شیشه ای مدرج دارای قابلیت اندازه گیری چگالی ویژه محلول در حدود ± 0.001 باشد.

۵- محلولهای خاص مورد لزوم

۱-۵) محلول را برای غرقاب نمونه های آزمایش از سولفات سدیم یا منیزیم مطابق با بندهای ۱-۵-۱ و ۱-۵-۲ آماده نمایید. (توجه ۳) حجم محلول باید حداقل ۵ برابر حجم جامد همه نمونه های غرقاب شده در یک زمان باشد.

توجه ۳- بعضی از مصالح دارای کربناتهای کلسیم یا منیزیم به طور شیمیایی با محلول سولفات تازه مبادرت می کنند و در نتیجه افت های اندازه گیری شده بالای نادرستی بدست می دهد. اگر این شرایط باشد یا انتظار برود آزمایش را با استفاده از محلول صاف شده ای که قبلاً برای همان نوع سنگ کربناتی استفاده شده است به طوری که شرایط بندهای ۱-۵-۱ و ۱-۵-۲ برای چگالی ویژه را برآورد نماید، تکرار نماید.

۱-۱-۵) محلول سولفات سدیم- محلول سولفات سدیم را با حل کردن USP یا نمک با درجه برابر با آن در دمای ۷۷ تا ۸۶ درجه فارنهایت (۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد) آماده نمایید. نمک کافی (توجه ۴) انیدرید (Na_2SO_4) یا کریستالین



($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) اضافه کنید و اطمینان نمائید که تنها اشباع شده است همچنین کریستالهای اضافی وقتی که محلول آماده برای استفاده آزمایش است وجود دارد. برای کاهش تبخیر و جلوگیری از آلودگی، محلول را در تمام مدت که نیاز نمی باشد، در بسته نگهدارید. اجازه دهید محول در دمای 2 ± 70 درجه فارنهایت (1 ± 21 درجه سانتیگراد) سرد شود. مجدداً هم بزنید و اجازه دهید محلول در دمای طراحی شده برای مدت حداقل ۴۸ ساعت قبل از استفاده بماند.

قبل از هر استفاده کیک نمک را خرد کنید و محلول را هم زنید و چگالی ویژه محلول را تعیین کنید. در هنگام استفاده محلول باید چگالی ویژه بیشتر از $1/151$ و کمتر از $1/174$ داشته باشد. محلول تغییر رنگ داده شده را دور بریزید یا آن را صاف کنید و چگالی ویژه آن را کنترل نمایید.

توجه ۴- برای محلول ۲۱۵ گرم نمک انیدرید^۱ یا ۷۰۰ گرم دکاهیدرید^۲ در لیتر آب برای اشباع در دمای $71/6$ درجه فارنهایت (۲۲ درجه سانتیگراد) کافی است. گرچه از آنجایی که این نمکها کاملاً پایدار نیستند و قابل قبول است که کریستالهای اضافی موجود باشد استفاده نه کمتر از ۳۵۰ گرم نمک انیدرید یا ۷۵۰ گرم نمک دکاهیدراته در لیتر آب پیشنهاد می گردد.

۵-۱-۲) محلول سولفات منیزیم - محلول اشباع شده سولفات منیزیم را با حل کردن USP یا نمک با درجه برابر در آب با دمای ۷۷ تا ۸۶ درجه فارنهایت (۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد) آماده نمایید. نمک کافی (توجه ۵) بدون آب Mgso_4 یا کریستالین ($\text{Mgso}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (نمک اپسون) اضافه نمایید از اشباع و حضور کریستالهای اضافی زمانی که محلول برای استفاده در آزمایشات است اطمینان نمایید. مخلوط را در ضمن اضافه کردن نمک هم بزنید، محلول را در فواصل مکرر تا استفاده شدن هم بزنید. برای کاهش تبخیر و جلوگیری از آلودگی در تمام اوقاتی که نیازی به استفاده نیست پوشانید. اجازه دهید محلول در دمای 2 ± 70 درجه فارنهایت (1 ± 21 درجه سانتیگراد) سرد شود. مجدداً هم بزنید و اجازه دهید محلول در دمای طراحی شده برای حداقل ۴۸ ساعت قبل از استفاده باقی بماند. قبل از هر استفاده کیک نمک اگر روی ظرف باشد را خرد کنید، محلول را هم بزنید و چگالی ویژه محلول را تعیین نمایید. در هنگام استفاده مخلوط باید دارای چگالی، ویژه بیش از $1/295$ و کمتر از $1/308$ باشد محلول تغییر رنگ یافته را دور بریزید یا صاف نمایید و چگالی ویژه آنرا کنترل کنید.

توجه ۵- برای محلول ۳۵۰ گرم نمک بدون آب با 1230 گرم هپتاهیدریت^۲ در لیتر آب برای اشباع در دمای $73/4$ درجه فارنهایت (۲۳ درجه سانتیگراد) کافی است. گرچه از آنجایی که این نمکها کاملاً پایدار نیستند. نمک بدون آب پایدار این دو نوع است و از آنجایی که حضور کریستالهای اضافی مطلوب است استفاده از نمک هپتاهیدریت توصیه می شود و مقدارش نباید کمتر از 1400 گرم در لیتر آب باشد.



۶- نمونه ها

۱-۶) نمونه باید مطابق با دستورالعمل کلی DV5 بدست آید اندازه قسمت آزمایش مطابق با دستورالعمل CV02 کاهش داده شود.

۲-۶) مصالح سنگی ریزدانه - مصالح سنگی ریزدانه برای آزمایش باید از الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) گذرانده شوند. اندازه نمونه باید بقدری باشد که کمتر از ۱۰۰ گرم از الکهای زیر بدست نیاید و مقداری برابر ۵٪ یا بیشتر نیز باشد که برحسب الکهای زیر بیان می گردد:

مانده روی الک	گذشته از الک
۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰)	۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰)
۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰)	۱/۱۸ میلیمتر (نمره ۱۶)
۱/۱۸ میلیمتر (نمره ۱۶)	۲/۳۶ میلیمتر (نمره ۸)
۲/۳۶ میلیمتر (نمره ۸)	۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴)
۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴)	۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)

۳-۶) مصالح سنگی درشت دانه: برای آزمایش مصالح سنگی درشت دانه مصالح ریزتر از الک نمره ۴ باید برداشته شود. مقدار نمونه باید به اندازه ای باشد که ۵٪ یا بیشتر از مقادیر در جدول بدست آید.

وزن گرم	اندازه (الکهای با سوراخ مربعی)
300 ± 5	۹/۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ تا نمره ۴)
1000 ± 10	۱۹ تا ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ)
	شامل
330 ± 5	۱۲/۵ تا ۹/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ)
670 ± 10	۱۹ تا ۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ تا $\frac{1}{2}$ اینچ)
1500 ± 50	۳۷/۵ تا ۱۹ میلیمتر ($1\frac{1}{4}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ)



وزن گرم	اندازه (الکهای با سوراخ مربعی)
---------	--------------------------------

شامل

500 ± 30	۲۵ تا ۱۹ میلیمتر (۱ تا $\frac{3}{4}$ اینچ)
1000 ± 50	۳۷/۵ تا ۲۵ میلیمتر ($1\frac{1}{4}$ تا ۱ اینچ)
5000 ± 300	۶۳ تا ۳۷/۵ میلیمتر ($2\frac{1}{2}$ تا $1\frac{1}{2}$ اینچ)

شامل

2000 ± 200	۵۰ تا ۳۷/۵ میلیمتر (۲ تا $1\frac{1}{2}$ اینچ)
3000 ± 300	۶۳ تا ۵۰ میلیمتر ($2\frac{1}{2}$ تا ۲ اینچ)
7000 ± 1000	بزرگتر از ۲۵ میلیمتر که روی الکها توزیع شده برای هر قسمت

۶-۴- موقعی که مصالح سنگی مورد آزمایش حاوی مقادیر قابل توجهی مواد ریز و درشت است و دارای بیش از ۱۰ درصد وزنی درشت تر از الک $9/5$ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) و همچنین بیش از ۱۰ درصد وزنی ریزتر از الک $4/75$ میلیمتر (نمره ۴) نمونه‌های توزیع شده آزمایش بالای الک نمره ۴ و زیر الک نمره ۴ باید بترتیب مطابق با روشهای مصالح سنگی درشت و ریز آزمایش شوند. نتایج را بطور جداگانه برای بخش ریز و درشت گزارش نمایید همچنین درصدهای بخش های ریز و درشت را با توجه به دانه بندی اولیه ارائه دهید.

۷- آماده سازی نمونه آزمایش

۷-۱) مصالح سنگی ریز- نمونه مصالح سنگی ریز را روی الک ۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰) بشوید و تا وزن ثابت در دمای 23.0 ± 0.9 درجه فارنهایت (11.0 ± 0.5 درجه سانتیگراد) خشک نمایند و با الک کردن به اندازه های مختلف جدا نمایند. نمونه دانه بندی شده بوسیله الکهای استاندارد مشخص شده در بند ۶-۲ تهیه نمایند. از بخش های بدست آمده با این روش نمونه هایی با اندازه مناسب ۱۰۰ گرم بعد از الک کردن غیر قابل قبولها انتخاب کنید. (در کل نمونه ۱۱۰ گرمی مناسب می باشد) از مصالح سنگی ریزی که در شبکه های الکها درگیر شده اند برای تهیه نمونه ها استفاده نکنید. نمونه های 100 ± 0.1 گرمی از هر بخش توزیع شده بعد از الک کردن نهایی وزن نمایند و در ظرفهای جداگانه برای آزمایش بگذارید.

۷-۲) مصالح سنگی درشت- نمونه مصالح سنگی را بشوید و تا وزن ثابت در دمای 23.0 ± 0.9 درجه فارنهایت



شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

(110 ± 5) درجه سانتیگراد) خشک کنید و آن را به اندازه های مختلف مطابق با بند ۶-۳ وزن کنید. آنها را به وزن کل طراحی شده ترکیب کنید. وزنه های نمونه های آزمایش و ترکیب آنها را گزارش نمایید. در حالتی که اندازه ها بزرگتر از ۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ) باشد تعداد ذرات در نمونه های آزمایش را گزارش نمایید.

۸- روش آزمایش

۸-۱) ذخیره نمونه ها در محلول- نمونه ها را در محلول آماده شده سولفات سدیم یا سولفات منیزیم برای مدت نه کمتر از ۱۶ ساعت و نه بیش از ۱۸ ساعت به گونه ای که محلول تا حداقل $\frac{1}{4}$ اینچ روی آنها را پوشاند غرقاب نمایید. (توجه ۶) برای کاهش تبخیر و جلوگیری از غیر مترقبه اضافه شدن مواد خارجی ظروف را پوشانید نمونه های غرقاب شده در محلول را در دمای 70 ± 2 درجه فارنهایت (21 ± 1 درجه سانتیگراد) در تمام مدت غرقاب نگهدارید.

توجه ۶- گذاشتن شبکه های سیمی با وزن مناسب روی نمونه در ظروف این پوشش را با مصالح سنگی خیلی سبک تسامین می نماید.

۸-۲) خشک کردن نمونه ها بعد از غرقاب- بعد از مدت غرقاب، نمونه مصالح سنگی را از محلول بیرون آورید اجازه دهید بمدت 15 ± 5 دقیقه زهکشی شود و آن را در اون قرار دهید. دمای اون 230 ± 9 درجه فارنهایت (110 ± 5 درجه سانتیگراد) باید باشد. نمونه ها را در دمای مشخص شده تا وزن ثابت بدست آید. خشک کنید. زمان لازم برای رسیدن به وزن ثابت رامطابق زیر تعیین نماید.

با اون محتوی حداکثر بار نمونه انتظار رفته بدون سرد شدن وزن از دست رفته نمونه های آزمایش را با برداشتن و وزن کردن آنها در فواصل ۲ تا ۴ ساعت کنترل نمایید. کنترل های کافی برای دستیابی به زمان لازم خشک کردن برای حداقل موقعیت اون مطلوب (بند ۴-۵ را ملاحظه نمایید) و شرایط نمونه (توجه ۷) انجام دهید. رسیدن به وزن ثابت زمانی در نظر گرفته می شود که افت وزنی کمتر از 0.1% وزن نمونه در ۴ ساعت خشک کردن باشد. بعد از دستیابی به وزن ثابت، اجازه دهید نمونه ها در دمای اتاق سرد شوند و سپس آنها دوباره در محلول آماده شده مطابق با بند ۸-۱ غرقاب می شوند.

توجه ۷- زمان لازم برای خشک کردن تا رسیدن به وزن ثابت به طور قابل ملاحظه ای به چندین دلیل فرق می کند. کارائی خشک شدن با جمع شدن سیکل ها کاهش می یابد زیرا که نمک به ذرات می چسبد و در بعضی حالات افزایش در سطح ناشی از خرد شدن بوجود می آید. بخش های مصالح سنگی با اندازه مختلف سرعت های خشک شدن متفاوتی دارند.



اندازه‌های کوچکتر تمایل به آهسته تر خشک شدن دارند. زیرا سطح بزرگتری دارند و خلل و فرج بین دانه ای محصور شده است اما این شدت با اثر اندازه ظرف و شکل آن اصلاح می گردد.

۳-۸- تعداد سیکل ها- این روند را با غرقاب و خشک کردن‌های پی در پی تکرار کنید تا تعداد سیکل‌های لازم بدست آید.

۹- آزمایش کمی

۹-۱- آزمایش کمی را بشرح زیر انجام دهید.

۹-۱-۱- پس از اتمام سیکل نهایی و بعد از سرد شدن نمونه، جهت پاک نمودن نمونه از سولفات سدیم یا سولفات منیزیم آن را بشویید که واکنش آب شستشو با کلرید باریم ($BaCl_2$) تعیین می گردد.

با چرخش آب در دمای 10 ± 110 درجه فارنهایت (6 ± 43 درجه سانتیگراد) از میان نمونه در ظرفهایشان آنها را بشوئید. این عمل ممکن است با گذاشتن آنها در یک تانک که آب گرم می تواند از ته وارد شود و به طرف بالا جریان می یابد انجام شود. در عملیات شستشو، نمونه ها نباید در معرض متراکم شدن و سایش قرار گیرند زیرا ممکن است ذرات را خرد کند.

۹-۱-۲- بعد از اینکه سولفات سدیم یا سولفات منیزیم حذف شد، هر بخش از نمونه را تا وزن ثابت در دمای 9 ± 230 درجه فارنهایت (5 ± 110 درجه سانتیگراد) خشک کنید مصالح سنگی ریز را بر روی همان الکهایی که قبل از آزمایش مانده بود، الک کنید و مصالح سنگی درشت را بر روی الکهای مناسب برای اندازه ذره الک نمایید. برای مصالح سنگی ریز، روش و زمان الک کردن همان است در تهیه نمونه های آزمایش استفاده شده است. برای مصالح سنگی درشت الک کردن باید با دست باشد با تکانهای کافی و اطمینان از اینکه همه مصالح با اندازه های زیر از الک طرح شده بگذرند. هیچ عمل خارجی برای خرد کردن ذرات با عاملی که باعث می شود از الکها بگذرند نباید بکار رود. مصالح مانده روی الک را وزن کرده و مقدارش را گزارش کنید. اختلاف بین بخش نمونه آزمایش شده افت در آزمایش است که به صورت درصدی از وزن اولیه برای استفاده در جدول یک به کار می رود.

اندازه مصالح سنگی

الک مورد استفاده در تعیین افت

۳۱/۵ میلیمتر ($1\frac{1}{4}$ اینچ)

۶۳ تا ۳۷/۵ میلیمتر ($2\frac{1}{2}$ تا $1\frac{1}{2}$ اینچ)

۱۶ میلیمتر ($\frac{5}{8}$ اینچ)

۳۷/۵ تا ۱۹ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ)

۸ میلیمتر ($\frac{5}{16}$ اینچ)

۱۹ تا ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ)

۴ میلیمتر (نمره ۵)

۹/۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ تا نمره ۴)



۱۰- آزمایش کیفی

۱-۱۰- آزمایش کیفی نمونه های آزمایشی درشت تر از ۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ) را به شرح زیر انجام دهید:

۱-۱-۱۰- دانه های هر نمونه آزمایشی را به گروههایی مطابق روش آزمایش جدا نمایید. (توجه ۸)

۱-۱-۲- تعداد ذرات که هر نوع آسیب را نشان می دهد را یادداشت نمایید.

توجه ۸- بسیاری از انواع عمل ها انتظار می رود. در کل ممکن است به صورت تجزیه شدن (خرد شدن)، دو نیم شدن، فاسد شدن، شکاف برداشتن، ورقه ورقه شدن و غیره باشند.

هنگامی که دانه های بزرگتر از $\frac{3}{4}$ اینچ لازم است از نظر کیفی آزمایش شود، پیشنهاد می گردد که آزمایش با اندازه های کوچکتر انجام شود برای اینکه تعیین نماید که آیا دو نیم شدن اضافی اتفاق می افتد.

۱۱- گزارش

۱-۱۱- اطلاعات زیر را گزارش نمایید. (توجه ۹)

۱-۱-۱- وزن هر بخش از نمونه قبل از آزمایش

۱-۱-۲- مصالحی از هر بخش نمونه ریزتر از الک طراحی شده در بند ۹-۱-۲ برای الک کردن بعد از آزمایش که به عنوان درصدی از وزن اولیه آن بخش بیان می گردد.

۱-۱-۳- میانگین وزنی محاسبه شده مطابق با روش آزمایش C136 از درصد افت هر بخش براساس دانه بندی نمونه ای که برای آزمایش رسیده یا ترجیحاً میانگین دانه بندی بخشی از نمونه که به عنوان معرف تهیه شده است. مگر اینکه:

۱-۱-۳-۱- برای مصالح سنگی ریزدانه (با کمتر از ۱۰٪ درشتتر از الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) فرض کنید که اندازه های ریزتر از الک ۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰) افت ۰٪ دارند و اندازه های درشتتر از الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) همان افت ذرات با اندازه کوچکتر بعدی را دارند که اطلاعات آنها موجود می باشد.

۱-۱-۳-۲- برای مصالح سنگی درشت دانه (با کمتر از ۱۰٪ ریزتر از الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) فرض می شود اندازه های ریزتر از الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) همان افت ذرات با اندازه بزرگتر را دارند که اطلاعات آنها موجود می باشد.

۱-۱-۳-۳- برای مصالح سنگی حاوی مقادیر قابل ملاحظه مصالح ریز و درشت، آزمایش بر روی دو نمونه جداگانه مطابق با ملزومات بند ۶-۴ انجام می شود، میانگین افت های وزنی را برای بخش ریزتر از نمره ۴ و بالای نمره ۴ بطور جداگانه و براساس دانه بندی دوباره محاسبه شده با در نظر گرفتن بخش ریز به عنوان ۱۰۰٪ و بخش درشت ۱۰۰٪ محاسبه می شود. نتایج را بطور جداگانه با ارائه درصد مصالح ریزتر از نمره ۴ و بالای نمره ۴ در دانه بندی اولیه گزارش کنید.



شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۱-۳-۴- به منظور محاسبه میانگین وزنی، در نظر بگیرید اندازه هایی که در بند ۶-۲ یا ۶-۳ که حاوی کمتر از ۰.۵٪ نمونه می باشد، دارای همان افت برابر با میانگین اندازه کوچکتر بعدی و بزرگتر قبلی می باشد یا اگر یکی از این اندازه ها موجود نباشد دارای افت برابر با اندازه بزرگتر قبلی یا کوچکتر بعدی می باشد هر کدام که موجود باشد.

۱۱-۱-۴- درصد افت وزنی را به نزدیکترین عدد کامل گزارش کنید.

۱۱-۱-۵- در حالتی که دانه های درشتتر از ۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ) قبل از آزمایش (۱) تعداد دانه های در هر بخش قبل از آزمایش و (۲) تعداد دانه های تغییر یافته، دسته بندی شود به عنوان تجزیه شده ها، دو نیم شدن، فاسد شدن، شکاف برداشتن و ورقه شدن و غیره همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است.

۱۱-۱-۶- نوع محلول (سولفات سدیم یا منیزیم) و آیا محلول تازه تهیه شده یا قبلاً استفاده شده است.

توجه ۹- جداول ۱ با مقادیر داخل آن به منظور راهنمایی، یک الگو را برای آزمایش اطلاعات آزمایش نشان می دهد. مقادیر آزمایش نشان داده شده، ممکن است مناسب برای هر نمک باشد و بستگی به کیفیت مصالح سنگی دارد.

۱۲-دقت

۱۲-۱-دقت- برای مصالح سنگی درشت میانگین وزنی افت های در برابر سولفاتهای سدیم در محدوده ۶ تا ۱۶٪ و در مقابل منیزیم ۹ تا ۲۰٪ می باشد. شاخص های دقت بشرح زیر می باشد:

درصد ضریب تغییرات (IS%)	درصد میانگین اختلاف بین دو آزمایش (D2s%) ^(A)	چند آزمایشگاهی:
۴۱	۱۱۶	سولفات سدیم
۲۵	۷۱	سولفات منیزیم
۲۴	۶۸	آزمایش کننده تکی:
۱۱	۳۱	سولفات سدیم
		سولفات منیزیم

این اعداد بترتیب حدود (IS%) و (D2s%)^(A) را مطابق با دستورالعمل C۶۷۰ نشان می دهد.

۱۲-۲- انحراف- از آنجایی که مصالح مرجع قابل قبولی برای تعیین انحراف این روش آزمایش وجود ندارد هیچ بیانی در مورد این روش وجود ندارد.



ASTM : C 117-90

روش آزمایش استاندارد مصالح ریزتر از ۷۵ میکرومتر (الک نمرة ۲۰۰) در مصالح دانه‌ای معدنی از طریق شستشو

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین مقدار مصالح ریزتر از ۷۵ میکرومتر (الک نمرة ۲۰۰) را در مصالح با شستشو ارائه میکند. ذرات رس و سایر ذرات مصالحی که با آب شستشو تجزیه می‌شوند و یا از نوع مواد قابل حل در آب هستند، در طول اجرای آزمایش از مصالح جدا خواهند شد.

۱-۲- دوروش شامل می‌شود یکی استفاده از آب برای عملیات شستشو و دیگری شامل روش تر مصالح ریزتر از الک ۷۵ میکرومتر (نمرة ۲۰۰) را از مصالح درشت کاهش می‌دهد. مگر اینکه روش دیگری مشخص نشده باشد، روش A (فقط آب) باید استفاده شود.

۱-۳- مقادیر برحسب واحدهای متریک به عنوان استاندارد می‌باشد.

۱-۴- این آزمایش تمام مسائل ایمنی مربوط به آنرا در نظر نگرفته است برعهده استفاده کننده از این استاندارد است که قبل از بکارگیری مسائل ایمنی مربوط به آن در نظر بگیرد.

۲- مدارک مورد مراجعه

۲-۱- استانداردهای ASTM

C ۱۳۶ روش آزمایش تجزیه با الک مصالح دانه ی ریزدانه و درشت دانه

C ۶۷۰ ترتیب تهیه متن بیان دقت در روش های آزمایش مصالح ساختمانی

C ۷۰۲ روش تقلیل دادن نمونه های صحرايي مصالح دانه ای برای اندازه آزمایش کردن

C ۷۵ روش نمونه گیری مصالح دانه بندی

E ۱۱ مشخصات الکهای سیمی - پارچه‌ای مخصوص آزمایش

۲-۲ استاندارد AASHTO

T ۱۱ روش آزمایش تعیین مقدار مصالح ریزتر از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر در مصالح دانه ای

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- یک نمونه مصالح دانه ای به ترتیب مشروح شسته می‌شود و آبشستشوی سرریز حاوی مواد حل شده و ذرات معلق از یک الک ۷۵ میکرومتری (نمرة ۲۰۰) رد می‌شود. کاهش وزن ناشی از اصلاح شستشو بصورت درصد وزن نمونه اصلی محاسبه و بعنوان درصد مصالح ریزتر از ۷۵ میکرومتر (الک نمرة ۲۰۰) از طریق شستشو گزارش می‌شود.



۴- اهمیت و مورد استفاده

۴-۱- مصالح ریزتر از ۷۵ میکرومتر (الک نمره ۲۰۰) را می توان بگونه بهتر و کامل تر از طریق الک خیس از دانه های درشت تر جداکرد تا با استفاده از الک خشک از این روی ، وقتی محاسبه دقیق مصالح دانه ای ریزتر از ۷۵ میکرومتر در داخل مصالح دانه ای ریز یا درشت موردنظر باشد ، این روش روی نمونه قبل از استفاده از الک خشک با روش C ۱۳۶ اعمال می شود. نتایج این آزمایش در محاسبات روش C ۱۳۶ منظور می شود و مقدار کل مصالح دانه ای ریزتر از ۷۵ میکرو متر با شستو بعلاوه با بدست آمده با الک کردن خشک از همان نمونه محاسبه می شود و با نتایج روش C ۱۳۶ گزارش می شود. معمولاً مقدار اضافی مصالح ریزتر از ۷۵ میکرومتر بدست آمده از روش الک خشک ، مقدار جزئی می باشد چنانچه این مقدار زیاد بود ، کافی بودن عملیات شستو بایستی از نو بررسی شود. این مسئله هم چنین می تواند نشانه ای از تجزیه و خرد شدن مصالح دانه ای باشد.

۵- وسایل و مصالح آزمایش

۵-۱- ترازو - ترازو یا قبان با دقت و تقسیمات ۰/۱ گرم با ۰/۱٪ بار آزمایش هرکدام که بیشتر بودند در مقیاس و محدوده مورد استفاده

۵-۲- الک ها - یک مجموعه الک دوتایی ، الک زیرین ۷۵ میکرومتری (نمره ۲۰۰) و بالایی ۱/۱۸م (نمره ۱۶) که هر دو واجد شرایط مشخصات E۱۱ باشند.

۵-۳- ظرف - یک سینی یا بشقاب یا ظرف مشابه با اندازه کافی برای جادادن نمونه پوشیده شده با آب و اینکه بتوان نمونه را در آن بشدت بهم زد بدون آنکه افت مصالح یا آب روی بدهد.

۵-۴- اون - یک اون با اندازه کافی و ظرفیت نگهداری درجه حرارت یکنواخت 110 ± 5 درجه سانتیگراد (9 ± 230 درجه فارنهایت)

۵-۵- معرف ترک کردن - هر معرف جداسازی نظیر شوینده های مایع ظرف که جداسازی مصالح ریز را تسریع می بخشد.

یادآوری ۱- استفاده از دستگاه مکانیکی برای عملیات شستو منع نمی شود. مشروط براینکه نتایج همان باشد که با عملیات دستی بدست می آید. استفاده بعضی از تجهیزات شستوی مکانیکی در بعضی از نمونه ها ممکن است موجب خرد شدن نمونه بگردد.

۶- نمونه گیری

۶-۱- نمونه مصالح دانه ای را برطبق روش ۷۵ D بگیرید. چنانچه همان نمونه قرار باشد برای آزمایش الک مطابق روش C ۱۳۶ مورد استفاده قرار بگیرد. مطابق با شرایط آن روش تهیه می گردد.

۶-۲- نمونه مصالح دانه ای مورد آزمایش را خوب مخلوط کنید و به مقدار لازم انجام آزمایش و با استفاده از روش های



تصریح شده در روش C ۷۰۲ تقلیل دهید. چنانچه قرار باشد همین نمونه بر طبق روش C ۱۳۶ آزمایش شود. حداقل جرم باید به مقدار مشروحه در بخش های مربوطه آن روش باشد. در غیر این صورت جرم نمونه آزمایشی پس از خشک کردن مطابق با جدول زیرین باشد:

جرم حداقل به گرم	حداکثر اندازه اسمی
۱۰۰	۲/۳۶ مم (نمره ۸)
۵۰۰	۴/۷۵ مم (نمره ۴)
۱۰۰۰	۹/۵۰ مم ($\frac{3}{8}$ اینچ)
۲۵۰۰	۱۹ مم ($\frac{3}{4}$ اینچ)
۵۰۰۰	۳۷/۵ مم ($1\frac{1}{4}$ اینچ) یا بزرگتر

نمونه آزمایشی، نتیجه نهایی کاهش خواهد بود. کاهش تا جرم دقیق از پیش تعیین شده مجاز نمی باشد.

۷- انتخاب روش

۷-۱- روش A استفاده می شود مگر اینکه روش دیگری برای مشخص کردن با نتایج آزمایشی که باید مقایسه شود یا وقتی که توسط سازمانی که کار برای او انجام می شود مدنظر باشد.

۸- روش A - تستشو با آب خالص

۸-۱- نمونه آزمایشی را تا جرم ثابت در دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد (230 ± 9 درجه فارنهایت) خشک کنید. جرم آن را با تقریب ۰/۱٪ جرم نمونه آزمایشی وزن کنید.

۸-۲- چنانچه مشخصات مورد استفاده لازم می داند که مقدار گذشته از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) باید روی بخشی از نمونه که از الک کوچکتر از حداکثر اندازه اسمی مصالح دانه ای رد می شود. محاسبه شود نمونه را روی الک طراحی جدا کنید و جرم مصالح رده شده از الک طرح را با دقت ۰/۱٪ جرم این بخش نمونه آزمایشی تعیین کنید. این جرم را به عنوان جرم خشک اولیه نمونه آزمایشی در بند ۱-۱۰ مورد استفاده قرار بدهید.

۲- بعضی از مشخصات برای مصالح با حداکثر اندازه اسمی ۵۰ میلیمتر یا بزرگتر، برای مثال محدودیتی برای مصالح رده شده از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) تعیین شده روی بخش نمونه گذشته از الک ۲۵ میلیمتر فراهم می آورد. چنین روشهایی لازم است چرا شستن نمونه ها با اندازه لازم غیر عملی است وقتی که همان نمونه آزمایشی برای آنالیز الک به روش C ۱۳۶ باید استفاده شود.

۸-۳- پس از خشک کردن و تعیین جرم، نمونه آزمایشی را در ظرف بگذارید و آب به اندازه کافی به آن اضافه کنید تا روی نمونه را بپوشاند. هیچ ماده پاک کننده یا مواد دیگر نبایستی به آب اضافه شود. نمونه را با شدت لازم



بهم بزنید تا همه ذرات ریزتر از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) از دانه های درشت جدا شوند و مصالح ریز به حال معلق درآیند. بلافاصله آب شستشو که حاوی مواد حل شده و معلق می باشد را روی الک های دوتایی بریزید ، الک های دوتایی طوری مرتب شده اند که الک درشت تر در بالا قرار دارد. دقت لازم تا حداکثر امکان بعمل آید که دانه های درشت نمونه سرریز نکنند.

۴-۸- یکبار دیگر روی نمونه در ظرف آب بریزید ، بهم بزنید و مثل دفعه قبل عمل کنید. این عمل را آنقدر

تکرار کنید تا آب صاف و زلال شود.

یادآوری ۳- اگر تجهیزات شستشوی مکانیکی مورد استفاده قرار می گیرد، آب ریختن، بهم زدن و صاف کردن ممکن است بطور پیوسته انجام گیرد.

۸-۵- همه مصالح مانده روی الک دوتایی را با جریان آب به روی نمونه شسته شده برگردانید. مصالح شسته شده را تا جرم ثابت در دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد (9 ± 230 درجه فارنهایت) خشک کنید و جرم آن را با تقریب 0.1% وزن اولیه نمونه تعیین کنید.

یادآوری ۴- در اثنای شستشوی نمونه و برگرداندن مصالح مانده روی الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) به داخل ظرف هیچ آبی نباید به داخل ظرف ریخته شود مگر اینکه از الک ۷۵ میکرومتر بگذرد تا از هدر رفتن مصالح جلوگیری شود. آب اضافی از برگرداندن باید از نمونه طی عملیات خشک کردن تبخیر شود.

۹- روش B- شستن با استفاده از یک معرف

۹-۱- نمونه را مطابق با روش A آماده کنید.

۹-۲- بعد از خشک کردن و تعیین جرم، نمونه آزمایشی را در ظرف بگذارید. آب کافی اضافه کنید تا نمونه را بپوشاند و معرف را به آب اضافه کنید. (توجه ۵) نمونه را با شدت بهم بزنید تا همه دانه های ریزتر از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) از دانه های درشت جدا شوند و مصالح ریز به صورت معلق در آیند. بلافاصله آب شستشو را که حاوی مواد حل شده و معلق می باشد را روی الکهای دوتایی بریزید، الک های دوتایی طوری مرتب شده که الک درشت تر در بالا قرار دارد. دقت لازم تا حداکثر امکان بعمل آید تا دانه های درشت نمونه سرریز نکنند.

توجه ۵- ماده معرف باید بمقدار کافی باشد که وقتی نمونه هم زده می شود. کف کمی تولید شود. مقدار آن به سختی آب و مقدار پاک کننده بستگی دارد. کف های اضافی ممکن از الک جاری شود و مقداری مصالح را نیز با خود ببرد.

۹-۳- دوباره به نمونه در ظرف آب (همراه با ماده معرف) اضافه کنید. هم بزنید و همانطور قبل سرریز کنید. این عمل را تا زمانی که آب زلال و صاف شود تکرار کنید.

۹-۴- همانطور روش A آزمایش را کامل کنید.

۱۰- محاسبه

۱-۱۰- مقدار مصالح گذشته از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) به روش شستن را مطابق زیر محاسبه کنید.

$$A = [(B-C)/B] \times 100$$

که در آن :

A: درصد مصالح ریزتر از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) به وسیله شستن

B= جرم خشک اولیه نمونه به گرم و

C= جرم خشک نمونه بعد از شستشو به گرم.

۱۱- گزارش

۱۱-۱- اطلاعات زیر را گزارش نمایید:

۱۱-۱-۱- درصد مصالح ریزتر از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) از طریق شستشو را تا تقریب ۱/۰٪ گزارش کنید

مگر آنکه نتیجه ۱۰٪ یا بیشتر باشد که درصد را به نزدیکترین عدد کل گزارش کنید.

۱۱-۱-۲- شامل شرحی از روش مورد استفاده

۱۲- صحت و دقت

۱۲-۱- تخمین صحت این روش آزمایش در جدول ۱ براساس نتایج بر روی مصالح و در آزمایشگاه مرجع مطابق

با برنامه A.ASHTO آورده شده است. اختلاف اساسی بین روشها در مدت زمانی است که اطلاعات بدست

آمده از روش T۱۱ نیاز دارد. و روش آزمایش C۱۱۷ منع کرده است، استفاده از ماده معرف است. اطلاعات

براساس نتایج آنالیز بیش از ۱۰۰ جفت آزمایش از ۴۰ تا ۱۰۰ آزمایشگاه می باشد.

۱۲-۲- دقت- از آنجایی که هیچ مصالح مرجع مناسبی برای تعیین دقت روش در این آزمایش وجود ندارد.

هیچ بیان دقتی انجام نشده است.

۱۳- لغات راهنما

۱۳-۱- مصالح - مصالح درشت دانه، مصالح ریزدانه، دانه بندی، کاهش در اثر شستشو، الک ۷۵ میکرومتر (نمره

۲۰۰)، آنالیز اندازه.



ASTM : C ۱۲۳-۹۲

روش استاندارد آزمایش تعیین مقدار دانه های سبک وزن در مصالح دانه ای

۱- هدف

۱-۱- این روش تعیین مقدار دانه های سبک وزن را در مصالح دانه ای از طریق جداسازی یا غوطه وری در یک مایع سنگین با وزن مخصوص مناسب ارائه می کند.

۲-۱- مقادیر بیان بر حسب واحدهای SI استاندارد میباشد. مقادیر در پرانتز فقط جهت اطلاع می باشد.

۳-۱- این استاندارد با مصالح و مواد خطرناک سروکار دارد. مسئولیت استفاده کننده از این استاندارد است که مسائل ایمنی مربوط به آن را قبل از استفاده از آن تعیین نماید. برای خطرهای خاص بند ۵-۱-۴ را ملاحظه نمائید.

۲- مدارک مورد مراجعه

۲-۱- استانداردهای ASTM :

C۳۳- مشخصات مصالح دانه ای بتن

C۱۲۷- آزمایش وزن مخصوص و جذب آب مصالح دانه ای درشت دانه

C۱۲۸- آزمایش وزن مخصوص و جذب آب مصالح دانه ای ریزدانه

CV۰۲- دستورالعمل تقلیل دادن نمونه های صحرائی مصالح دانه ای به اندازه مناسب جهت اجرای آزمایش

CV۵- دستورالعمل نمونه برداری مصالح دانه ای

D۳۶۶۵- دستورالعمل تعیین نمونه برداری تصادفی مصالح ساختمانی

E۱۱- تعیین مشخصات الک های سیمی به منظور اهداف آزمایش

E۱۰۰- مشخصه هیدرومترهای ASTM

۳- اهمیت و مورد استفاده

۳-۱- این روش برای تعیین مقدار مصالح سبک وزن در مصالح دانه ای ریز و درشت بر طبق شرایط روش

C۳۳ مورد استفاده قرار می گیرد. از یک مایع سنگین با وزن مخصوص ۲ به منظور جدا کردن دانه هایی که ممکن است در طبقه بندی زغال سنگ یا لیگنیت قرار داشته باشند، استفاده می شود. از مایع های سنگین تر ممکن است برای کنترل درصد دانه های سبک وزن دیگر مثل چرت با وزن مخصوص کمتر از ۲/۴۰ استفاده کرد.

۳-۲- این روش همچنین میتواند در تعیین هویت دانه های متخلخل در مصالح دانه ای کارهای تحقیقاتی یا آنالیزهای سنگ شناسی مفید واقع شود.



۴- وسایل

۴-۱- ترازو - یک ترازو با ظرفیت بیش از ۵۰۰ گرم و با حساسیت حداقل ۰/۱ گرم برای توزین مصالح دانه‌ای ریزدانه و یک ترازو با ظرفیت بیش از ۵۰۰۰ گرم و حساسیت حداقل ۱ گرم برای توزین مصالح دانه‌ای درشت‌دانه

۴-۲- ظرفهای مناسب برای خشک کردن مصالح دانه‌ای و ظرفهای مناسب برای نگهداشتن مایع‌های سنگین در طول عملیات جداسازی غوطه‌وری

۴-۳- کفگیر - یک قطعه الک پارچه ای ۳۰۰ میکرومتری (نمره ۵۰) مطابق با مشخصات E۱۱ با اندازه و شکل مناسب به منظور جداسازی دانه‌های شناور از داخل مایع سنگین

۴-۴- صفحه داغ (Hot Plate) یا اون

۴-۵- الک های ۳۰۰ میکرومتری (نمره ۵۰) و ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) مطابق با مشخصات E۱۱

۴-۶- اندازه‌گیری وزن مخصوص - یک هیدرومتر مطابق با شرایط بندهای ۴ تا ۱۰ از مشخصات E۱۰۰ یا ترکیب مناسبی از ظرفهای شیشه ای مدرج و ترازو که بتوانند وزن مخصوص مایع را تا حد $\pm 0/01$ اندازه‌گیری کنند.

۵- مایع سنگین

۵-۱- مایع سنگین باید شامل یکی از مواد زیرین باشد (یادآوری ۱ را ببینید).

۵-۱-۱- محلول کلرید روی در آب (برای وزن مخصوص های تا حدود ۲)

۵-۱-۲- مخلوطی از نفت و تترابرومو اتان ۲ و ۲ و ۱ و ۱ به نسبت هایی که وزن مخصوص مورد نظر را بدست بدهند (دارای وزن مخصوص حدود ۲/۹۵ می‌باشد).

۵-۱-۳- محلول برمید روی در آب (برای وزن مخصوص های تا حدود ۲/۴).

۵-۱-۴- احتیاط - مواد شیمیایی فهرست شده در بند ۲-۱-۵ سمی هستند و هر دو هم از راه پوست و هم با استنشاق جذب می شوند. لذا این مواد بایستی در هوا (ترجیحاً، از نوع تهویه بسمت پائین ، Down - Draft) بکار روند و یا در فضای باز بکار روند و دقت لازم باید مبذول گردد که این مواد با چشم و پوست تماس پیدا نکنند و استنشاق نگردند. دود محلول کلرید روی (۱-۱-۵) مخاطره بخصوصی را دربرندارند ، اما برای جلوگیری از تماس آن با چشم و پوست بایستی از دستکش و عینک استفاده کرد.

۵-۲- وزن مخصوص مایع سنگین بایستی در محدوده $\pm 0/01$ مقدار تصریح شده در تمام طول آزمایش حفظ شود.

۶- نمونه برداری

۶-۱- بر طبق روشهای DV۵ و D۳۶۶۵ یک نمونه صحرائی مصالح دانه ای را تهیه کنید. نمونه را به اندازه



موردنظر در آزمایش برابر روش DV02 تقلیل دهید.

۶-۲- بخش مصالح مورد آزمایش را دردمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد (230 ± 9 درجه فارنهایت) و پیش از اجرای آزمایش تا حد وزن ثابت خشک کنید. حداقل مقدار نمونه آزمایشی باید به شرح زیر باشد:

حداقل وزن نمونه به گرم	حداکثر اندازه اسمی مصالح دانه ای (الک های با سوراخهای چهارگوش)
۲۰۰	۴/۷۵ مم (نمره ۴)
۳۰۰۰	۱۹ مم ($\frac{3}{4}$) اینچ
۵۰۰۰	۳۷/۵ مم ($1\frac{1}{2}$) اینچ
۱۰۰۰۰	۷۵ مم (۳ اینچ)

۷- روش آزمایش

۷-۱- مصالح دانه ای ریزدانه - اجازه دهید نمونه آزمایش خشک شده مصالح ریزدانه در دمای معمولی اطاق خنک شود و سپس روی الک ۳۰۰ میکرومتری (نمره ۵۰) الک کنید تا آنکه کمتر از ۱٪ مصالح باقیمانده، ظرف یک دقیقه الک کردن پیوسته، از الک رد شود. مصالح درشت تر از الک نمره ۵۰ را تا تقریب ۱/۱ گرم توزین کنید و این مصالح را با استفاده از شیوه تصریح شده در روش C128 (بند ۱-۱-۷) را به بینید) به وضعیت اشباع با سطح خشک برسانید و آنگاه آنرا داخل مایع سنگین در یک ظرف مناسب بکنید (بند ۴-۱-۵ را ببینید). حجم مایع حداقل باید سه برابر حجم مطلق مصالح دانه ای باشد. مایع را همراه با قطعات شناور به داخل ظرف دومی بریزید. آنرا از کفگیر رد کنید، دقت نمائید که قطعه قطعات شناور همراه مایع بیرون ریخته می شوند و ریزدانه ها هنگام این انتقال به ظرف دیگر وارد کفگیر نشوند. مایعی را که در ظرف دوم جمع شده است به ظرف اول منتقل کنید و پس از بهم زدن های بیشتر نمونه، برگردانی را به شرحی که تشریح شد تکرار کنید تا نمونه عاری از قطعات شناور شود. قطعات جمع شده روی کفگیر را در حلال مناسبی بشوئید تا از مایع سنگین جدا شوند. در مورد مایع سنگین با تترابرومواتان شستشو با الکل و برای محلول کلرید روی، آب مناسب می باشد. بعد از آنکه قطعات شسته شدند اجازه دهید تا خشک شوند (بند ۲-۱-۷ را ببینید) قطعات تفکیک شده را از روی کفگیر با برس به داخل کفته ترازو بریزید و وزن آنها را با تقریب ۱/۱ گرم تعیین نمائید. چنانچه محاسبه دقیقتری مورد نظر باشد اجزاء تفکیک شده بایستی تا حد وزن ثابت در دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد خشک شوند و عدد W_1 لازم برای انجام محاسبات در بند ۸-۱ بدست آید. (بند ۳-۱-۷ را ببینید).

۷-۱-۱- چنانچه درصد جذب آب بدست آمده با روش C128 معلوم باشد، مصالح ریزدانه ممکن است



برای آزمایش با اضافه کردن وزن معلومی از ماسه خشک ، مقدار آبی را که ماسه جذب خواهد کرد ، آماده نمود. مخلوط را کامل بهم بزنید ، بگذارید ماسه در یک قوطی دربسته برای مدت ۳۰ دقیقه پیش از استفاده باقی بماند.

۷-۱-۲- چنانچه ماده شیمیایی غیراز کلرید روی بکار رفته باشد ، خشک کردن بایستی در زیرهود و یا محیط آزاد انجام شود. برای تسریع در خشک کردن می توان از یک اون یا صفحه داغ استفاده کرد. مشروط براینکه یا این عمل در زیرهود انجام گیرد یا آنکه اون مجهز به تهویه هوای نیرودار باشد و درجه حرارت آن از ۱۱۵ درجه سانتیگراد تجاوز نکند.

۷-۱-۳- معمولاً، اختلاف میان وزن ذرات تفکیک شده خشک شده با اون و اشباع با سطح خشک بطور قابل ملاحظه‌ای بر روی محاسبات درصد ذرات سبک وزن تاثیر نمی گذارد.

۷-۲- مصالح دانه ای درشت - بگذارید نمونه آزمایشی مصالح درشت‌دانه خشک شده در دمای معمولی اتاق خشک شوند و سپس روی الک ۴/۷۵ مم (نمره ۴) الک کنید . مصالح درشت تر از الک نمره ۴ را تقریب ۱ گرم وزن کنید و با استفاده از شیوه تصریح شده در روش C۱۲۷ به حالت اشباع با سطح خشک در بیاورید ، سپس آنرا داخل مایع سنگین که در یک ظرف مناسب ریخته شده است ، وارد کنید حجم مایع باید حداقل سه برابر حجم مطلق مصالح باشد. با استفاده از کفگیر ، قطعات شناور روی سطح آب را بگیرید و نگهدارید. مخلوط با بهم بزنید و عمل را تکرار کنید و قطعات شناور را بگیرد تا آنکه قطعه شناور دیگری روی مایع دیده نشود. قطعات و ذرات گرفته شده را با حلال مناسبی بشوئید و مایع سنگین را از آنها جداسازید پس از جداسازی مایع سنگین ، بگذارید قطعات خشک شوند (بند ۲-۱-۷ را ببینید). وزن قطعات تفکیک شده را تا تقریب ۱ گرم تعیین نمائید. چنانچه محاسبه دقیقتری موردنظر باشد ، این قطعات و ذرات را تا حد وزن ثابت در دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد خشک کنید و عدد W_1 مورد استفاده در محاسبات موضوع بند ۱-۸ را بدست بیاورید (بند ۳-۱-۷ را به بینید).

۸- محاسبات

۸-۱- درصد قطعات سبک وزن (قطعات شناوری روی مایع سنگین) را به شرح زیر محاسبه کنید:

درمورد مصالح دانه ای ریز:

$$L = \left(\frac{W_1}{W_2} \right) \times 100$$

درمورد مصالح دانه ای درشت :

$$L = \left(\frac{W_1}{W_3} \right) \times 100$$

که در این رابطه ها :



L = درصد قطعات سبک وزن ،

W_1 = وزن خشک قطعات شناور،

W_2 = وزن خشک بخشی از نمونه درشت تر از الک ۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰) ، و

W_3 = وزن بخشی از نمونه درشت تر از الک ۴/۷۵ مم (نمره ۴).

۹- دقت و صحت

۹-۱- برای تعیین شاخص های دقت ، این روش مورد تحقیقات و مطالعات داخل آزمایشگاه یا بین آزمایشگاهی انجام نگردیده است کمیته مسئول روش ، بدنبال دریافت اطلاعات مربوطه از استفاده کنندگان این روش می باشد.

۹-۲- صحت روش را می توان با اجرا یا آزمایش های جداگانه برای محاسبه و تعیین وزن مخصوص جذب آب روی قطعات هر مخزن مایع یا اجزاء شناور یا هردو برآورد کرد.



روش استاندارد آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت

۱- هدف

۱-۱) این روش آزمایش برای تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت بکار می‌رود. وزن مخصوص را می‌توان تحت عناوین وزن مخصوص حقیقی، وزن مخصوص حقیقی برای اشباع با سطح خشک (SSD) و وزن مخصوص ظاهری مطرح نمود. وزن مخصوص حقیقی (SSD) و جذب آب برای دانه‌هایی که ۲۴ ساعت در آب قرار داده شده‌اند، تعیین می‌گردد. این روش آزمایش برای سنگدانه‌های سبک طرح ریزی نشده است.

۱-۲) واحدهای ذکر شده در سیستم SI بعنوان استاندارد در نظر گرفته شده است.

۱-۳) این استاندارد تمام مسائل ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بازگو نمی‌نماید. این برعهده آزمایش‌کننده است که تمام موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت نموده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرائی آن را مشخص نماید.

۲- مراجع عبارتند از:

۱-۲) استانداردهای ASTM:

C۲۹/C۲۹ M : روش آزمایش تعیین وزن واحد حجم و فضای خالی سنگدانه

C۱۲۵ : تعاریف مربوط به بتن و سنگدانه‌های بتن

C۱۲۸ : روش آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های ریز

C۱۳۶ : روش آزمایش دانه بندی سنگدانه‌های ریز و درشت بوسیله الک

C۵۶۶ : روش آزمایش تعیین مقدار رطوبت سنگدانه‌ها بوسیله خشک کردن

C۶۷۰ : دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف برای روش‌های آزمایش مصالح ساختمانی

CV۰۲ : دستورالعمل کاهش مقدار نمونه‌های صحرائی سنگدانه به مقدار مورد نیاز آزمایش

D۷۵ : دستورالعمل نمونه‌گیری سنگدانه‌ها

D۴۴۸ : طبقه بندی اندازه سنگدانه‌ها برای جاده و مصالح ساختمانی پل.

E۱۱ : مشخصات الکهای سیمی برای اهداف آزمایش

E۱۲ : تعاریف دانسیته و وزن مخصوص در ارتباط با جامدات، مایعات و گازها

۲-۲) استاندارد آشتو:

AASHTO-T۸۵ وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت

۳- اصطلاحات علمی

۱-۳) تعاریف:

۳-۱) جذب آب- جذب آب عبارت است از افزایش وزن سنگدانه‌ها در اثر آبی که در خلل و فرج آنها نفوذ می‌کند (آبی که بر روی سطح خارجی سنگدانه می‌چسبد مورد نظر نیست). نتیجه این آزمایش بصورت درصدی از وزن خشک سنگدانه‌ها بیان می‌شود. سنگدانه زمانی خشک محسوب می‌شود که به مدت کافی در دمای 110 ± 5



استاندارد ASTM:C127-88

روش استاندارد آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت

۱- هدف

۱-۱) این روش آزمایش برای تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت بکار می‌رود. وزن مخصوص را می‌توان تحت عناوین وزن مخصوص حقیقی، وزن مخصوص حقیقی برای سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک (SSD) و وزن مخصوص ظاهری مطرح نمود. وزن مخصوص حقیقی (SSD) و جذب آب برای دانه‌هایی که ۲۴ ساعت در آب قرار داده شده‌اند، تعیین می‌گردد. این روش آزمایش برای سنگدانه‌های سبک طرح ریزی نشده است.

۱-۲) واحدهای ذکر شده در سیستم SI بعنوان استاندارد در نظر گرفته شده است.

۱-۳) این استاندارد تمام مسائل ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بازگو نمی‌نماید. این برعهده آزمایش‌کننده است که تمام موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت نموده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص نماید.

۲- مراجع عبارتند از:

۱-۲) استانداردهای ASTM:

C29/C29 M : روش آزمایش تعیین وزن واحد حجم و فضای خالی سنگدانه

C125 : تعاریف مربوط به بتن و سنگدانه‌های بتن

C128 : روش آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های ریز

C136 : روش آزمایش دانه بندی سنگدانه‌های ریز و درشت بوسیله الک

C566 : روش آزمایش تعیین مقدار رطوبت سنگدانه‌ها بوسیله خشک کردن

C670 : دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف برای روش‌های آزمایش مصالح ساختمانی

CV02 : دستورالعمل کاهش مقدار نمونه‌های صحرائی سنگدانه به مقدار مورد نیاز آزمایش

DV5 : دستورالعمل نمونه‌گیری سنگدانه‌ها

D448 : طبقه بندی اندازه سنگدانه‌ها برای جاده و مصالح ساختمانی پل.

E11 : مشخصات الکهای سیمی برای اهداف آزمایش

E12 : تعاریف دانسیته و وزن مخصوص در ارتباط با جامدات، مایعات و گازها

۲-۲) استاندارد آشتو:

AASHTO-T85 وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت

۳- اصطلاحات علمی

۱-۳) تعاریف:

۳-۱-۱) جذب آب-جذب آب عبارت است از افزایش وزن سنگدانه‌ها در اثر آبی که در خلل و فرج آنها نفوذ می‌کند (آبی که بر روی سطح خارجی سنگدانه می‌چسبد مورد نظر نیست). نتیجه این آزمایش بصورت درصدی از وزن خشک سنگدانه



شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ها بیان می شود. سنگدانه زمانی خشک محسوب می شود که به مدت کافی در دمای 110 ± 5

درجه سانتیگراد قرار گیرد تا تمام آب غیر ترکیبی آن خارج شود.

۳-۱-۲) وزن مخصوص - نسبت جرم (یا وزن در هوا) واحد حجم یک ماده به جرم همان حجم آب در یک دمای معین می باشد. این کمیت بدون بعد است.

۳-۱-۲-۱) وزن مخصوص ظاهری - نسبت وزن واحد حجم غیر مرتبط سنگدانه در دمای معین به وزن همان حجم آب مقطر در آن دما، وزن مخصوص ظاهری می باشد.

۳-۱-۲-۲) وزن مخصوص حقیقی - وزن مخصوص حقیقی عبارت است از نسبت وزن واحد حجم سنگدانه در هوا (شامل منافذ مرتبط و غیر مرتبط در ذرات است، اما منافذ بین دانه ها را شامل نمی شود) در دمای معین به وزن آب مقطر هم حجم آن در همان دما.

۳-۱-۲-۳) وزن مخصوص حقیقی در حالت اشباع با سطح خشک (SSD) - وزن مخصوص حقیقی در حالت اشباع با سطح خشک عبارت است از نسبت وزن واحد حجم سنگدانه در هوا که به مدت ۲۴ ساعت در آب غرقاب شده است (شامل فضای خالی بین ذرات نمی شود) در دمای معین به وزن آب هم حجم در همان دما.

یادآوری ۱) تعریف وزن مخصوص براساس تعاریف استاندارد E1۲ و جذب آب نیز براساس تعریف استاندارد C1۲۵ می باشد.

۴- خلاصه روش آزمایش

۴-۱) یک نمونه سنگدانه را تقریباً بمدت ۲۴ ساعت در آب قرار می دهند تا تمامی منافذ آن کاملاً پر از آب شوند. سپس آن را از آب خارج نموده آب سطح دانه ها را خشک و آنها را توزین می نمایند. سنگدانه ها را در داخل آب نیز وزن می کنند و سرانجام آنها را در داخل اون خشک کرده و برای سومین بار وزن می نمایند. با استفاده از مقادیر این سه توزین و روابط ارائه شده در این آزمایش، محاسبه سه نوع وزن مخصوص و جذب آب ممکن خواهد بود.

۵- اهمیت و کاربرد

۵-۱) وزن مخصوص حقیقی مشخصه عمومی است که برای محاسبه حجم اشغال شده توسط سنگدانه ها در مخلوطهای مختلف دارای سنگدانه مانند بتن و مخلوطهای دیگری که براساس حجم مطلق طرح می شوند بکار برده می شود. این کمیت همچنین برای محاسبه فضاهای خالی سنگدانه در روش آزمایش C۲۹ مورد استفاده قرار می گیرد. اگر سنگدانه ها مرطوب باشد و در حد اشباع آب جذب کرده باشد، در این صورت از وزن مخصوص حقیقی اشباع با سطح خشک (SSD) استفاده می شود. برعکس وقتی سنگدانه خشک باشد یا فرض شود که خشک است برای محاسبه از وزن مخصوص حقیقی (خشک شده در اون) استفاده می شود.

۵-۲) وزن مخصوص ظاهری به دانسیته نسبی مواد جامد سازنده ذرات مربوط می شود ولی فضاهای خالی داخل ذرات را



که آب می تواند در آنها وارد شود، در بر نمی گیرد.

۳-۵) کمیت جذب آب برای محاسبه تغییرات وزن سنگدانه در اثر جذب آب در فضاهای خالی درون ذرات اجزاء، در مقایسه با وضعیت خشک، هنگامی که سنگدانه ها به اندازه کافی در مجاورت آب بوده اند و پتانسیل جذب آنها از بین رفته بکار می رود. در آزمایشگاه برای تعیین جذب آب، سنگدانه های خشک را به مدت ۲۴ ساعت در آب قرار می دهند. سنگدانه هایی که از معادن زیر آب استخراج می شوند، در صورتیکه اجازه داده نشود خشک شوند، ممکن است درصد جذب آب بالاتری داشته باشند. بالعکس ممکن است بعضی سنگدانه ها در هنگام استفاده، رطوبت کمتری نسبت به شرایط مستغرق داشته باشند. برای سنگدانه ای که در تماس با آب است و روی سطح آن رطوبت آزاد وجود دارد، درصد رطوبت آزاد را می توان با کسر کردن مقدار جذب آب از کل رطوبت تعیین شده توسط آزمایش ASTM C ۵۶۶ بدست آورد.

۴-۵) روش کلی تشریح شده در این آزمایش برای تعیین جذب آب سنگدانه هایی که شرایط دیگری غیر از ۲۴ ساعت غرقاب بودن دارند نیز مناسب است نظیر اشباع در آب جوش یا خلاء، مقادیر بدست آورده شده برای جذب آب و وزن مخصوص حقیقی در حالت اشباع با سطح خشک (SSD) به روشهای دیگر، با نتایجی که از ۲۴ ساعت خیساندن در آب بدست می آید، متفاوت است.

۵-۵) خلل و فرج سنگدانه های سبک ممکن است بعد از ۲۴ ساعت مستغرق بودن در آب پر شده یا پر نشود. در حقیقت بعضی سنگدانه های سبک ممکن است چندین روز در آب باشند ولی اشباع نشوند. بدین لحاظ این آزمایش برای سنگدانه های سبک توصیه نمی شود.

۶- وسایل مورد نیاز

۱-۶) ترازو- یک ترازوی حساس قابل قرائت با دقت ۰/۰۵ درصد وزن نمونه آزمایش در تمام محدوده مورد استفاده و یا با دقت ۰/۵ گرم، هر کدام بیشتر است. ترازو بایستی مجهز به وسیله ای باشد تا بتوان نمونه را در آب از طریق آویزان کردن ظرف حاوی آن از ترازو در آب، توزین نمود.

۲-۶) ظرف حاوی نمونه- یک سبد سیمی که اندازه سوراخهای آن ۳/۳۵ میلیمتر (شماره ۶) یا ریزتر باشد و یا سطحی با عرض و ارتفاع تقریباً مساوی و ظرفیت ۴ تا ۷ لیتر برای سنگدانه هایی با حداکثر اندازه اسمی ۳۷/۵ میلیمتر یا کمتر از (۱/۵) اینچ. برای سنگدانه هایی که حداکثر اندازه اسمی آنها بیشتر باشد باید ظرف بزرگتری انتخاب شود. ظرف باید طوری ساخته شده باشد که از محبوس شدن هوا هنگام شناور کردن آن جلوگیری شود.

۳-۶) مخزن آب- یک مخزن آب بندی شده برای توزین ظرف حاوی نمونه، در داخل آب

۴-۶) الک ها- الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) و یا سایر اندازه های مورد نیاز (بندهای ۲-۷ و ۳-۷ و ۴-۷) برای تطبیق دانه بندی نمونه با ASTM E₁₁.

۷- نمونه برداری

۱-۷) نمونه برداری سنگدانه بر طبق روش DV۵ می باشد.



۲-۷) نمونه سنگدانه را کاملاً مخلوط کرده و با استفاده از دستور العمل‌های قابل اجرای روش CV۰۲ آن را به مقدار تقریبی مورد نیاز برای انجام آزمایش برسانید. تمام مصالح رد شده از الک ۴/۷۵ میلیمتر (شماره ۴) در اثر دانه‌بندی خشک را دور ریخته و تمام نمونه شستشو داده می‌شود تا گرد و خاک یا سایر پوشش‌ها از سطح آنها جدا شوند. اگر سنگدانه‌های درشت دارای مقدار قابل توجهی ذرات ریزتر از الک شماره ۴ باشند، (به طور مثال برای اندازه شماره ۸ و ۹ سنگدانه‌ها در طبقه‌بندی D۴۴۸) بجای الک ۴/۷۵ میلیمتر از الک (شماره ۸) ۲/۳۶ میلیمتر استفاده می‌شود. ذرات ریزتر از الک ۴/۷۵ میلیمتر در آزمایش ASTM C ۱۲۸ بکار برده می‌شوند.

۳-۷) در جدول زیر حداقل وزن نمونه‌های مورد استفاده ارائه شده است. در بعضی موارد ممکن است لازم باشد سنگدانه درشت را به اندازه‌های مختلفی تفکیک و روی هر قسمت جداگانه آزمایش صورت گیرد. همچنین اگر بیش از ۱۵ درصد نمونه روی الک ۳۷/۵ میلیمتر (۱/۵ اینچ) باقی بماند، مصالح بزرگتر از ۳۷/۵ میلیمتر در یک یا چند اندازه بصورت مجزا و مصالح ریزتر از ۳۷/۵ میلیمتر نیز جداگانه مورد آزمایش قرار می‌گیرند. در این موارد حداقل وزن نمونه آزمایش برای هر جزء تفاوت بین وزنه‌های ارائه شده برای حداکثر و حداقل اندازه دانه‌های موجود در آن جزء است.

حداکثر اندازه اسمی دانه‌ها میلیمتر (اینچ)	حداقل وزن نمونه کیلوگرم
$\left(\frac{1}{2}\right)$ یا کمتر	۲
$19\left(\frac{3}{4}\right)$	۳
۲۵(۱)	۴
$37.5\left(1\frac{1}{2}\right)$	۵
۵۰(۲)	۸
$63\left(2\frac{1}{2}\right)$	۱۲
۷۵(۳)	۱۸
$90\left(3\frac{1}{2}\right)$	۲۵
۱۰۰(۴)	۴۰
$112\left(4\frac{1}{2}\right)$	۵۰
۱۲۵(۵)	۷۵
۱۵۰(۶)	۱۲۵

۴-۷) اگر نمونه در دو بخش یا بیشتر آزمایش شود آن را طبق روش آزمایش C۱۳۶ دانه بندی کنید، که شامل الک‌هایی برای مجزا نمودن بخش‌های مختلفی که در این روش بکار می‌روند، باشد. در محاسبه درصد موادهر بخش، از ذرات کوچکتر از ۴/۷۵ میلیمتر (الک شماره ۴) (یا ۲/۳۶ میلیمتر (الک شماره ۸) وقتی که بخش ۲-۷ به کار برده می‌شود) صرف‌نظر کنید.



۸- روش انجام آزمایش

۸-۱) نمونه را تا رسیدن به وزن ثابت در دمای $(9^{\circ}\text{F} \pm 230) \pm 5$ درجه سانتیگراد خشک کنید. سپس آن را بمدت ۱ تا ۳ ساعت در دمای اتاق قرار دهید تا سرد شود. برای نمونه هایی که حداکثر اندازه اسمی دانه های آنها $37/5$ میلیمتر ($1/5$ اینچ) یا بزرگتر است، سنگدانه را تا دمایی که جابجا کردن آن با دست امکان پذیر باشد (تقریباً 50 درجه سانتیگراد) سرد کنید. سپس سنگدانه را بمدت 4 ± 24 ساعت در دمای اتاق، داخل آب نگه دارید.

یادآوری ۲) موقعی که آزمایش بر روی سنگدانه های درشت با حداکثر اندازه اسمی بزرگ انجام می گیرد و به نمونه های بزرگ نیاز می باشد، بهتر است آزمون بر روی ۲ یا چند نمونه کوچکتر انجام شود و مقادیر حاصل را برای محاسبات مشروحه در بخش ۹ ترکیب نمایند.

۸-۲) اگر سنگدانه هایی که برای تهیه مخلوط بتن بکار می روند در شرایط رطوبت طبیعی باشند، می توان خشک کردن اولیه نمونه برای رسیدن به وزن ثابت را حذف کرد. همچنین اگر بتوان سطوح دانه های نمونه را بطور پیوسته تا شروع آزمایش مرطوب نگه داشت، از خیساندن دانه ها بمدت 24 ساعت نیز می توان صرفنظر کرد.

یادآوری ۳) سنگدانه هایی که قبل از قرار گرفتن در آب، در گرمخانه خشک نشده باشند، جذب آب و وزن مخصوص حقیقی اشباع با سطح خشک (SSD) بیشتری را نسبت به همان سنگدانه هایی که مطابق بخش (۸-۱) آماده سازی می شوند، از خود نشان می دهد. این موضوع بخصوص برای اندازه های بزرگتر از 75 میلیمتر صادق است، زیرا آب نمی تواند در طول زمانی که ذرات در آب خیسانده شده است، به مرکز آنها نفوذ کنند.

۸-۳) نمونه را از داخل آب خارج ساخته و آنرا روی پارچه جاذب رطوبت پهن کنید تا لایه های آب قابل رویت از روی دانه ها جدا شود. ذرات بزرگتر را جداگانه خشک کنید. برای خشک کردن دانه ها می توان از یک جریان هوای گرم کمک گرفت. باید دقت کنید که در حین خشک کردن سطح دانه ها آب داخل منافذ آنها خشک نشود. نمونه ای را که در شرایط اشباع با سطح خشک قرار دارد، توزین نموده و وزن آنرا با دقت $0/5$ گرم یا $0/05$ درصد وزن نمونه (هرکدام بزرگتر باشد) یادداشت نمائید.

۸-۴) بلافاصله پس از توزین، نمونه اشباع با سطح خشک را در ظرف نمونه قرار داده و وزن آنرا در آب با دمای $(3^{\circ}\text{F} \pm 73/4) \pm 1/7$ درجه سانتیگراد و وزن مخصوص 2 ± 997 کیلوگرم بر مترمکعب تعیین کنید. قبل از توزین نمونه باید دقت کنید که هنگام فرو بردن ظرف در آب، با تکان دادن آن هوای محبوس بین دانه ها خارج شده باشد. یادآوری ۴) ظرف باید در عمقی شناور گردد که خود و نمونه درون آن در خلال توزین در زیر سطح آب قرار گیرند. سیم آویزان کننده ظرف تا حد ممکن نازک باشد تا تاثیر طول شناوری متغیر آن به حداقل برسد.



۵-۸) مجدداً نمونه را در دمای $(23.0 \pm 0.9^\circ\text{F})$ یا 11.0 ± 0.5 درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک کنید و سپس بمدت ۱ تا ۳ ساعت آنرا در دمای اتاق قرار دهید تا سرد شود (یا تا رسیدن به دمای ۵۰ درجه سانتیگراد، که بتوان آنرا با دست جابجا کرد) و بار دیگر آنرا وزن کنید.

۹- محاسبات

۹-۱) وزن مخصوص

۹-۱-۱) وزن مخصوص حقیقی - وزن مخصوص حقیقی سنگدانه ها در دمای $(73/4^\circ\text{F})$ یا ۲۳ درجه سانتیگراد از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{B - C} \quad (1)$$

که در آن:

A: وزن نمونه خشک شده توسط اون در هوا بر حسب گرم

B: وزن نمونه اشباع با سطح خشک در هوا بر حسب گرم

C: وزن نمونه در حالت اشباع در آب بر حسب گرم



۹-۱-۲) وزن مخصوص حقیقی (در حالت اشباع با سطح خشک) - وزن مخصوص حقیقی براساس وزن سنگدانه اشباع با سطح خشک ، در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد ($F = 73/4^{\circ}$) از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$(2) \quad \text{وزن مخصوص حقیقی (حالت اشباع با سطح خشک)} = \frac{B}{B-C}$$

۹-۱-۳) وزن مخصوص ظاهری - وزن مخصوص ظاهری در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$(3) \quad \text{وزن مخصوص ظاهری} = \frac{A}{A-C}$$

۹-۲) مقادیر وزن مخصوص میانگین: وقتی که نمونه مورد آزمایش به چند قسمت با اندازه‌های مختلف تقسیم و مورد آزمایش قرار گیرد ، مقدار میانگین وزن مخصوص حقیقی ، وزن مخصوص حقیقی (حالت اشباع با سطح خشک) یا وزن مخصوص ظاهری را می توان بصورت میانگین وزنی مقادیر محاسبه شده در بخش (۹-۱) با استفاده از رابطه زیر محاسبه نمود: (به ضمیمه [X1] مراجعه شود)

$$(4) \quad G = \frac{1}{\left[\left(\frac{P_1}{100G_1}\right) + \left(\frac{P_2}{100G_2}\right) + \dots + \left(\frac{P_n}{100G_n}\right)\right]}$$

که در آن :

G : میانگین وزن مخصوص (تمام انواع وزن مخصوص را میتوان با این روش میانگین گرفت).

G_1, G_2, G_3 : مقادیر وزن مخصوص مربوط به هریک از قسمتها بسته به نوع وزن مخصوص موردنظر برای میانگین گیری

P_1, P_2, P_3, P_n : درصد وزنی هر قسمت نسبت به نمونه اصلی

یادآوری (۵) بعضی از استفاده کنندگان این روش آزمایش تمایل دارند که نتایج برحسب دانسیته بیان گردد. دانسیته را میتوان از حاصل ضرب وزن مخصوص حقیقی ، وزن مخصوص حقیقی در حالت اشباع با سطح خشک یا وزن مخصوص ظاهری در دانسیته آب ($997/5 \text{ kg/m}^3$ یا $0/9975 \text{ Mg/m}^3$ یا $62/27$ پوند بر فوت مکعب در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد) تعیین نمود. بعضی از صاحب نظران توصیه می کنند که استفاده از دانسیته آب ۴ درجه سانتیگراد برابر (۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب یا $1/1000$ مگاگرم بر مترمکعب یا $62/43$ پوند بر فوت مکعب) به قدرکافی دقیق است . نتایج سه مورد وزن مخصوص حقیقی و وزن مخصوص حقیقی اشباع با سطح خشک و وزن مخصوص ظاهری هریک با سه رقم غیرصفر بیان شوند. اصطلاح دانسیته متناظر با وزن مخصوص حقیقی ، وزن مخصوص حقیقی (SSD) و وزن مخصوص ظاهری هنوز استاندارد نشده است.

۹-۳) جذب آب - درصد جذب آب برابر است با:

$$(5) \quad \text{جذب آب (درصد)} = \left[\frac{B-A}{A}\right] \times 100$$

۹-۴) مقادیر میانگین جذب آب - وقتی نمونه با تقسیم به اندازه های مختلف آزمایش می شود ، مقادیر جذب آب ، میانگین مقادیر محاسبه شده در بخش ۹-۳ است که با توجه به درصد وزنی هر بخش در نمونه اصلی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$(6) \quad A = \left(\frac{P_1 A_1}{100}\right) + \left(\frac{P_2 A_2}{100}\right) + \dots + \left(\frac{P_n A_n}{100}\right)$$



در این رابطه :

$A =$ میانگین جذب بر حسب درصد

A_1 و A_2 و و $A_n =$ درصد جذب آب هریک از قسمتها و

P_1 و P_2 و و $P_n =$ درصد وزنی هر قسمت نسبت به نمونه اصلی

۱۰- گزارش

۱-۱) وزن مخصوص را باید با دقت ۰/۰۱ و ذکر نوع آن ، وزن مخصوص حقیقی و وزن مخصوص حقیقی اشباع با سطح خشک و یا وزن مخصوص ظاهری ، در گزارش درج نمود.

۱-۲) جذب آب را با دقت ۰/۱ درصد در گزارش درج نمائید.

۱-۳) در صورتیکه مقادیر وزن مخصوص و جذب آب طبق بخش ۸-۲ بدون خشک نمودن اولیه تغییر شده باشد، باید در گزارش بیان گردد.

۱۱- دقت و خطا

۱-۱۱) تخمین دقت این روش آزمایش بر اساس نتایج

AASHTO Materials Reference Laboratory Reference Sample Program

در جدول (۱) آورده شده است و آزمایش ها با این روش و روش AASHTO T85 انجام شده است. اختلاف عمده بین این روش ها این است که در روش C127 زمان اشباع ، 4 ± 2 ساعت بوده در حالیکه در روش T85 این زمان حداقل ۱۵ ساعت می باشد. مشخص شده است که این اختلاف اثر عمده ای بر اندیس های دقت ندارد. این اطلاعات از آنالیز بیش از ۱۰۰ جفت نتایج آزمایش در ۴۰ تا ۱۰۰ آزمایشگاه حاصل شده است.

۱-۱۲) خطا - چون برای اندازه گیری خطای این روش مرجع قابل قبولی وجود ندارد ، در مورد خطا هیچگونه اظهارنظری نشده است.

۱۲- لغات کلیدی

۱-۱۲) جذب آب ، سنگدانه ، سنگدانه دشت ، وزن مخصوص

جدول ۱: دقت

محدوده قابل قبول دو نتیجه	انحراف استاندارد	
(D2S)A	(IS)A	
		دقت یک اپراتور :
۰/۰۲۵	۰/۰۰۹	وزن مخصوص حقیقی (در حالت خشک)
۰/۰۲۰	۰/۰۰۷	وزن مخصوص حقیقی (در حالت اشباع با سطح خشک)
۰/۰۲۰	۰/۰۰۷	وزن مخصوص ظاهری
۰/۲۵	۰/۰۸۸	B جذب آب (درصد)
		دقت چندین آزمایشگاه :
۰/۰۳۸	۰/۰۱۳	وزن مخصوص حقیقی (در حالت خشک)
۰/۰۳۲	۰/۰۱۱	وزن مخصوص حقیقی (در حالت اشباع با سطح خشک)
۰/۰۳۲	۰/۰۱۱	وزن مخصوص ظاهری
۰/۴۱	۰/۱۴۵	B جذب آب (درصد)



A: این اعداد به ترتیب محدوده های (1S) و (D2S) را که در روش 670 C توضیح داده شده بیان می کنند. آنالیز تخمین دقت از ترکیب داده های

AASHTO Materials Reference Laboratory Reference Sample Program

از آزمایشگاههایی که از روش حداقل 15 ساعت اشباع استفاده کرده اند و سایر آزمایشگاهها که روش 24 ± 4 ساعت اشباع را به کار برده اند، تعیین شده است. آزمایش بر روی وزن معمول سنگدانه ها انجام شده است و از وضعیت در اون خشک شده سنگدانه ها شروع می شود.

B: تخمین میزان دقت برای سنگدانه هایی است که جذب آبی کمتر از 2٪ دارند.

ضمائم

ضمیمه X1 - تعمیم روابط

(1 - X1) با استفاده از دو جسم جامد در حالت ساده شده زیر روابط قابل اثبات است.

یک ماده به وزن W_1 گرم و حجم V_1 میلی لیتر و ماده دیگری به وزن W_2 گرم و حجم V_2 میلی لیتر مفروض است. وزن

$$G_2 = \frac{W_2}{V_2}, G_1 = \frac{W_1}{V_1} \text{ با } G_1 = G_2 \text{ برابر است}$$

اگر این دو ماده باهم مخلوط شوند. وزن مخصوص مخلوط برابر است با:

$$1G = \frac{W_1 + W_2}{V_1 + V_2} \quad (1 - X1)$$

$$G = \frac{1}{\frac{W_1 + W_2}{V_1 + V_2}} = \frac{1}{\frac{V_1}{W_1 + W_2} + \frac{V_2}{W_1 + W_2}} \quad (2 - X1)$$

$$G = \frac{1}{\frac{W_1}{W_1 + W_2} \left(\frac{V_1}{W_1} \right) + \frac{W_2}{W_1 + W_2} \left(\frac{V_2}{W_2} \right)} \quad (3 - X1)$$

وزن هریک از دو قسمت جامد بصورت درصدی از وزن کل برابر است با:

$$\frac{W_1}{W_1 + W_2} = \frac{P_1}{100}, \frac{W_2}{W_1 + W_2} = \frac{P_2}{100} \quad (4 - X1)$$

$$\frac{1}{G_1} = \frac{V_1}{W_1}, \frac{1}{G_2} = \frac{V_2}{W_2} \quad (5 - X1)$$

بنابراین:

$$G = \frac{1}{\left[\left(\frac{P_1}{100} \right) \left(\frac{1}{G_1} \right) + \left(\frac{P_2}{100} \right) \left(\frac{1}{G_2} \right) \right]} \quad (6 - X1)$$

در جدول ضمیمه (1 - X1) نمونه ای از کاربرد رابطه فوق نشان داده شده است



جدول (X₁ - 1) نمونه محاسبه مقادیر میانگین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه های درشت که با استفاده از تفکیک اندازه دانه ها آزمایش شده است.

اندازه، میلیمتر (اینچ)	درصد در نمونه اصلی	وزن نمونه مورد آزمایش (گرم)	وزن مخصوص حقیقی در حالت اشباع با سطح خشک (SSD)	جذب آب (درصد)
۴/۷۵ تا ۱۲/۵ (شماره ۴ تا ۱/۲)	۴۴	۲۲۱۳/۰	۲/۷۲	۰/۴
۱۲/۵ تا ۳۷/۵ (۱/۲ تا ۱/۲)	۳۵	۵۴۶۲/۵	۲/۵۶	۲/۵
۳۷/۵ تا ۶۳ (۱/۲ تا ۲/۲)	۲۱	۱۲۵۹۳/۰	۲/۵۴	۳/۰

$$G_{SSD} = \frac{1}{\frac{0/44}{2/72} + \frac{0/35}{2/56} + \frac{0/21}{2/54}} = 2/62$$

وزن مخصوص میانگین اشباع با سطح خشک (SSD)

$$A = (0/44)(0/4) + (0/35)(2/5) + (0/21)(3/0) = 1/7\%$$

جذب آب متوسط

ضمیمه X₂ - روابط بین وزن مخصوص ها و جذب آب مطابق روشهای استاندارد آزمایش C127 و C128 ASTM:

(X₂ - 1) فرض می کنیم :

S_d = وزن مخصوص حقیقی

S_s = وزن مخصوص حقیقی اشباع با سطح خشک (SSD)

S_a = وزن مخصوص ظاهری

A = جذب آب بر حسب درصد

(X₂ - 2) به این ترتیب داریم :

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (1)$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (2)$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1 + \frac{A}{100}}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad \text{یا (2a)}$$



$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1 \right) \times 100 \quad (3)$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_a (S_s - 1)} \right) \times 100 \quad (4)$$

استاندارد ASTM:C128-97

روش استاندارد آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های ریز

۱- هدف

۱-۱) این روش آزمایش برای تعیین وزن مخصوص حقیقی و ظاهری در دمای ۲۳ درجه سانتیگراد ($73/4^{\circ}F$) و جذب آب سنگدانه‌های ریز به کار می‌رود.

۱-۲) در این روش آزمایش وزن مخصوص حقیقی و ظاهری (بعد از ۲۴ ساعت در آب) مطابق تعاریف اصطلاحات E12، وزن مخصوص حقیقی بر اساس وزن سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک و جذب آب مطابق تعاریف C125 تعیین می‌شود.

یادآوری ۱ - کمیته فرعی در نظر دارد استانداردهای C127 و C128 را اصلاح کند که از عبارت "دانسیتته" بجای "وزن مخصوص" به ترتیب برای سنگدانه‌های درشت و ریز استفاده شود.

۱-۳) واحدهای ذکر شده در سیستم SI بعنوان استاندارد در نظر گرفته شده است.

۱-۴) این استاندارد تمام مسائل ایمنی مربوط به کاربرد این روش را بازگو نمی‌کند. این عمل بر عهده آزمایش کننده است که تمام موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت نموده و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آن را مشخص نماید.

۲- مراجع عبارتند از

۲-۱) استانداردهای ASTM:

C29/C29M روش آزمایش تعیین وزن واحد حجم و فضای خالی سنگدانه‌ها

C 70 روش آزمایش تعیین رطوبت سطحی سنگدانه‌های ریز

C125 تعاریف مربوط به بتن و سنگدانه‌های بتن

C127 روش آزمایش تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت

C188 روش آزمایش تعیین دانسیته سیمان هیدرولیکی

C566 روش آزمایش تعیین مقدار رطوبت کل سنگدانه‌ها بوسیله خشک کردن

C670 دستورالعمل تعیین محدوده دقت و انحراف برای روش‌های آزمایش مصالح ساختمانی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

- C۷۰۲ دستورالعمل کاهش مقدار نمونه سنگدانه به مقدار مورد نیاز آزمایش
D ۷۵ دستورالعمل نمونه گیری سنگدانه ها
E ۱۲ تعاریف دانسیته و وزن مخصوص در ارتباط با جامدات، مایعات و گازها
E۳۸۰ دستورالعمل کاربرد سیستم بین المللی واحدها (SI) (سیستم متریک جدید)
AASHTO (۲-۲) استانداردهای
AASHTO-T84 وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه های ریز

۳- اهمیت و کاربرد

۱-۳) وزن مخصوص حقیقی مشخصه عمومی است که برای محاسبه حجم اشغال شده توسط سنگدانه ها در مخلوط های مختلف دارای سنگدانه شامل بتن و آسفالت و مخلوط های دیگری که بر اساس حجم مطلق طرح می شوند، بکار برده می شود. این کمیت همچنین برای محاسبه فضاهای خالی سنگدانه در روش آزمایش C29 و تعیین رطوبت سنگدانه بر اساس جایجایی آب در روش آزمایش C70 مورد استفاده قرار می گیرد. وزن مخصوص حقیقی که بر اساس سنگدانه های اشباع با سطح خشک تعیین می شود، هنگامی بکار می رود که سنگدانه مرطوب باشد یعنی جذب آب آن مناسب باشد. بر عکس وقتی سنگدانه خشک باشد یا فرض شود که خشک است برای محاسبه از وزن مخصوص حقیقی (خشک شده در اون) استفاده می شود.

۲-۳) وزن مخصوص ظاهری به دانسیته نسبی مواد جامد سازنده ذرات مربوط می شود و شامل فضای خالی داخل ذرات که آب می تواند در آنها وارد شود، نخواهد بود. این کمیت در ارتباط با تکنولوژی سنگدانه های ساختمانی کاربرد زیادی ندارد.

۳-۳) کمیت جذب آب برای محاسبه تغییرات وزن سنگدانه در اثر جذب آب در حفرات خالی ذرات آن هنگامی که سنگدانه به اندازه کافی در مجاورت آب قرار گرفته و عمده جذب انجام شده باشد، در مقایسه با شرایط خشک، بکار می رود. در آزمایشگاه برای تعیین جذب آب، سنگدانه های خشک را به مدت ۲۴ ساعت در آب قرار می دهند. سنگدانه هایی که از معادن زیر آب استخراج می شوند، در صورتیکه اجازه داده نشود خشک شوند، ممکن است درصد جذب آب بالاتری داشته باشند. بر عکس درصد رطوبت بعضی سنگدانه ها در هنگام استفاده ممکن است کمتر از رطوبت شرایط مستغرق ۲۴ ساعته باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

برای سنگدانه‌ای که در تماس با آب است و روی سطح آن رطوبت آزاد وجود دارد، درصد رطوبت آزاد را می‌توان از کسر کردن مقدار جذب آب از کل رطوبت تعیین شده با آزمایش C566، بدست آورد.

۴ - وسایل مورد نیاز

۱-۴) ترازو: یک ترازو به ظرفیت ۱ کیلوگرم یا بیشتر و حساسیت 0.1 گرم یا کمتر و با دقتی در حدود 0.1 درصد بار وارده در آزمایش در هر نقطه از محدوده دامنه کاربرد برای این آزمایش.

۲-۴) چگالی سنج (پیکنومتر): بالن یا ظرف مناسب دیگری که نمونه سنگدانه ریز مورد آزمایش در آن ریخته می‌شود و دقت قرائت حجم آن $0.1 \pm$ سانتیمتر مکعب می‌باشد. بیشترین حجم قابل قرائت این ظرف باید حداقل ۵۰ درصد بیش از فضای لازم برای جایگیری نمونه آزمایش باشد. یک بالن مدرج به ظرفیت ۵۰۰ سانتیمتر مکعب برای نمونه ۵۰۰ گرمی سنگدانه‌های ریز مناسب می‌باشد. بالن لوشاتلیه که در C188 تشریح شده است، برای نمونه‌ای به وزن تقریبی ۵۵ گرم قابل استفاده خواهد بود.

۳-۴) قالب: یک قالب فلزی بشکل مخروط ناقص با قطر داخلی 3 ± 40 میلیمتر در بالا و 3 ± 90 میلیمتر در پائین و ارتفاع 3 ± 75 میلیمتر از فلزی که حداقل 0.8 میلیمتر ضخامت داشته باشد.

۴-۴) کوبه (چکش مخصوص) - یک میله فلزی به وزن 15 ± 340 گرم، دارای یک سر تخت دایره‌ای بتقطر 25 ± 3 میلیمتر

۵ - نمونه برداری

۱-۵) نمونه برداری بایستی بر طبق دستور العمل D75 انجام گردد.

۶ - آماده سازی نمونه

۱-۶) حدود یک کیلوگرم از سنگدانه ریز را که با روش شرح داده شده در دستور العمل C702 تهیه شده، انتخاب کنید. ۱-۱-۶) نمونه را در ظرف مناسبی قرار دهید و تا رسیدن به وزن ثابت در دمای $(9 \pm 230) \pm 5$ درجه سانتیگراد خشک نمایید. بگذارید نمونه به اندازه‌ای سرد شود که بتوان آنرا به آسانی با دست جابه‌جا نمود، نمونه را در آب مستغرق نموده یا ۶ درصد رطوبت به سنگدانه ریز اضافه کرده و آنرا بمدت 4 ± 24 ساعت در این حالت نگه دارید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۱-۲) هرگاه مقادیر جذب آب و وزن مخصوص برای طرح مخلوط بتن بکار روند و در آن سنگدانه‌ها در شرایط رطوبت طبیعی باشند، به جای بند ۶-۱-۱ می‌توان از خشک نمودن اولیه نمونه برای رسیدن به وزن ثابت صرف‌نظر کرد و حتی اگر سطوح سنگدانه‌هایی که در ساخت بتن بکار می‌روند مرطوب باشند، می‌توان از خیساندن نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت نیز صرف‌نظر کرد.

یادآوری ۲) مقادیر جذب آب و وزن مخصوص در شرایط اشباع با سطح خشک ممکن است برای سنگدانه‌ای که قبل از خیساندن در گرمخانه خشک نشده بطور قابل توجهی بالاتر از سنگدانه مشابه‌ای باشد که در بند ۶-۱-۱ قید گردیده است.

۶-۲) آب اضافی موجود در ظرف را با دقت طوری خالی نمائید که مواد ریز بیرون ریخته نشود. نمونه را روی یک سطح صاف که جاذب رطوبت نباشد پهن کرده و جریان هوای گرم را از روی آنها عبور دهید و آنرا گاهی بهم بزنید تا دانه‌ها بطور یکنواخت خشک گردند. در صورت تمایل برای رسیدن به شرایط اشباع با سطح خشک می‌توان از روش‌های مکانیکی نظیر غلتاندن و هم زدن، استفاده کرد. این عمل را تا زمانی که نمونه به حالت جریان آزاد در آید ادامه دهید. با استفاده از روشی که در بند ۶-۲-۱) گفته شده است، می‌توان وجود و یا عدم وجود رطوبت سطحی در اجزاء سنگدانه‌های ریز را تعیین نمود. بهتر است که در اولین آزمایش مخروط مقداری رطوبت سطحی در نمونه وجود داشته باشد. خشک کردن نمونه‌ها را با بهم زدن مداوم ادامه دهید و در فواصل متناوب آزمایش مخروط را تکرار نمائید تا از رسیدن به شرایط اشباع با سطح خشک اطمینان حاصل کنید. اگر در اولین آزمایش ملاحظه شد که دانه‌ها دارای رطوبت سطحی نمی‌باشند، می‌توان نتیجه گرفت که دانه‌ها از شرایط اشباع با سطح خشک گذشته‌اند. در این حالت چند میلی لیتر آب را با ریزدانه مخلوط کرده و نمونه را به مدت ۳۰ دقیقه در محفظه سرپوشیده‌ای قرار دهید. سپس مراحل خشک کردن و آزمایش مخروط را تا حصول شرایط مطلوب ادامه دهید.

۶-۲-۱) آزمایش مخروط برای بررسی رطوبت سطحی - قالب مخروطی را از طرف قطر بزرگتر روی یک سطح افقی که جاذب رطوبت نباشد، قرار دهید. قسمتی از ریزدانه نسبتاً خشک را بحالت شل در قالب بریزید تا از قالب سرریز کرده و قدری روی آن انباشته شود. قالب را با دست نگه داشته و با کوبه، ریزدانه داخل قالب را با ۲۵ ضربه بکوبید. برای هر ضربه باید میله از (۰/۲۱۳) ۵ میلیمتری بالای سطح فوقانی ریزدانه به حالت سقوط آزاد روی آن رها شود. پس از کوبیدن، ماسه شل روی قالب را کنار زده و قالب را بطور عمودی بالا بکشید. اگر هنوز رطوبت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

سطحی وجود داشته باشد سنگدانه ریز همچنان به شکل قالب باقی می ماند و هنگامی که سنگدانه ریز کمی ریزش نماید، مشخص می شود که به شرایط سطح خشک رسیده است. برخی از سنگدانه های ریز گوشه دار یا مصالحی با ریزدانه زیاد ممکن است وقتی به حالت اشباع با سطح خشک می رسند ریزش نکنند. این حالتی است که اگر یک مشت ماسه از ارتفاع ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتری مخروط آزمایش روی سطح آن ریخته شود، ذرات ریز در اثر عبور هوا از هم جدا می شوند. (become airborne). برای این نوع مصالح شرایط اشباع با سطح خشک وقتی در نظر گرفته می شود که یک نقطه از یک طرف سنگدانه های ریز موقع بالا بردن آرام قالب ریزش نماید. یادآوری ۳) معیارهای زیر در مورد مصالحی که به آسانی ریزش نمی کنند به کار برده می شوند:

۱- آزمایش مشروط مخروط: قالب مخروطی را همانند آنچه در بند ۶-۲-۱ توضیح داده شد، پر کرده و فقط ۱۰ ضربه وارد کنید. سنگدانه های ریز بیشتری اضافه کرده و دوباره ۱۰ ضربه وارد کنید. سپس در دو مرحله دیگر مصالحی اضافه کرده و به ترتیب ۳ و ۲ ضربه وارد کنید. مصالح بالای قالب را صاف کرده و مصالح شل را از اطراف برداشته و قالب را در راستای قائم حرکت دهید.

۲- آزمایش مشروط سطح: اگر جدا شدن سنگدانه های ریز در اثر عبور هوا (air borne) مورد توجه هستند وقتی ذرات ریزاز همدیگر جدا می شوند و در آن شرایط رطوبت ریزش اتفاق نمی افتد، رطوبت بیشتری به ماسه اضافه کنید و در اولین حالت سطح خشک (Surface - day) حدود ۱۰۰ گرم از مصالح را با دست به آرامی روی یک سطح صاف، خشک، تمیز، سیاه یا یک سطح غیر جاذب مانند یک ورق لاستیک، یک سطح اکسید شده، گالوانیزه شده، یا سطح استیل، یا یک فلز که با رنگ سیاه رنگ آمیزی شده بریزید. بعد از ۱ تا ۳ ثانیه سنگدانه های ریز را جابجا کنید. اگر رطوبت قابل توجهی روی سطح آزمایش برای بیش از ۱ تا ۲ ثانیه مشاهده شد، این نشان دهنده رطوبت سطحی روی سنگدانه های ریز است.

۳- Colorimetric procedures described by Kandhal and lee, Highway Research Record No.307,P.44.

۴- اگر مصالحی تک اندازه بوده و در حالت مرطوب بریزد، برای دستیابی به شرایط اشباع با سطح خشک می توان از دستمال کاغذی (حوله) برای خشک کردن استفاده نمود، این وضعیت وقتی حاصل می شود که پس از آن، حوله قادر به جدا کردن رطوبت از سطوح ذرات سنگدانه ریز نباشد.

۷- روش انجام آزمایش

۱-۲) تمام اوزان را با دقت ۰/۱ گرم اندازه گیری و یادداشت نمایید .

۲-۲) قسمتی از پیکنومتر را از آب پر کرده و 10 ± 500 گرم سنگدانه ریز که اشباع با سطح خشک است و طبق بند ۶ آماده گردیده است را در آن بریزید. آنگاه مجدداً به پیکنومتر تا حدود ۹۰ درصد حجم آن آب اضافه نمایید. پیکنومتر را بغلطانید، سر و ته نموده و تکان دهید تا حبابهای هوای آن از بین بروند. (به یادآوری ۴ توجه کنید) پیکنومتر را توسط یک عامل خارجی مرتعش نمایید، بنحوی که ماهیت نمونه تغییر نکند. روش ارتعاش مکانیکی بایستی بنحوی باشد که از محتویات پیکنومتر نگاهد و آنرا هواگیری کند. یک دستگاه همزن مکانیکی وقتی قابل قبول است که تغییرات نتایج آزمایشهای مقایسه‌ای در طی هر شش ماه استفاده کمتر از محدوده قابل قبول دو نتیجه (d2S) که از بهم زدن دستی بر روی همان نمونه بدست آمده است، باشد. این نتایج در جدول (۱) ارائه شده است. باید دقت گردد که دمای آزمایش در محدوده $(73/4 \pm 3^\circ F)$ یا $(1/7 \pm 23^\circ C)$ ثابت نگهداشته شود. برای ثابت نگه داشتن دما می‌توان در صورت لزوم پیکنومتر را در ظرف آب مخصوصی قرار داد. پیکنومتر را تا خط نشانه آن پر از آب کرده و وزن کل پیکنومتر حاوی آب و نمونه را تعیین نمایید .

یادآوری ۴) برای خروج حبابهای هوادر روش دستی معمولاً مدت ۱۵ تا ۲۰ دقیقه وقت لازم است. نوک یک دستمال کاغذی را در داخل پیکنومتر فرو ببرید تا کفی را که بعضی اوقات هنگام خروج هوا بوجود می‌آید از بین ببرد. کمی الکل ایزوپروپیل رامی‌توان برای پخش این کف به کار برد. هیچ یک از این مراحل نباید در روشهای توضیح داده شده در بخش ۷-۲-۱ بکار رود .

۲-۲-۱) بجای توزین به روش بند ۷-۲ مقدار آب لازم برای برگردن پیکنومتر در دمای مورد نظر را نیز میتوان بطور حجمی با استفاده از یک بورت مدرج با دقت ۰/۱۵ میلی لیتر تعیین نمود و وزن کل پیکنومتر، نمونه و آب را از رابطه زیر محاسبه کرد :

$$C = 0.9975V_a + S + W$$

که در آن :

C = وزن پیکنومتر با نمونه و آب تا خط نشانه بر حسب گرم .

V_a = حجم آب اضافه شده به پیکنومتر بر حسب میلی لیتر .

S = وزن نمونه اشباع با سطح خشک بر حسب گرم .

W = وزن پیکنومتر خالی بر حسب گرم .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۲-۷) روش دیگر توزین بجای روش بند ۷-۲ استفاده از بالن لوشاتلیه است. بالن را تا نقطه بین صفر و یک میلی لیتر روی گلوگاه ظرف پر از آب کنید. اولین قرائت را در شرایطی که دما در محدوده $(73/4 \pm 3^\circ F)$ $23 \pm 1/7^\circ C$ نگهداشته شده، یادداشت نمایید. آنگاه 55 ± 5 گرم سنگدانه ریز اشباع با سطح خشک (و یا هر مقدار مورد نیاز دیگر که سطح آب را به درجه بندی فوقانی برساند) را داخل بالن بریزید. پس از آنکه همه سنگدانه ریزه داخل آن ریخته شد، درب بالن را ببندید و آنرا در حالت مایل بغلطانید و یا به آرامی به صورت یک دایره افقی حرکت دهید تا تمامی هوای حبس شده بین ذرات از آن خارج شود، بطوریکه دیگر هیچ حبابی به سطح نیاید (یادآوری ۵) سپس قرائت نهائی را یادداشت نمایید. در این حالت اختلاف دمای اولیه و دمای موجود باید حداکثر یک درجه سانتیگراد $(1/8^\circ F)$ باشد.

یادآوری ۵) زمانیکه از روش لوشاتلیه (Le chatelier) استفاده می‌گردد، ممکن است که برای خروج حبابهای ریز هوا که بر روی سطح آب پدیدار می‌شوند، مقداری الکل ایزوپروپیل (کمتر از یک میلی لیتر) استفاده شود، که در این حالت مقدار حجم الکل مورد استفاده از قرائت نهائی (R_2) کم می‌شود.

۳-۷) سنگدانه‌های ریز را از پیکنومتر بیرون آورده و آنرا در دمای $(230 \pm 9^\circ F)$ $110 \pm 5^\circ C$ خشک نمائید تا به وزن ثابت برسد. آنگاه به مدت $1 \pm 1/4$ ساعت در دمای محیط سرد نموده و آنرا وزن نمائید.

۱-۳-۷) در صورت استفاده از بالن لوشاتلیه، استفاده از یک نمونه دیگر برای تعیین جذب آب الزامی می‌باشد. برای این منظور نمونه‌ای به وزن 500 ± 10 گرم در حالت اشباع با سطح خشک را تا رسیدن به وزن ثابت خشک نموده و آنرا مجدداً وزن نمائید.

۴-۷) وزن پیکنومتر پر شده با آب تا خط نشانه در دمای $(73/4 \pm 3^\circ F)$ $23 \pm 1/7^\circ C$ را تعیین نمائید.

۷-۴-۱) روش دیگر بجای وزن کردن در بند ۷-۴ این است که مقدار آب مورد نیاز برای پر کردن پیکنومتر خالی در دمای مورد نظر را از طریق حجمی با بکار بردن یک بورت مدرج با دقت $0/15$ میلی لیتر بدست آورد. وزن پیکنومتر پر شده با آب از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$B = 0/9975V + W \quad (2)$$

که در آن:

B = وزن بالن پر شده از آب بر حسب گرم

V = حجم بالن بر حسب میلی لیتر

W = وزن بالن خالی بر حسب گرم

۸- وزن مخصوص حقیقی

۸-۱) وزن مخصوص حقیقی در دمای 23°C ($73/4^{\circ}\text{F}$) به شرحی که در E_{12} تعریف شده از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد:

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{A}{B+S-C} \quad (3)$$

که در آن:

A = وزن سنگدانه خشک شده در گرمخانه بر حسب گرم

B = وزن پیکنومتر پر شده از آب بر حسب گرم

S = وزن نمونه اشباع با سطح خشک بر حسب گرم

C = وزن پیکنومتر محتوی نمونه و آب تا خط نشانه بر حسب گرم

۸-۱-۱) در صورت استفاده از بالن لوشاتلیه، وزن مخصوص حقیقی در دمای 23°C از رابطه ذیل بدست می‌آید:

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S} \right)}{0.9975(R_2 - R_1)} \quad (4)$$

که در آن:

R_1 = فرائت اولیه تراز سطح آب در بالن لوشاتلیه

R_2 = فرائت نهائی تراز سطح آب در بالن لوشاتلیه و

S_1 = وزن نمونه اشباع با سطح خشک مورد استفاده در بالن لوشاتلیه بر حسب گرم.

۹- وزن مخصوص حقیقی (در حالت اشباع با سطح خشک)

۹-۱) وزن مخصوص حقیقی در دمای 23°C ($73/4^{\circ}\text{F}$) بر اساس وزن سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد:

$$\text{وزن مخصوص حقیقی} = \frac{S}{B+S-C} \quad (5)$$

(اشباع با سطح خشک)

۹-۱-۱) در صورت استفاده از بالن لوشاتلیه وزن مخصوص حقیقی در دمای 23°C بر اساس سنگدانه‌های اشباع با سطح خشک، به طریق ذیل محاسبه می‌شود:

$$\text{وزن مخصوص حقیقی (اشباع با سطح خشک)} = \frac{S_1}{0.9975 (R_2 - R_1)} \quad (6)$$

۱۰- وزن مخصوص ظاهری

۱۰-۱) وزن مخصوص ظاهری در 23°C ($73/4^{\circ}\text{F}$) بشرحی که در E۱۲ تعریف شده از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد:

$$\text{وزن مخصوص ظاهری} = \frac{A}{B+A-C} \quad (7)$$

۱۱- جذب آب

۱۱-۱) درصد جذب آب بشرحی که در C۱۲۵ تعریف شده از رابطه ذیل محاسبه می‌گردد

$$\text{درصد جذب آب} = \left(\frac{S-A}{A} \right) \times 100$$

۱۲- گزارش

۱۲-۱) نتایج وزن مخصوص‌ها با دقت $0.1/0$ و جذب آب با دقت $0.1/1$ درصد گزارش شود. در ضمیمه روابط ریاضی بین سه نوع وزن مخصوص و جذب آب داده شده است، این اطلاعات در کنترل اعداد گزارش و یا محاسبه مقداری که با استفاده از دیگر اطلاعات بدست نیامده مفید می‌باشند.

۱۲-۲) در صورتیکه سنگدانه ریز با رطوبت طبیعی غیر از خشک شدن در گرمخانه و ۲۴ ساعت خیس شدن مورد آزمایش قرار گرفته باشد، باید محل نمونه برداری و روش بکار برده شده برای جلوگیری از خشک شدن نمونه قبل از آزمایش، گزارش گردد.

۱۳- دقت و خطا

۱۳-۱) تخمین دقت این روش آزمایش بر اساس نتایج

AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Sample Program

در جدول (۱) آورده شده است و آزمایش‌ها با این روش و روش AASHTO T84 انجام شده است. اختلاف عمده بین روش‌ها این است که در روش C128 زمان اشباع 24 ± 4 ساعت بوده در حالیکه در روش T84 این زمان ۱۵ تا ۱۹ ساعت می‌باشد. مشخص شده است که این اختلاف اثر عمده‌ای بر اندیس دقت ندارد. این اطلاعات از آنالیز بیش از ۱۰۰ جفت نتایج آزمایش در ۴۰ تا ۱۰۰ آزمایشگاه حاصل شده است.

۱۳-۲) چون برای اندازه‌گیری خطای این روش مرجع مناسب و قابل قبولی وجود ندارد، در مورد خطا هیچگونه اظهار نظری نشده است.

۱۴- لغات کلیدی

۱۴-۱) جذب آب، سنگدانه، سنگدانه ریز، وزن مخصوص

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۱: دقت

	انحراف استاندارد (1 S) ^A	محدوده قابل قبول دو نتیجه (D2 S) ^A
دقت یک اپراتور:		
وزن مخصوص حقیقی (در حالت خشک)	۰/۰۱۱	۰/۰۳۲
وزن مخصوص حقیقی (در حالت اشباع با سطح خشک)	۰/۰۰۹۵	۰/۰۲۷
وزن مخصوص ظاهری	۰/۰۰۹۵	۰/۰۲۷
^B جذب آب (درصد)	۰/۱۱	۰/۳۱
دقت چندین آزمایشگاه:		
وزن مخصوص حقیقی (در حالت خشک)	۰/۰۲۳	۰/۰۶۶
وزن مخصوص حقیقی (در حالت اشباع با سطح خشک)	۰/۰۲۰	۰/۰۵۶
وزن مخصوص ظاهری	۰/۰۲۰	۰/۰۵۶
^B جذب آب (درصد)	۰/۲۳	۰/۶۶

A: این اعداد به ترتیب محدوده‌های (1S) و (D2S) را که در روش C۶۷۰ توضیح داده شده، بیان می‌کنند. آنالیز تخمین دقت از ترکیب

داده‌های AASHTO Materials Reference Laboratory Reference Sample Program

از آزمایشگاههایی که از روش ۱۵ تا ۱۹ ساعت اشباع استفاده کرده‌اند و سایر آزمایشگاهها که روش 22 ± 4 ساعت اشباع را به کار برده‌اند، تعیین شده است. آزمایش بر روی وزن معمول سنگدانه‌ها انجام شده و از وضعیت در اون خشک شده سنگدانه‌ها شروع می‌شود.

B: تخمین میزان دقت بر روی سنگدانه‌هایی است که جذب آب کمتر از یک درصد دارند و ممکن است برای مصالح سنگی ریز مصنوعی تولید شده و مصالح سنگی ریز که درصد جذب آب آنها بیش از یک درصد است، متفاوت باشد.

ضمیمه
(اطلاعات غیر ضروری)

X₁: روابط بین وزن مخصوص ها و جذب آب مطابق تعاریف روشهای آزمایش C127 و C128

X₁-1: فرض می کنیم:

S_d=وزن مخصوص حقیقی (باسنگدانه های خشک)

S_s=وزن مخصوص حقیقی اشباع با سطح خشک (SSD)

S_a=وزن مخصوص ظاهری

A=درصد جذب آب

به این ترتیب خواهیم داشت:

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (1)$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (2)$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1 + \frac{A}{100}}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad \text{یا (2a)}$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1\right) \times 100 \quad (3)$$

$$A = \left(\frac{(S_a - S_s)}{S_a (S_s - 1)}\right) \times 100 \quad (4)$$



ASTM : C ۱۳۱

روش استاندارد آزمایش تعیین مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح سنگی درشت دانه توسط ماشین لوس آنجلس

۱- هدف

۱-۱- این استاندارد روش آزمایش تعیین مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح سنگی درشت دانه بقطر کوچکتر از ۳۷/۵ میلیمتر ($\frac{1}{4}$) اینچ را با استفاده از دستگاه لوس آنجلس فراهم می‌سازد.

توجه ۱- روش آزمایش مصالح درشت تر از ($\frac{3}{4}$) اینچ (۱۹ میلیمتر) در روش آزمایش C5۳۵ آمده است.

۲- مدارک مرجع

۱-۲- استانداردهای ASTM :

C۱۳۶- روش آزمایش دانه بندی مصالح سنگی ریز و درشت

C5۳۵- روش آزمایش مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح درشت با استفاده از دستگاه لس آنجلس

C۶۷۰- دستورالعمل تهیه دقت و خطای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

CV۰۲- دستورالعمل تقلیل دادن نمونه‌های صحرایی مصالح دانه ای به اندازه مناسب جهت اجرای آزمایش

DV۵- دستورالعمل نمونه برداری مصالح دانه‌ای

E۱۱- تعیین مشخصات الک های سیمی به منظور اهداف آزمایش

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- آزمایش لس آنجلس اندازه گیری جداشدن کانیهای مصالح سنگی با دانه بندی استاندارد در نتیجه سایش یا خراش در یک استوانه فولادی چرخشی شامل تعدادی کره فولادی مشخص ، تعداد کره ها بستگی به دانه بندی مصالح سنگی دارد ، می باشد. آنچه‌آنکه استوانه می چرخد ، یک صفحه پره ای نمونه و کره های فولادی را بالا میبرد. آنها را به اطراف پرت میکند تا در جهت دیگر استوانه فرو افتاده و در اثر ضربه خردشدگی ایجاد مینماید. محتویات سپس در اطراف استوانه با سایش و خراش می چرخد تا با پره های دستگاه برخورد نماید و این دور تکرار میشود. بعد از تعداد چرخش های از قبل تعریف شده محتویات از استوانه خارج شده و مصالح سنگی برای اندازه گیری جدا شده ها به عنوان درصد افت الک می شوند.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- آزمایش لس آنجلس به عنوان نشانه ای از کیفیت نسبی یا برابری منابع مصالح سنگی مختلف که دارای ترکیبات معدنی مشابه هستند به کار می رود نتایج به طور اتوماتیک مقایسه قانونی بین منابع بوضوح متفاوت از نظر منشاء و ترکیب و ساختار را میسر میسازد. حدود مشخصه براساس این آزمایش باید با دقت اضافی



در ملحوظ داشتن انواع مصالح سنگی در دسترس، مشخص گردد و تاریخچه عملکردشان در کاربردهای انتهایی مشخص گردد.

۵- وسایل آزمایش

۵-۱- ماشین لس آنجلس - ماشین آزمایش لس آنجلس از قطعات اساسی که در طرح شماره ۱ نشان داده شده تشکیل یافته که برای آزمایش باید مورد استفاده قرار گیرد. ماشین از استوانه فولادی توخالی از دو طرف مسدود بقطر داخلی 28 ± 0.2 اینچ (711 ± 5 میلیمتر) و طول داخلی 20 ± 0.2 اینچ (508 ± 5 میلیمتر) تشکیل شده است. استوانه متصل به محوری است که به دو انتهای استوانه وصل شده اما داخل آن نمی شود و باید بگونه‌ای سوار شود که بتواند حول محور افقی با شیب یک به صد به چرخش در آید. استوانه، دارای دریچه ای است که نمونه آزمایش به آن داخل می شود. با پیچهایی یک پوشش مناسب برای جلوگیری از خروج گرد و غبار فراهم گردد. دریچه مزبور بایستی طوری طراحی گردد که در هنگام آزمایش، وزنه های داخلی بر روی آن سقوط ننمایند و اصولاً با آن تماس پیدا نکنند.

دستگاه دارای تیغه فولادی قابل تعویض است که طول آن به اندازه استوانه و عرض آن $3/5 \pm 0.1$ اینچ (89 ± 2 میلیمتر) است که در قسمت داخل سطح استوانه ای نصب می شود بگونه ای که یک صفحه هم مرکز می شود بین صفحات بزرگ که با صفحه محوری روی هم قرار می گیرند.

پره باید ضخیم باشد و با پیچها یا وسایل مناسب دیگر بگونه ای نصب شود که محکم و صلب باشد موقعیت پره باید چنان باشد که فاصله از پره تا دریچه بر روی محیط خارجی استوانه در جهت چرخش کمتر از ۵۰ اینچ ($127/1$ متر) باشد.

توجه ۲- استفاه از پره های فولادی مقاوم و مستطیلی شکل که به طور مستقل از دریچه نصب شده اند ترجیح داده می شود.

گرچه یک پره ترجیحاً یک قسمتی از نبشی است که در قسمت داخلی صفحه دریچه نصب شده و جهت چرخش آن طوری است که وزنه توسط رویه خارجی نبشی گرفته می شود. اگر تیغه از شکل اصلی خارج شده باشد که ملزومات داده شده در بند ۲-۱ X ضمیمه بر آورده ننماید بایستی تعویض یا نسبت به رفع نقص آن اقدام نمود.

۵-۱-۱- ماشین باید بگونه ای حرکت نماید و چنان متعادل گردد که سرعت دور از مرکز را بطور قابل توجهی یکنواخت نگه دارد. (توجه ۳) اگر نبشی به عنوان پره استفاده شود جهت چرخش آن باید بگونه ای باشد که وزنه توسط سطح خارجی نبشی گرفته شود.

توجه ۳- پس زدن یا شیب مکانیزم رانش مشابه با نتایج آزمایش تجهیز است که توسط ماشینهای لس آنجلس دیگر که سرعت دور از مرکز ثابتی ایجاد می نمایند، تکرار نشده است.



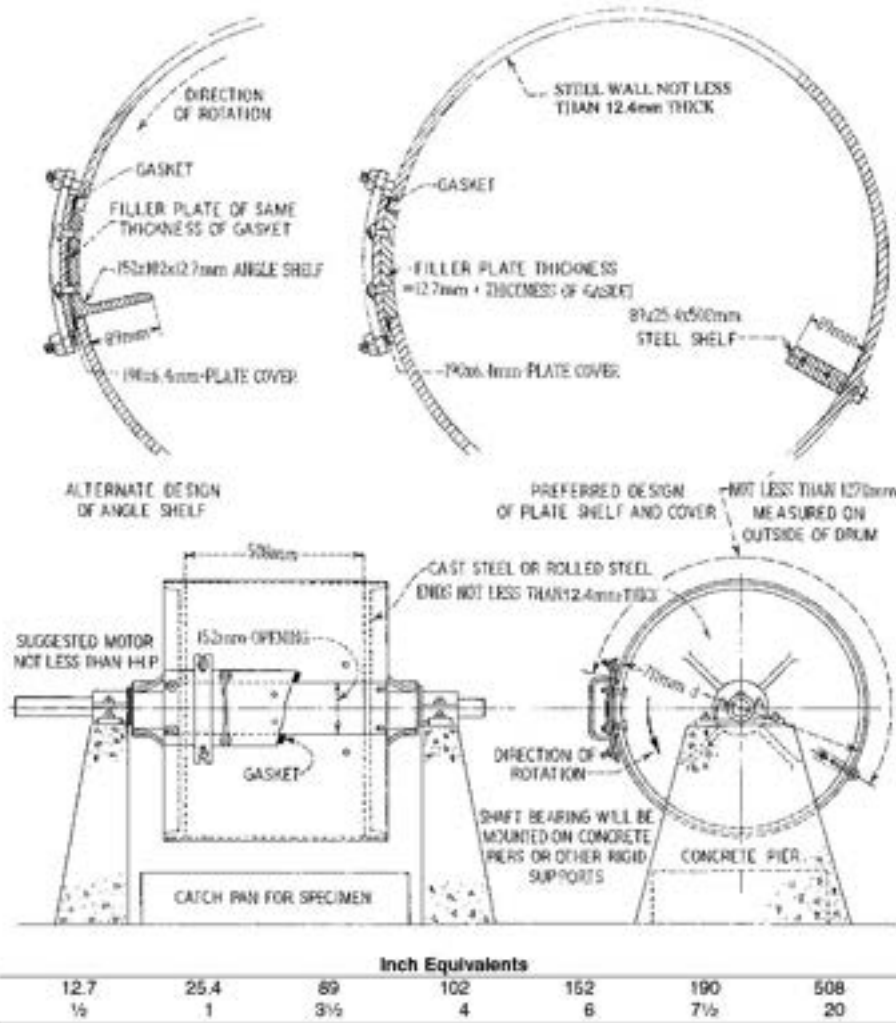
۲-۵- الکترا، طبق مشخصات E11

۳-۵- ترازو - ترازو یا قیان با حساسیت ۰/۱٪ بیش از بارلازم در محدوده آزمایش

۴-۵- وزنه - وزنه باید شامل گلوله های کروی فولادی با قطر میانگین تقریبی $1\frac{27}{32}$ اینچ (۴۶/۸ میلیمتر) باشد و وزن آنها بین ۳۹۰ تا ۴۴۵ گرم می باشد.

۱-۴-۵- وزنه های فولادی براساس دانه بندی نمونه آزمایش که در بخش ۷ تشریح شده بشرح زیر میباشد.

وزن سربار (گرم)	تعداد گلوله های کروی	نوع دانه بندی
۵۰۰۰±۲۵	۱۲	A
۴۵۸۴±۲۵	۱۱	B
۳۳۳۰±۲۰	۸	C
۲۵۰۰±۱۵	۶	D



شکل ۱ - ماشین آزمایش لوس آنجلس



توجه ۴- گلوله های کرومی فولادی به قطر $\frac{13}{16}$ اینچ (۶۶ میلیمتر) و $\frac{7}{8}$ اینچ (۴۷/۶ میلیمتر) به وزن تقریبی هریک به ترتیب ۴۰۰ و ۴۴۰ گرم در دسترس است. گلوله های فولادی به قطر $\frac{27}{32}$ اینچ (۴۶/۸ میلیمتر) و وزن تقریبی ۴۲۰ گرم ممکن است همچنین در دسترس باشد. وزنه ها ممکن است عامل ترکیبی از این اندازه ها باشند که تولرانس های وزنی بند ۵-۴ و ۵-۴-۱ را شامل شود.

۶- نمونه گیری

نمونه صحرائی باید مطابق با دستورالعمل D 75 بدست آید و مطابق با روش CV 02 به اندازه آزمایش کاسته شود.

۷- نمونه آزمایش

۷-۱- نمونه آزمایش باید شسته شده و در اون با دمای ۲۲۱ تا ۲۳۰ درجه فارنهایت (۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد) تا رسیدن به وزن ثابت خشک شود. (توجه ۵) به قسمتهای با قطر هم اندازه تقسیم شود و مطابق با دانه بندی جدول ۱ که متناظر با اندازه مصالح سنگی که باید آزمایش شود مجدداً ترکیب گردد. وزن نمونه قبل از آزمایش باید با تقریب یک گرم گزارش شود.

۸- روش آزمایش

۸-۱- نمونه آزمایش و گلوله ها را در ماشین آزمایش لس آنجلس قرار دهید و ماشین را با سرعت ۳۰ تا ۳۳ دور در دقیقه برای ۵۰۰ دور چرخش بچرخانید. بعد از تعداد دورهای تعیین شده مصالح را از ماشین خارج کنید و ابتدا نمونه را روی الک درشت ار از $\frac{1}{7}$ میلیمتر (نمره ۱۲) عبور داده و بخش ریزالک $\frac{1}{7}$ میلیمتر را مطابق با روش C 136 الک کنید. مصالح درشت تر از الک $\frac{1}{7}$ میلیمتر را بشوئید. (توجه ۵) و در اون در دمای ۲۲۱ تا ۲۳۰ درجه فارنهایت (۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد) تا وزن ثابت خشک کنید و با دقت ۱ گرم وزن نمائید. (توجه ۶)

توجه ۵- اگر اساساً مصالح سنگی عاری از گرد و غبار و مواد چسبنده هستند شستن نمونه قبل و بعد از آزمایش حذف گردد. حذف شستن بعد از آزمایش بندرت افت اندازه گیری شده را در حدود بیش از ۰/۲٪ و وزن اولیه نمونه کاهش می دهد.

توجه ۶- اطلاعات با ارزشی از لحاظ یکنواختی نمونه مورد آزمایش با تعیین افت بعد از ۱۰۰ دور بدست می آید. این افت باید بدون شستن مصالح درشت تر از الک $\frac{1}{7}$ میلیمتر تعیین شود. نسبت افت بعد از ۱۰۰ دور به افت بعد از ۵۰۰ دور برای مصالح با سختی یکنواخت نباید از ۰/۲ تجاوز نماید. وقتی این مقدار تعیین گردید از کم شدن هرقسمتی از نمونه باید جلوگیری شود. کل نمونه شامل گرد و غبار شکسته ها را به ماشین آزمایش برای ۴۰۰ دورنهایی لازم جهت تکمیل آزمایش برگردانید.

۹- محاسبات

۹-۱- افت (اختلاف بین وزن اولیه و وزن نهایی نمونه آزمایش) به عنوان درصدی از وزن اولیه نمونه آزمایش بیان میگردد. این مقدار را به عنوان درصد افت گزارش نمائید.

توجه ۷- درصد افت تعیین شده با این روش هیچگونه رابطه شناخته شده ای با درصد افت همان مصالح که



به روش آزمایش C535 آزمایش شوند ندارد.

۱۰- دقت

۱-۱۰- برای مصالح سنگی درشت با حداکثر اندازه ۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ) با درصد افت های در محدوده ۱۰ تا ۴۵ درصد ضریب چند آزمایشگاهی انحراف $\frac{4}{5}$ درصد می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط دو آزمایشگاه مختلف روی نمونه های یکسان مصالح سنگی درشت دانه بیش از $\frac{12}{7}\%$ از میانگین آنها نباید تفاوت نماید. ضریب انحراف آزمایش کننده تکی ۲ درصد می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش خاص انجام شده توسط یک آزمایش کننده روی مصالح سنگی درشت یکسان نباید بیش از $\frac{5}{7}$ درصد از میانگین آنها تفاوت نماید.

۲-۱۰- انحراف - از آنجائیکه مصالح مرجع مناسبی برای تعیین انحراف این روش مورد قبول نمی باشد هیچ بیان انحرافی انجام نشده است.

جدول ۱- دانه بندی نمونه های آزمایشی

وزن اندازه های نشان داده شده				اندازه چشمه های الک با سوراخ مربعی	
دانه بندی				مانده	گذشته
D	C	B	A		
-	-	-	۱۲۵۰±۲۵	۲۵ mm (۱ اینچ)	۳۷/۵mm ($1\frac{1}{2}$ اینچ)
-	-	-	۱۲۵۰±۲۵	۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۲۵mm (۱ اینچ)
-	-	۲۵۰۰±۱۰	۱۲۵۰±۱۰	۱۲/۵ mm ($\frac{1}{2}$ اینچ)	۱۹ mm ($\frac{3}{4}$ اینچ)
-	-	۲۵۰۰±۱۰	۱۲۵۰±۱۰	۹/۵ mm ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۱۲/۵ mm ($\frac{1}{2}$ اینچ)
-	۲۵۰۰±۱۰	-	-	۶/۳ mm ($\frac{1}{4}$ اینچ)	۹/۵ mm ($\frac{3}{8}$ اینچ)
-	۲۵۰۰±۱۰	-	-	۴/۷۵ mm (نمره ۴)	۶/۳ mm ($\frac{1}{4}$ اینچ)
۵۰۰۰±۱۰	-	-	-	۲/۳۶ mm (نمره ۸)	۴/۷۵ mm (نمره ۴)
۵۰۰۰±۱۰	۵۰۰۰±۱۰	۵۰۰۰±۱۰	۵۰۰۰±۱۰		کل



ASTM : C142

روش استاندارد آزمایش برای تعیین مقدار کلوخه‌های رسی و ذرات ترد در مصالح دانه‌ای

۱- هدف

- ۱-۱- این روش تعیین مقدار کلوخه‌های رسی و ذرات ترد در مصالح دانه‌ای را ارائه می‌کند.
۲-۱- این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در بر نمی‌گیرد. برعهده استفاده کننده‌ز این استاندارد است که دستورالعمل‌های ایمنی مربوط به استفاده از آن قبل از به کارگیری تعیین نماید.

۲- مدارک مورد مراجعه

- ۲-۱- استانداردهای ASTM :
C۳۳- مشخصات مصالح دانه‌ای بتن
C11۷- روش آزمایش استاندارد دانه‌های ریزتراز ۷۵ میکرومتر (الک شماره ۲۰۰) در مصالح معدنی از طریق شستشو
C1۲۵- تعاریف اصطلاحات مربوط به بتن و مصالح دانه‌ای بتن
C۶۷۰- دستورالعمل برای تهیه روش‌های آزمایش مصالح ساختمانی
E۱۱- تعیین مشخصات الک‌های سیمی - پارچه‌ای به منظور اهداف آزمایش

۳- اهمیت و مورد استفاده

- ۳-۱- اهمیت اصلی این روش تعیین مصالح دانه‌ای قابل قبول با توجه به شرایط مشخصات C۳۳ می‌باشد.

۴- وسایل

- ۴-۱- ترازو - یک ترازو یا قبان با دقت تا ۰/۱٪ وزن نمونه آزمایشی در هر حد مورد استفاده
۴-۲- ظروف - ظرفهای مقاوم در مقابل زنگ زدگی به اندازه و شکلی که پخش نمونه را روی کف و در یک لایه نازک امکان‌پذیر سازد.
۴-۳- الک‌ها - الکهای مطابق با مشخصات E۱۱
۴-۴- اون خشک کننده - یک اون با جریان هوای آزاد و با ظرفیت حفظ دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد (230 ± 9 درجه فارنهایت).

۵- نمونه‌ها

- ۵-۱- مصالح دانه‌ای برای این آزمایش بایستی از مصالح باقیمانده آزمایش تکمیل شده مطابق با روش C11۷ باشند برای تامین مقادیر معین شده در بندهای ۳-۵ و ۴-۵ ممکن است لازم شود مصالحی که بیش



از یک آزمایش با روش C117 با هم ترکیب شوند.

۲-۵- مصالح دانه ای بایستی به طور اساسی تا حد وزن ثابت و در دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد (9 ± 230 درجه فارنهایت) خشک شوند.

۳-۵- نمونه های آزمایشی مصالح ریزدانه باید شامل دانه های درشت تراز $1/18$ میلیمتر (الک نمره ۱۶) و با وزنی نه کمتر از ۲۵ گرم باشند.

۴-۵- نمونه های آزمایشی نبایستی کمتر از آنچه در جدول زیر آمده است باشد:

اندازه دانه های تشکیل دهنده نمونه (الک های یا سوراخهای چهارگوش)	حداقل وزن نمونه به گرم
۴/۷۵ تا ۹/۵ م م (نمره ۴ تا $\frac{3}{8}$ اینچ)	۱۰۰۰
۹/۵ تا ۱۹ م م ($\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ)	۲۰۰۰
۱۹ تا ۳۷/۵ م م ($\frac{3}{4}$ تا $1\frac{1}{2}$ اینچ)	۳۰۰۰
بیش از ۳۷/۵ م م ($1\frac{1}{2}$ اینچ)	۵۰۰۰

۵-۵- درمورد مخلوطهای مصالح دانه ای ریز و درشت، مصالح بایستی روی الک $4/75$ میلیمتر (نمره ۴) به دواندازه جدا شوند و مصالح دانه ای ریزدانه و درشت دانه هریک بر طبق بندهای ۳-۵ و ۴-۵ آمده شوند.

۶- روش آزمایش

۱-۶- نمونه آزمایشی را با دقت مشخص شده در بند ۱-۴ وزن کنید و آن را در یک لایه نازک روی کف ظرف پخش کنید و آن را با آب مقطر بپوشانید و بگذارید به مدت 4 ± 24 ساعت در آب غوطه ور بماند. تک تک دانه ها را در میان انگشتان شصت و سیاه فشار دهید تا دانه به اندازه های کوچکتری بشکند. برای خرد کردن ^{دانه ها از ناخن انگشت} استفاده نکنید و همچنین از فشار دادن دانه ها بهم و یا به سطح سختی به منظور خرد کردن آنها استفاده نکنید. دانه هایی که با انگشت شکسته شوند و به صورت دانه های ترد طبقه بندی می شوند وقتی همه دانه های مشخص کلوخه رسی و ترد شکسته شدند، همه خرد شده ها را از باقیمانده با استفاده از الک با شستشو (Wet Seiving) باشند، به عنوان کلوخه های رسی یا دانه های ترد طبقه بندی می شوند، وقتی همه دانه های مشخص کلوخه رسی و ترد شکسته شدند، همه خرد شده ها را از باقیمانده با استفاده از الک با شستشو و گذراندن از الک های مشخص در جدول زیر جدا کنید



شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

اندازه الک برای جداسازی کلوخه‌های رسی و دانه‌های ترد	اندازه ذرات تشکیل دهنده نمونه (الک های با سوراخهای چهارگوش)
۸۵۰ میکرومتر (نمره ۲۰)	ریزدانه های باقیمانده روی الک ۱/۱۸ م (نمره ۱۶)
۲/۳۶ م (نمره ۸)	۴/۷۵ تا ۹/۵ م (نمره ۴ تا $\frac{۳}{۸}$ اینچ)
۴/۷۵ م (نمره ۴)	۹/۵ تا ۱۹ م ($\frac{۳}{۸}$ تا $\frac{۳}{۴}$ اینچ)
۴/۷۵ م (نمره ۴)	۱۹ تا ۳۷/۵ م ($\frac{۳}{۴}$ تا $۱\frac{۱}{۲}$ اینچ)
۴/۷۵ م (نمره ۴)	بیش از ۳۷/۵ م ($۱\frac{۱}{۲}$ اینچ)

الک کردن تر را با گذراندن آب بر روی نمونه داخل الک و درحالیکه الک را با دست تکان می دهید اجرا نمائید تا همه مصالح ریزدانه خارج شوند.

۶-۲- دانه های باقیمانده را با دقت از الک خارج کنید و بطوراساسی تا حد وزن ثابت و در دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد (230 ± 9 درجه فارنهایت) خشک کنید. اجازه دهید تا خنک شوند و سپس با تقریب $1/100$ وزن نمونه آزمایشی مشخص شده در بندهای ۳-۵ یا ۴-۵ وزن کنید.

۷- محاسبات

۷-۱- درصد کلوخه های رسی و دانه های ترد موجود در مصالح دانه ای ریز یا مصالح دانه ای درشت را به شرح زیر محاسبه کنید:

$$P = \left[\frac{(W - R)}{W} \right] \times 100$$

که در این رابطه :

P = درصد کلوخه های رسی و دانه های ترد ،

W = وزن نمونه آزمایشی (درمورد ریزدانه ها ، وزن بخش درشت تر از ۱/۱۸ م (الک نمره ۱۶) توصیف شده در بند ۳-۵) ، و

R = وزن دانه های باقیمانده روی الک طرح ، بدست آمده بر طبق بند ۲-۶

۷-۲- درمورد درشت دانه ها ، درصد کلوخه های رسی و دانه های ترد ، باید بر مبنای میانگین درصد کلوخه های رسی و دانه های ترد موجود در هراندازه الک توزین شده با دانه بندی نمونه اصلی پیش از



تفکیک یا ترجیحاً میانگین دانه بندی مقدار مصالح دانه بندی شده نمونه محاسبه شوند. چنانچه مصالح دانه ای حاوی کمتر از ۰.۵٪ هریک از اندازه های مشروحه در بند ۱-۶ باشد ، آن اندازه نبایستی آزمایش شسود، اما به منظور محاسبه میانگین وزن ، می بایستی همان مقدار درصد کلوخه رسی و دانه های ترد منظور شود که اندازه بزرگتر یا کوچکتر بعدی حاوی می باشد، هرکدام که موجود باشند.

۸- دقت و صحت

۸-۱- دقت این روش آزمایش هنوز محاسبه نشده است ، لیکن تحت تحقیق می باشد وقتی اطلاعات لازم تحقیق شد و تحلیل گردید ، متن مناسب دقت ارائه می گردد.

ASTM : C ۲۸۹

روش استاندارد آزمایش فعل و انفعال قلیائی مصالح (روش شیمیایی)

۱- هدف

۱-۱- در این آزمایش میل ترکیب شیمیائی مصالح را با مواد قلیائی سیمان پرتلند اندازه گیری می کنند. این فعل و انفعالات بمدت ۲۴ ساعت در حرارت ۸۰ درجه سانتی گراد با محلول سود نرمال به روی مصالح عبور کرده از الک ۳۰۰ میکرومتر و مانده روی الک ۱۵۰ میکرومتر انجام می گیرد.

۲- مدارک مرجع

۱-۲- استاندارد ASTM

روش C ۱۰۹ برای تعیین مقاومت کششی ملات سیمان های هیدرولیک (روی قالب های ۲ اینچ یا ۵۰ میلیمتر) انجام می گیرد. استاندارد ۱۹۸۳ (04.01) Vol

روش C ۱۱۴ برای آنالیز شیمیائی سیمان های هیدرولیک

روش C ۲۲۷ آزمایش فعل و انفعال قلیائی سیمان با مصالح (Mortar - Bar)

روش C ۲۹۵ آزمایش پتروگرافی برای مصالح بکاررفته در بتون

C ۱۰۰۵ مشخصات وسایل توزین جهت استفاده در آزمایشهای فیزیکی سیمان هیدرولیک.

D ۱۱۹۳ مشخصات معرفهای آب

D ۱۲۴۸ اطلاعاتی برای ساختن قالب های پلی اتیلنی

E ۱۱ مشخصات الک های مورد استفاده در این آزمایش

E ۶۰ روشهای فتومتری و اسپکتروفتومتری برای آنالیز شیمیایی فلزات

۳- اهمیت و استفاده

۱-۳- این روش همراه با روشهای دیگر برای تعیین میل ترکیب شیمیایی مصالح سیلیس دار بتون با مواد قلیایی به کار می رود. تعیین واکنش بین محلول هیدروکسید سدیم و مصالح سیلیس دار جهت ارزیابی مصالح به کاررفته در بتون لازم است و چنانچه از منابع جدیدی برای مصالح موجود در بتون استفاده می شود باید این آزمایشها انجام گیرد.

۲-۳- نتایج این دو روش آزمایش سریع بدست می آید و اگرچه در تمام موارد قابل استناد نیست ولی اطلاعات لازم و مثبتی برای رجوع به اطلاعات بیشتر مانند روش آزمایش C ۲۲۷ و راهنمای C ۲۹۵ را در اختیار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

می‌گذارد.

۴- وسایل لازم

- ۴-۱- مقدار نمونه مورد آزمایش بر طبق آنچه در روش ۱۰۰۵ C بیان شده است.
 - ۴-۲- ترازو دقیق - برای تعیین وزن رسوب SiO_2 بدست آمده. بر طبق روش ۱۱۴ C.
 - ۴-۳- دستگاه سنگ شکن (Crushing) و آسیاب (Grinding) برای خرد کردن و سائیدن نمونه‌ها - ظرفیت این دستگاه‌ها باید طوری باشد که بتواند ۴ کیلوگرم مصالح را خرد و آسیاب کند بطوریکه اندازه آن‌ها ۳۰۰ میکرومتر باشد.
 - ۴-۴- الک نمرة ۵۰ (No. ۵۰) که معادل $300\ \mu\text{m}$ و الک نمرة ۱۰۰ که معادل $150\ \mu\text{m}$ است زیرا اندازه ذرات باید بین $300\ \mu\text{m} - 150\ \mu\text{m}$ باشد.
 - ۴-۵- ظرف آزمایش - حجم ظرف آزمایش باید بین $75^\circ\text{C} - 50^\circ$ باشد و جنس آن فولاد ضد خوردگی و یا هر جنس دیگری که بتواند در مقابل خوردگی مقاوم باشد مانند ظروف پلی اتیلنی. این ظرف باید دارای دری باشد (سرپوش) که از نفوذ هوا جلوگیری کند مانند شکل (I) و در تمام مدت آزمایش، باید از یک شاهد استفاده کرد. خطای شاهد باید کمتر از $10\ \text{mmole/lit}$ باشد.
 - ۴-۶- حمام آبی با درجه حرارت ثابت - یک حمام آبی با گنجایش کافی بطوریکه بتوان مدت ۲۴ ساعت درجه حرارت آنرا روی $1^\circ\text{C} \pm 80^\circ$ ثابت نگه داشت.
 - ۴-۷- دستگاه اسپکتوفتومتر یا فتومتر که میزان عبور نور را در طول موج $410\ \text{nm}$ اندازه گیری کند.
 - ۴-۸- وسایل شیشه‌ای - تمامی وسایل و ظروف شیشه‌ای باید متناسب با آزمایش انتخاب شود بالونها، بورتها و پی پتها باید دقیق و استاندارد باشند.
- ### ۵- معرفیها -
- ۵-۱- خلوص معرفیها - مواد قابل استفاده باید از نظر درجه خلوص مطابق با مشخصات انجمن شیمی باشد و اگر از مواد دیگری به غیر از آن استفاده می‌شود باید ابتدا اطمینان یافت که دارای درجه خلوص بالا است و از صحت آزمایشها نمی‌کاهد.
 - ۵-۲- آب مورد استفاده - آب مورد آزمایش باید مقطر و یا آبی با مختصات مشابه باشد.
 - ۵-۳- محلول آمونیم مولیبدیت - ۱۰ گرم آمونیم مولیبدیت به فرمول $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ را در 100°C آب مقطر حل کنید اگر محلول تاری داشت و شفاف نبود آنرا صاف و در ظرف پلی اتیلنی نگهداری کنید.
- توجه ۲- در انتخاب ظرف برای نگهداری مولیبدیت آمونیم باید دقت کرد که محلول با جنس ظرف واکنشی نداشته باشد. و در ضمن جدار آن طوری باشد که هوا به داخل ظرف نفوذ نکند. ضخامت دیواره ظرف از 0.02

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

اینچ کم تر نباشد که معادل (۰/۵۱ میلیمتر) است. هم چنین جنس ظرف از پلی اتیلن با دانسیته بالا باشد در غیر این صورت از شیشه‌های مخصوصی که در بخش D ۱۲۴۸ آمده است برای نگهداری استفاده کنید.

۴ - ۵ - اسید کلریدریک (HCl) با وزن مخصوص ۱/۱۹ که در ظروف شیشه‌ای مخصوص یا پلی اتیلنی نگهداری می شود.

۵ - ۵ - اسید کلریدریک (0.05 N) که با تقریب $\pm 0.0001N$ استاندارد شده باشد محلول را در ظروف شیشه‌ای یا پلاستیکی مناسب نگهداری کنید.

۶ - ۵ - اسید کلریدریک (۱ + ۱) یک حجم آب را با یک حجم اسید کلریدریک با وزن مخصوص ۱/۱۹ مخلوط کنید. محلول را در ظروف شیشه‌ای یا پلاستیکی نگهداری کنید.

۷ - ۵ - اسید فلویدریک - که تقریباً ۵۰٪ است و در ظروف پلی اتیلنی نگهداری می شود.

۸ - ۵ - محلول اسید اگزالیک - ۱۰ گرم اسید اگزالیک را در ۱۰۰ cc آب مقطر حل کنید محلول را در ظروف شیشه‌ای یا پلاستیکی مناسب نگهداری کنید.

۹ - ۵ - محلول اندیکاتور فنل فتالین - ۱ گرم از فنل فتالین را در ۱۰۰ cc اتانول (۱ + ۱) حل کنید محلول را در ظروف شیشه‌ای مخصوص یا پلاستیکی نگهداری کنید.

۱۰ - ۵ - استاندارد سیلیس - محلول استاندارد سیلیس ۱۰ mmole/lit را از حل کردن سدیم متاسیلیکات در آب تهیه کنید. محلول را در ظروف پلی اتیلنی نگهداری کنید. ۱۰ cc از محلول استاندارد را برداشته و مطابق ردیف‌های ۱ - ۱ - ۸ و ۲ - ۱ - ۸ میزان SiO₂ آن را تعیین کنید. این محلول استاندارد را نباید بیش از یکسال نگه داشت زیرا سیلیس پلی مریزه می شود و در فتومتر می مقدار آن کمتر نشان داده می شود.

۱۱ - ۵ - محلول استاندارد سود سوزآور - سود نرمال با تقریب $\pm 0.0001N$ که کاملاً استاندارد شده است. محلول سود را در ظروف پلی اتیلنی و خشک باید نگهداری کرد. ماده خشک و محلول آن را از مجاورت با CO₂ محافظت کنید.

۱۲ - ۵ - اسید سولفوریک با وزن مخصوص ۱/۸۴ و آنرا در ظروف شیشه‌ای نگهداری می کنند.

۶ - انتخاب و تهیه نمونه مورد آزمایش

۱ - ۶ - این آزمایش هم بر روی مصالح ریز و هم بر روی مصالح درشت می تواند انجام شود و چنانچه مصالح ریز و درشت از یک جنس باشند آزمایش بر روی کل آنها می تواند انجام شود.

۲ - ۶ - اندازه ذرات نمونه‌های مورد آزمایش باید $20/3 \mu m$ باشد و به این منظور باید آنها را از الک نمره ۵۰ عبور داد. مصالح درشت دانه را با سنگ شکن به ذرات ریزتری تبدیل می کنند بطوریکه از الک نمره ۴ بگذرد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

[اندازه ذرات $4/75$ mm] سپس آنها را تا اندازه $150 \mu\text{m}$ ریز می کنند تا از الک نمره ۵۰ (No 50) عبور کند این بخش را از الک نمره ۱۰۰ (No 100) عبور می دهند آن قسمت که از الک عبور کرده است را کنار بگذارید. و آنچه روی الک باقی مانده است را تا حد $300 \mu\text{m}$ بسایید. در ابتدا باید فاصله صفحات $\frac{1}{8}$ in یا ۳ mm باشد و سپس این فاصله کم تر می شود تا به ذرات با قطر مناسب $300 \mu\text{m}$ تبدیل شوند.

توجه ۳- لازم به تذکر است که مصالح درشت را ابتدا باید از همدیگر جدا نمود و معمولاً اندازه آنها بایستی $150-300 \mu\text{m}$ باشد و سپس از این مصالح به نسبت هائی که برای طرح بتون در نظر گرفته شده است استفاده نمود.

۳-۶- برای اطمینان از اینکه ذرات کوچکتر از $150 \mu\text{m}$ در نمونه موجود نباشد، آنچه روی الک (No 100) است را شستشو دهید. در هر مرحله نباید بیش از ۱۰۰ گرم نمونه روی الکی که قطر آن ۲۰۳ میلی متر یا ۸ اینچ است. شستشو داده شود. و اگر بیش از ۱۰۰ گرم نمونه مورد نظر است باید این عمل را در چند مرحله انجام داد. نمونه شستشو داده شده را به مدت ۲۴ ساعت در حرارت $5 \pm 105^\circ\text{C}$ خشک کنید. پس از سرد کردن به منظور بررسی بیشتر دوباره آنرا روی الک نمره ۱۰۰ ریخته و الک می کنیم تا سیلت و یارس داخل آن خارج شود. بعد از خارج شدن ذرات ریز مجدداً نمونه را بررسی کنید تا اگر نمونه مورد آزمایش حاوی ذرات رُسی و غیره است بایستی عمل شستشو و خشک کردن تکرار شود تا نمونه عاری از آنها گردد.

۷- چگونگی انجام واکنش

۷-۱- از نمونه ای که بشرح بالا آماده شده است سه نمونه ۲۵ گرمی وزن کنید و داخل ظرف های محتوی آزمایش بریزید. سپس به هر یک 25°C سود یک نرمال اضافه کنید در حین ریختن سود نمونه را تکان دهید تا هوای بین ذرات خارج شود و سپس در آنها را محکم ببندید. 25°C سود یک نرمال را در یک ظرف آزمایش به عنوان شاهد بریزید.

۷-۲- بلافاصله پس از بستن در ظرف ها آنها را به مدت $\frac{1}{4} \pm 24$ ساعت در حمام آبی با درجه حرارت $1^\circ\text{C} \pm$ قرار دهید. بعد از این مدت آنها را از حمام خارج کنید به مدت 2 ± 15 دقیقه قالب ها را در ظرف پر از آبی که روی آنها را نپوشاند و درجه حرارت آن زیر 30°C باشد، سرد کنید.

۷-۳- بلافاصله بعد از سرد شدن در ظرف ها را باز کرده و محتویات آنها را روی قوچ های صافی دار صاف کنید روش وصل این وسایل از این قرار است. ابتدا کاغذ صافی با باند مشخص را به اندازه ته قوچ چینی صافی دار بریده و سپس قوچ چینی را داخل لاستیک نگه دارنده گذاشته و آنها را داخل قیف مخصوص قرار دهید. زیر قیف یک لوله آزمایش به گنجایش ۵۰ میلی لیتر قرار داده تا محلول بعد از عبور از صافی داخل این لوله جمع شود این مجموعه را داخل ارلن تخلیه گذاشته و ارلن را به خلاء وصل کنید آنگاه محلول رویی داخل قالب ها را به آرامی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

داخل این قوچ سر ریز کنید. سعی کنید ابتدا وسط کاغذ صافی ریخته شود. بعد از آنکه محلول رویی کاملاً از صافی گذشت شیر خلاء را ببندید و با یک قاشقک (اسپاتول) از جنس فولاد ضد خوردگی مواد جامد باقیمانده در ظرف را به روی صافی منتقل کنید. سپس فشار تقریباً به اندازه ۵۱ کیلو پاسکال را تنظیم کنید و عمل صاف کردن را ادامه دهید تا سرعت خروج قطرات به اندازه یک قطره در ۱۰ ثانیه باشد. و بعد نمونه های بعدی را به همین طریق صاف کنید.

۴-۷- شاهد را مطابق روشی که در ردیف (۳-۷) توضیح داده شد، صاف کنید زمان صاف شدن شاهد باید تقریباً زمانی برابر میانگین زمان صاف شدن سه نمونه باشد.

۵-۷- بلافاصله بعد از آن که عمل صاف شدن تمام شد محلول حاصل را خوب بهم بزنید تا محلول هموزنی بدست آید. آنگاه ۱۰ ml از محلول را داخل بالون ژوزه ۲۰۰ ml ریخته و با آب به حجم برسانید از این محلول برای تعیین SiO_2 حل شده و سود مصرف شده در این فعل و انفعال استفاده می کنیم.

۶-۷- آزمایشات را بر روی محلول بدست آمده در ردیف (۵-۷) باید طی مدت ۴ ساعت انجام داد و اگر بعضی آزمایشات باید به زمان طولانی تری موقوف شود محلول را در ظرف خشک و تمیز از جنس پلی اتیلنی ریخته و درش را با استفاده از یک درپوش مناسب محکم ببندید.

۸- تعیین SiO_2 حل نشده از طریق گراویمتری

۱-۸- روش کار

۱-۸-۱- ۱۰۰ ml از محلول ردیف (۵-۷) را داخل یک کپسول بریزید. برای آنکه عمل تبخیر سرعت بیشتری داشته باشد بهتر است از کپسول پلاتینی استفاده شود. و به محلول داخل کپسول ۵ ml الی ۱۰ ml اسید کلریدریک با وزن مخصوص ۱/۱۹ اضافه کنید پیستون را روی حمام بخار قرار دهید تا به آرامی خشک شود و چیزی از آن به خارج نپرد. بعد از خشک شدن دوباره به آن ۱۰ ml - ۵ اسید کلریدریک خالص با وزن مخصوص ۱/۱۹ و به همان میزان یعنی ۱۰ ml - ۵ آب مقطر اضافه کنید. و یا از اول ۲۰ ml - ۱۰ اسید کلریدریک (۱ + ۱) یکبار اضافه کنید. در کپسول را پوشانده و آنرا روی حمام بخار و یا hot plate به مدت ۱۰ دقیقه قرار دهید. دوباره هم حجم محلول به آن آب مقطر گرم اضافه کنید و بلافاصله آن را روی کاغذ صافی بدون خاکستر باند مناسب صاف کنید. رسوب باقی مانده روی کاغذ صافی را با آب گرم شستشو دهید.

توجه ۵- در موقع شستشو بهتر است ابتدا از اسید کلریدریک (۹۹ + ۱) استفاده کرد. و بعد برای کامل شدن شستشو از آب گرم استفاده کرد.

۲-۸-۱- محلول بدست آمده از رسوب گیری مرحله فوق را دوباره خشک کنید و به مدت یک ساعت آن را در خشک کن ۱۱۰ - ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار دهید سپس به آن ۱۵ - ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک (۱ + ۱) اضافه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

و روی حرارت ملایم hot plate و یا حمام بخار قرار دهید. پس از اضافه کردن همان حجم آب مقطر گرم رسوب SiO_2 مرحله دوم را روی کاغذ صافی بدون خاکستر با باند مخصوص صاف کنید و شستشو دهید باید توجه داشت که عمل دوبار خشک کردن فقط هنگام تعیین غلظت محلول استاندارد سدیم متاسیلیکات که در ردیف ۱۰ - ۵ آمده، لازم است و در سایر مواقع می توان این مرحله را حذف کرد.

۳-۱-۸ - رسوب SiO_2 مرحله اخیر را به رسوب مرحله ۱-۱-۸ اضافه کنید و داخل کروزه پلاتینی خشک کنید و کاغذ صافی آن را با حرارت ملایم بدون اینکه شعله ور شود بسوزانید و بعد آنرا در حرارت 1100°C تا 1200°C قرار دهید تا به وزن ثابت برسد.

توجه ۶- باید توجه داشت که ابتدا وزن دقیق کروزه پلاتینی را باید بدست آورد. و برای این منظور باید آنرا خوب تمیز کرد تا داخل آن هیچ ذره ای نباشد و آنگاه رسوب SiO_2 را داخل آن گذارد تا بسوزد.

۴-۱-۸ - رسوب SiO_2 بدست آمده کاملاً خالص نیست و برای رسیدن به وزن واقعی به کروزه حاوی رسوب SiO_2 چند قطره آب و ۱۰ میلی لیتر HF و یک قطره H_2SO_4 اضافه کنید و به آرامی آنرا روی حمام بخار حرارت دهید تا خشک شود. بعد حرارت را زیاد کنید تا کاملاً دود سفید اسیدسولفوریک از آن خارج شود. آنگاه کروزه را برای مدت یک یا دو دقیقه در حرارت 1100°C - 1050°C قرار دهید و پس از سرد کردن در دسیکاتور دوباره وزن کنید. از اختلاف بین دو وزن قبلی و فعلی مقدار SiO_2 را محاسبه کنید.

۲-۸ - محاسبه

۱-۲-۸ - مقدار SiO_2 حل شده در سود از رابطه زیر بدست می آیند.

$$S_c = 3330 \times W$$

S_c = غلظت SiO_2 بر حسب میلی مول در لیتر محلول صاف شده اصلی

W = وزن SiO_2 (بر حسب گرم) که در 10°C از محلول رقیق وجود دارد.

۹- اندازه گیری SiO_2 محلول به روش فتومتری.

۱-۹ - موارد استفاده

۱-۹-۱ - روش فتومتری برای اندازه گیری SiO_2 کریستالی یا غیر کلوئیدی در تمام محلول های آبی بکار می رود بجز محلول هایی که دارای ترکیبات رنگی هستند، مانند تانین و غیره. که رنگ آنها در فتومتری ایجاد مزاحمت می کند و مقدار واقعی SiO_2 را نمی توان بدست آورد. این روش برای مقادیر زیر ۱۰ P.P.M SiO_2 کریستالی خیلی سریع جواب می دهد.

توجه ۷- SiO_2 کریستالی یا متبلور با یون مولبیدات در محیط اسیدی که PH بین ۱/۵ - ۱/۲ است واکنش می دهد و رنگ سبز مایل به زرد تشکیل می دهد. این رنگ مربوط به کمپلکس سیلیکلو مولبیدات می باشد. و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تشکیل این کمپلکس و در نتیجه شدت رنگ تقریباً متناسب با غلظت SiO_2 محلول است ولی بطور کامل از قانون بیر پیروی (1) نمی‌کند.

۱۰ - رسم منحنی کالیبراسیون

۱ - ۱۰ - از محلول استاندارد سدیم سیلیکات که در ردیف (۱۰ - ۵) آمده است محلول‌هایی از ۰ تا ۰/۵ میلی مول در لیتر تهیه کنید. حجم‌هایی را که شامل مقادیر فوق است در بالون ژوزه 100^{cc} مستقل بریزید و بالون را تا نیمه آب کنید.

۲ - ۱۰ - بهر یک از بالون‌ها ۲ml آمونیم مولیدات و ۱ml اسید کلریدریک (۱ + ۱) اضافه کنید با تکان دادن بالون آن را هم بزنید ۱۵ دقیقه آنرا در حرارت اطاق قرار دهید. سپس $0/2 \pm 1/5$ سی سی محلول اسید اگزالیک به آنها اضافه کنید. و بالون ژوزه را با آب به حجم برسانید و خوب بهم بزنید. مدت $0/1 \pm 5$ دقیقه محلول را بگذارید بماند. سپس میزان نور عبور کرده از محلولهای مختلف را نسبت به میزان نور عبور کرده از آب مقطر در ۴۱۰ نانومتر اندازه گیری کنید.

۳ - ۱۰ - منحنی کالیبراسیون را بوسیله درصد نور عبور کرده و یا جذب کرده نسبت به غلظت SiO_2 رسم کنید.

۱۱ - اندازه گیری SiO_2 حل نشده

۱ - ۱۱ - ۱۰ml از محلول رقیق نشده ردیف (۵ - ۷) را در یک بالون ژوزه ۱۰۰ml بریزید و بالون را تا نیمه پر از آب کنید و مطابق آنچه در ردیف ۲ - ۱۰ آمده است ادامه دهید و برابر آنچه در ردیف ۳ - ۱۰ آمده است مقدار SiO_2 را براساس نور عبور کرده اندازه گیری کنید و بهترین جواب وقتی بدست می آید که مقدار نور عبور کرده بین ۳۰٪ الی ۵۰٪ باشد و چنانچه زیر ۳۰ درصد یا بالای ۵۰٪ باشد باید حجمی بیشتر یا کمتر را مورد سنجش قرار داد تا جواب بین دو حد یادشده بدست آید.

۱۲ - محاسبه

۱ - ۱۲ - غلظت SiO_2 محلول از رابطه زیر بدست می آید.

$$S_c = 20 \times (100/V) \times C$$

و از آنجا :

$S_c =$ غلظت SiO_2 برحسب میلی مول در لیتر در محلول اصلی

$C =$ غلظت SiO_2 در محلول اندازه گیری شده به طریق فتومتری برحسب میلی مول در لیتر

$V =$ حجم محلول که در ردیف (۵ - ۷) مورد آزمایش قرار گرفته است.

۱۳ - کاهش سود مصرفی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۱۳- روش کار

۱-۱-۱۳- ۲۰ ml از محلول ردیف (۵ - ۷) را به ارلن ۱۲۵ میلی لیتری منتقل کنید و در مقابل اسید کلریدریک ۰.۵N و فنل فتالئین آنرا تا نقطه اکی والان تیترا کنید.

۲-۱۳- محاسبه

۱-۲-۱۳- کاهش در سود مصرفی مطابق رابطه زیر محاسبه می شود.

$$R_c = (20 N/V_1) (V_3 - V_2) \times 1000$$

R_c = کاهش سود مصرفی برحسب میلی مول در لیتر

N = نرمالینه اسید کلریدریک مصرفی برای تیتراسیون

V_1 = حجم برداشته شده از محلول ردیف (۵ - ۷)

V_2 = حجم اسید کلریدریک مصرفی برای تیترا کردن در مقابل فنل فتالئین برای نمونه

V_3 = حجم اسید کلریدریک مصرفی برای تیترا کردن در مقابل فنل فتالئین برای شاهد.

۳-۱۳- دلایل تکرار آزمایش

۱-۳-۱۳- نتایج این آزمایش وقتی قابل قبول است که هیچ یک از مقادیر R_c و S_c اختلافشان بیش از مقادیر زیر نباشد.

۱- زمانیکه میانگین آنها 100 mmole یا کمتر 12 mmol/Lit

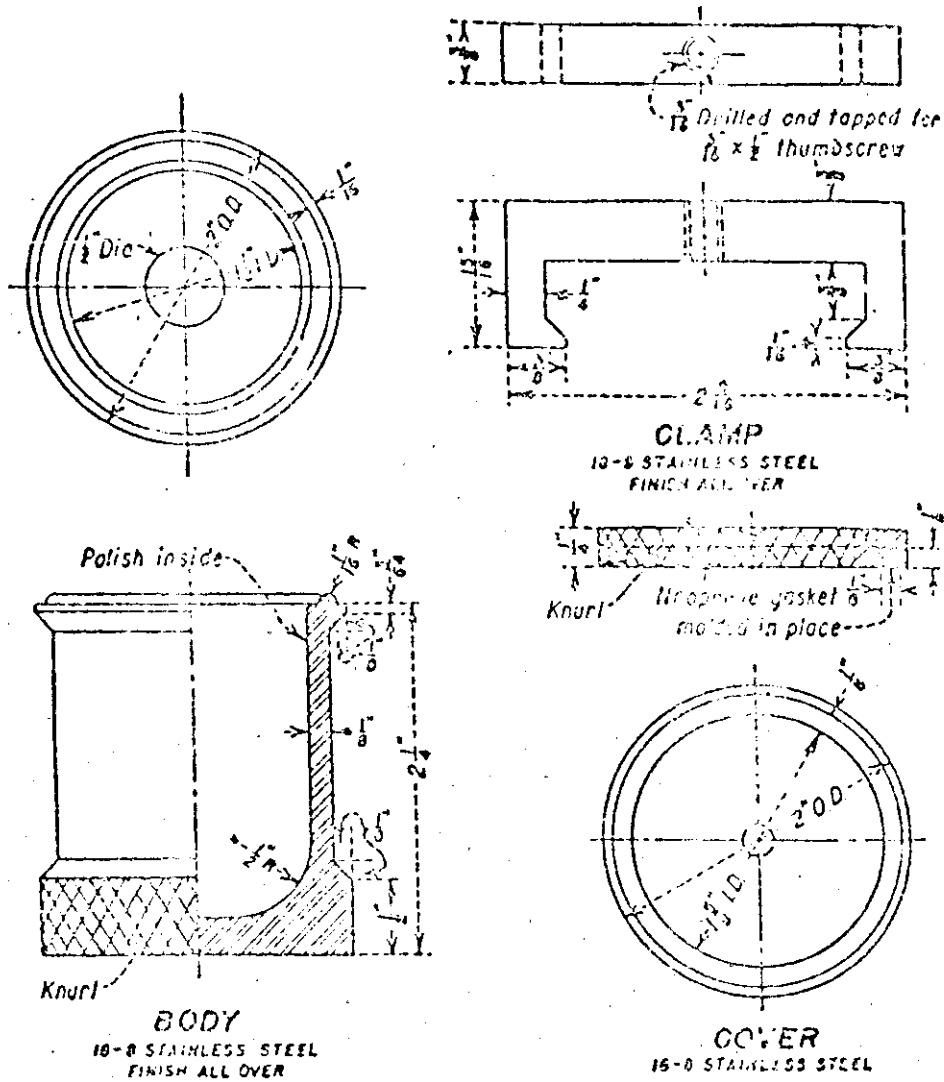
۲- زمانیکه میانگین آنها بیش از 100 mmole در لیتر ۱۲٪ باشد.

۴-۱۳- تفسیر نتایج

۱-۴-۱۳- ارتباط بین اطلاعات حاصل از این روش و انبساط ملات های سیمان محتوی قلیائی زیاد، نتایج پتروگرافی مصالح و چگونگی عمل کرد آنها در ساختمان های بتنی طی مراجع ۷-۱ بچاپ رسیده است. براساس این اطلاعات نتایج بصورت منحنی توپر در شکل ۲ آمده است. که در آنجا حدود خرابی بالقوه مصالح با در نظر گرفتن مقدار R_c و S_c و غیره کاملاً مشخص می گردد. بطوریکه منطقه بی ضرر در بالای منحنی و منطقه مصالح مضر در پائین منحنی اصلی قرار می گیرد. بهر حال در پائین منحنی اصلی یک قسمت نقطه چین تقریباً بصورت افقی قرار دارد. که قسمت بالای آن مربوط به مصالحی است که علی رغم اینکه استعداد زیادی برای خرابی دارند. ولی انبساط نسبتاً کمی در فعل و انفعالات قلیائی تولید می کنند و اگر مفید بودن این سری مصالح با روش C_{227} که با مخلوط چند مصالح سنگی انجام می گردد. به اثبات برسد. در آن صورت بی ضرر بودن آن بدون تردید مشخص خواهد شد.

۲-۴-۱۳- باید توجه داشت مصالحی که حاوی کربنات کلسیم، منیزیم، آهن و هم جنس نمونه های حاوی $(CaCO_3, MgCO_3)$ دولومیت و غیره باشد به این روش نباید آزمایش شوند انجام آزمایش بر روی این گونه نمونه ها با روش C_{227} میسر می باشد.

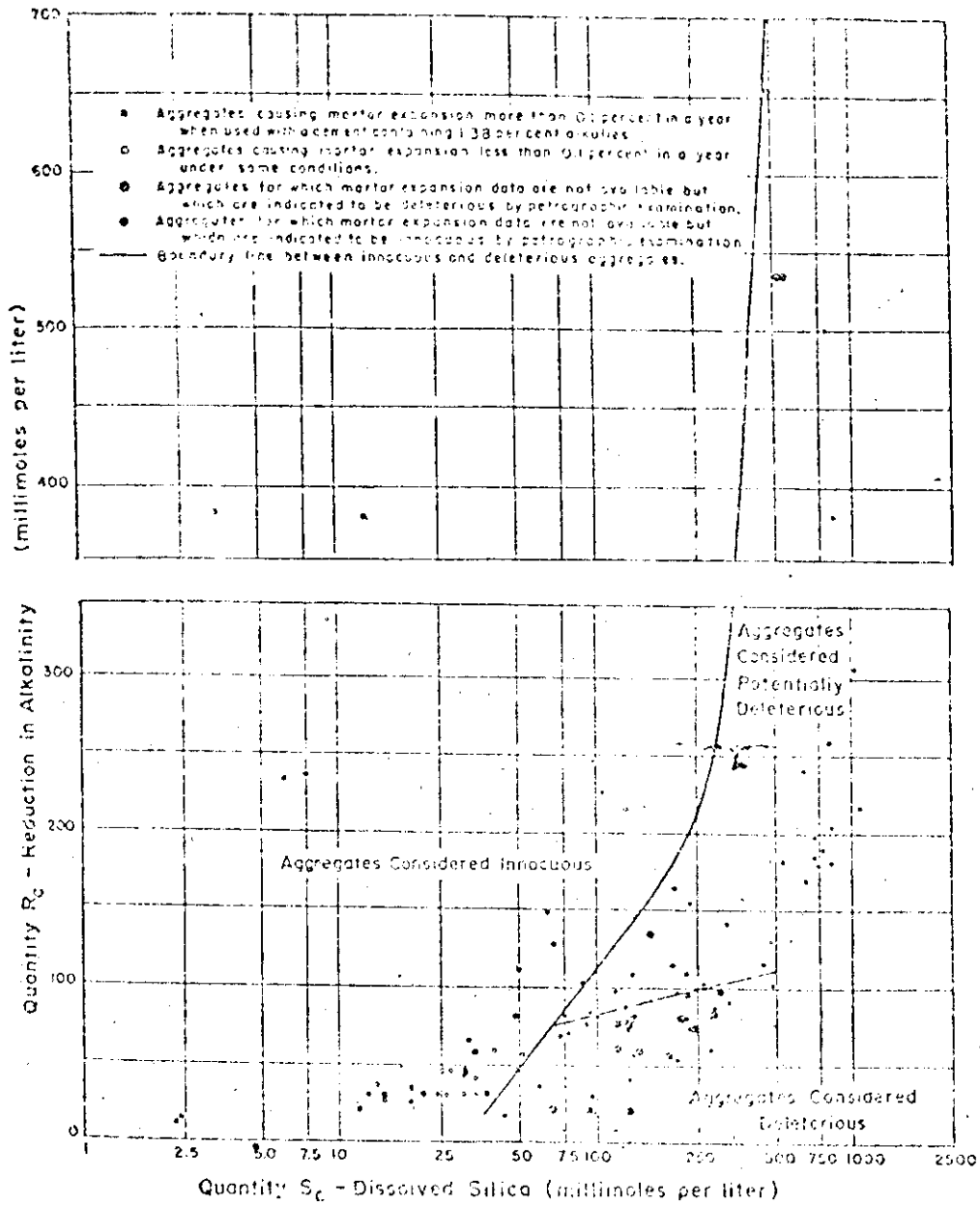
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



U.S. Customary Units, in.	Metric Equivalents, mm	U.S. Customary Units, in.	Metric Equivalents, mm
1/16	1.2	1/2	12.7
1/8	1.6	3/4	19.0
1/4	3.2	1 1/2	38.1
3/8	4.8	2	50.8
1/2	6.4	2 1/4	57.2
3/4	9.5	2 3/4	65.1

شکل ۱ - ظرف فعل و انفعال

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل ۲ - مثالی از اختلاف بین مصالح سنگی زیان آور و بی ضرر براساس احیاء در آزمایش قلیائی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM: C295 - 90

روش استاندارد آزمایش پتروگرافی در مصالح سنگی بتن

۱ - هدف

۱-۱- این راهنما، روشهایی را برای آزمایش پتروگرافی نمونه های مصرف مصالح سنگی در ساخت بتن پیشنهاد می شوند، ارائه می دهد.

۱-۲- این راهنما، روشهای پتروگرافی که باید استفاده شود، انتخاب خواصی که باید مدنظر قرار گیرد و چگونه ای که این روشها باید در آزمایش نمونه های مصالح سنگی در ساخت بتن بکار رود ارائه می دهد.

۱-۳- در این راهنماسعی نمی شود که تکنیک های کار پتروگرافی بر شمرده شوند چرا که فرض بر این است که آزمایش توسط اشخاص واجد شرایطی انجام می گیرد که دانش و تجربه لازم را در زمینه کاربرد چنین تکنیکهایی برای شناخت مشخصات و ترکیبات و خواص سنگ و مواد معدنی و همچنین تعریف و طبقه بندی اجزاء اصلی نمونه مصالح را دارند.

۱-۴- نام های سنگ و مواد معدنی داده شده در مشخصات تشریحی C292 بایستی به کار روند زیرا که مناسب تنظیم گزارش بر طبق این آزمایش می باشند.

۱-۵- این استاندارد تمام مسائل ایمنی در رابطه با کاربرد آن را در نظر نمی گیرد. مسئولیت استفاده کننده از این استاندارد است که دستورالعمل های ایمنی و سلامتی را قبل از استفاده از آن تنظیم نماید.

۱-۶- مقادیر بر حسب واحدهای SI استاندارد می باشند.

۲ - مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

C22 مشخصه مصالح سنگی بتن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

C117 روش آزمایش دانه های ریزترازالک ۷۵ میکرون (نمره ۲۰۰) در مصالح سنگی با روش شستشو

C136 روش تحلیل دانه بندی مصالح سنگی ریزودرشت

C294 مشخصات تشریحی اجزاء اصلی مصالح معدنی طبیعی

C702 دستورالعمل کاستن نمونه مصالح صحرائی به اندازه آزمایش

D75 دستورالعمل نمونه گیری از مصالح سنگی

E11 مشخصات الک های تورسیمی برای اهداف آزمایش

E883 راهنمای فتوگرافی تصویری

۳ - خلاصه روش آزمایش

۳-۱- نحوه و طرز کار خاصی که در آزمایش پتروگرافی هر نمونه به کار می رود تا حد زیادی بستگی به هدف آزمایش و ماهیت نمونه دارد. در بیشتر حالات، استاندارد از ابزار درشت بینی چشمی را ایجاب می کند. آزمایش های کامل پتروگرافی به منظورهای خاص و مسائل تحقیقی خاص ممکن است ایجاب نماید که آزمایش دانه ها با جزء اصلی انتخابی مصالح با استفاده از شیوه های اضافی مثل تحلیل انکسار اشعه X، تحلیل دینترانسبل حرارتی، اسپکتروسکوپی مادون قرمز و غیره انجام گیرد. در بعضی موارد چنین روشهایی سریع تر و تعیین کننده تر از روش های میکروسکوپی می باشند.

۳-۲- شناسایی اجزاء اصلی یک نمونه معمولاً گام ضروری جهت تشخیص خواصی است که می توان انتظار داشت در رفتار مصالح به منظوری که بکار خواهند رفت اثر خواهند گذاشت، اما این شناسایی به همین جا ختم نمی شود. ارزش هر آزمایش پتروگرافی تا حد و زیادی به مشخصات نمونه آزمایش شده، کامل و دقیق بودن اطلاعات مربوط به منبع مصالح که به دستگاه داده شده و پیشنهاد مصرف مصالح و امکان دستگاه پتروگرافی برای تلفیق این اطلاعات و بدست آوردن نتایج آزمایش بستگی دارد.

۳-۳- فرض بر این است که آزمایش توسط اشخاص واجد شرایط و تجربی که با تجهیزات پتروگرافی کار کرده اند و در ثبت و تفسیر نتایج بدست آمده تجربه لازم را دارند انجام می گیرد. در بعضی حالات،

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مجری آزمایش پتروگراف لازم است تجربه لازم را برای تهیه تغییر مشروح عملکرد مصالح در ارتباط با مشاهدات مهندسی و دیگر موارد لازم را داشته باشد. به عبارت دیگر تفسیرها قسمتی توسط مهندسين، دانشمندان و دیگر واجدين شرایط در ارتباط با مشاهدات و سؤالاتی که پاسخ آنها بایستی تهیه شود، انجام می گیرد.

۴ - اهمیت و کاربرد

۴-۱-۱- آزمایش های پتروگرافی به منظورهای زیر انجام می شود.

۴-۱-۱-۱- برای تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی مصالحی که باروشهای پتروگرافی بهتر می توان آنها را مشاهده کرد و این خواص بر روی عملکرد مصالح و منظوری که به کار می رود تأثیر می گذارد.

۴-۱-۲- برای تشریح و طبقه بندی اجزاء اصلی نمونه

۴-۱-۳- برای تعیین مقادیر نسبی اجزاء اصلی نمونه که برای ارزیابی صحیح نمونه لازم می باشند و وقتی که اجزاء اصلی در خواص چنان متفاوت باشند که بر روی عملکرد مصالح و منظوری که بکار خواهند رفت تأثیر بگذارد.

۴-۱-۴- برای مقایسه نمونه های مصالح سنگی از منبع جدید با نمونه های مصالح سنگی از یک یا چند منبع که اطلاعات آزمایش با گزارش عملکرد آنها موجود می باشد.

۴-۲- این راهنما ممکن است توسط متخصص پتروگرافی انجام گیرد که مستقیماً توسط آنها که می خواهند آزمایش برایشان انجام گیرد، استخدام شده باشند. کارفرما بایستی بطور مشروح و در حد نیاز، متخصص پتروگراف را با منظور ها و اهداف آزمایش، نوع اطلاعات مورد نیاز و حدود مطلوب آزمایش توجیه کند. اطلاعات زمینه ای مربوطه شامل نتایج آزمایشهای قبلی بایستی در دسترس گذاشته شود در تمام مدت اجرای آزمایش به توصیه ها و فضاوت های متخصص پتروگراف بایستی توجه شود.

۴-۳- این آزمایش ممکن است پایه ای برای ایجاد ترتیبات میان خریدار خدمات مشاوره پتروگراف و متخصص پتروگراف را تشکیل بدهد، در چنین حالتی خریدار و مشاور باید مشترکاً نوع، حدود و اهداف

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

آزمایش و تحلیل هایی که بایستی انجام گیرد را معین نمایند و توافق خود را روی کاغذ بیاورند. در توافق نامه ممکن است اخذ تصمیم های مبنی تصریح شود، مشاهدات گزارش گردد، اعتباری تعهد شود و یا مجدوعه از این موارد شرایط دیگر باشد.

۴-۴- آزمایش پتروگرافی مصالح سنگی مخصوص بتن سیمان هیدرولیکی یک جنبه ارزیابی مصالح سنگی می باشد، اما آزمون پتروگرافی به منظورهای دیگری نیز استفاده می شود. آزمایش پتروگرافی مشخصه انواع و تناوتهای سنگهای موجود در مصالح سنگی بالقوه را فراهم می نماید. همانطور که در بالا بیان گردید مشخصه هر سنگ و ماده معدنی موجود در یک معدن مصالح سنگی لازم نمی باشد.

۴-۵- آزمایش پتروگرافی باید مشخص نماید که آیا مصالح سنگی حاوی مواد معدنی شیمیایی ناپایدار مثل سولفاتهای قابل حل، سولفیدهای ناپایدار که می توانند تولید اسید سولفوریک نمایند و تولید تنشهایی در بتن در درجه حرارت های بالا شود یا مواد ناپایدار از نقطه نظر حجمی مثل اسمکتیت ها (مواد معدنی سپونیت مونت موریاونیت یارسهای با خاصیت تورم زایی) نمایند.

این مشخصه ممکن است متذکرانتر مصالح سنگی مورد استفاده در بتن را که تحت درجه حرارت بالا قرار می گیرد، محدود نماید، (به قصد یا تضاد فی) زیرا که تغییر کوارتز بتا در دمای ۵۷۳ درجه سانتیگراد (۱۰۶۳ درجه فارنهایت) با افزایش حجم صورت می گیرد.

۴-۶- آزمایش پتروگرافی باید بخشی از هر مصالح سنگی را که تحت اثر شرایط جوی یا به عبارت دیگر ذرات تغییر یافته و محدودی که هوازده یا تغییر یافته را مشخص نماید و معلوم کند که آیا تحت تأثیر فرار گرفتن از نوع سخت، متوسط یا کم می باشد و باید نسبت هر نوع سنگ را در هر شرایط تغییر تعیین نماید. چنانچه بتنی که این مصالح سنگی ممکن است در آن استفاده شود در معرض یخ بنندان و ذوب در شرایط بحرانی اشباع قرار گیرد سنگهای شدیداً هوازده، دارای انحلال و فرج ریز یا سنگهای تجزیه شده باید مشخص شده زیرا که این سنگها در برابر انجماد و ذوب آسیب پذیرند و باعث می گردد که بخش مصالح سنگی بتن در اثر انجماد و ذوب فروریزد و این عامل باعث می شود در نهایت بتن را خراب کند زیرا چنین

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مصالح سنگی رانمی توان با املاات اضافی هم حفاظت نمود. مصالح سنگی با خلل و فرج ریز نزدیک به سطح بتن همچنین بطور مشابهی سنبندک (popouts) می کنند که روی دیوارها و کف سازه ها را که دار می کند.

۷-۴ - آزمایشات پتروگرافی را همچنین می توان برای تعیین نسبت های ذرات مکه می، کروی، بیضی، هرمی، جدولی، تخت، باریک در نمونه با نمونه های مصالح سنگی بکاربرد. ذرات تخت، باریک و تراشه های نازک در مصالح سنگی آب لازم مخلوط را افزایش داده و متراکم بتن را کاهش می دهند.

۸-۴ - آزمایش پتروگرافی باید فعال شدن بالقوه سیلیس قلبیاتی و کربنات قلبیاتی مصالح را شناسایی نماید و مقدار این عناصر را تعیین نماید و آزمایشات اضافی را برای تأیید یارد موجود بودن مقادیر قابل توجهی عناصری در مصالح را که خصوصیت واکنش قلبیاتی در بتن را پیشنهاد نماید. این راهنما در ضمیمه مشخصه C۳۳ اشاره شده است. خصوصیات واکنش قلبیاتی در مصالح سنگی شامل: اپال، کریستوبالیت، تردیمیت، بلورهای شیشه ای سیلیسی آتش فشانی و برخی مواد وابسته، سنگهای آتش زنه شیشه مانند، شیشه های سیلیکونی مصنوعی. تعدادی از آرژیلایت ها، فلیت ها، سنگهای دگرگونی خاکستری، سنگهای حاوی مقدار زیادی کوارتز دگرگونی نظیر گری واک، فلیت ها، شپست ها، گنیس ها، گرانیت های گنیسی، کوارتز رگه ای، کوارتزیت و ماسه سنگ می باشند. معیارهای در دسترس شناسایی مواد معدنی فهرست شده در بالا را توسط خواص چشمی یا آنک اشعه X یا هاردو و پتروگرافی و پترولوژی برای شناسایی سنگهای در فهرست از طریق ترکیب معدنی و یافت در مقیاس بزرگ و بعضی اوقات با آنکسار اشعه X در ترکیب معدنی آنها کاربرد دارد. سنگهای با قابلیت واکنش کربنات قلبیاتی معمولاً دولومیت های آهکی یا سنگ آهک دولومیتی با رسوبات رسی غیر قابل حل در آب هستند. برخی از دولومیت ها عاری از رس هستند و برخی سنگهای آهکی خیلی ریز بدون رس و با رسوبات غیر محلول، بیشتر از نوع در کوهی همچنین قادر به واکنش کربنات قلبیاتی هستند، گرچه چنین واکنشهایی هنوز زیان آور مشخص نشده اند.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۹- آزمایشات پتروگرافی رامی توان آنحصاصاً درجهت امکان وجود آلودگیهای در مصالح دانه ای همانند شیشه مصنوعی ، ذغال نسوز، کلینکری یا خاکستر ذغال سنگ ، اکسید منیزیم ، اکسید کلسیم یا هیدروکسیدها ، میدروکربنات، مواد شیمیائی که در رفتار بتن یا خواص مصالح دانه ای اثر داشته باشند، پس مانند حیوانات، گیاهان یا سبزیجات فاسد شده و هر نوع آلودگی دیگری که می تواند در بتن نامطلوب باشد انجام داد.

۴-۱۰- این صفاتی که راهنما برای آن تهیه شده است ، موفق خواهد بود اگر در ارزیابی مصالح سنگی برای استفاده در ساخت بتن اطمینان قابل قبولی باشد و نتایج آزمایش پتروگرافی حاصله را بتوان مقایسه نمود.

۵- وسایل و مواد لازم

۵-۱- وسایل و مواد لازم صورت داده شده در زیر، اقلام انتخاب شده ای می باشند که با استفاده از آنها اجرای همه آزمایش های ارائه شده در این روش استاندارد امکان پذیر می باشد. همه این اقلام در اجرای آزمایشهای پتروگرافی مورد استفاده قرار می گیرند با وجود این منظور آن نمی باشد که اقلام مناسب دیگری که این کارها را انجام خواهند داد نتوان پیدا کرد. گرچه حق انتخاب را بایستی به متخصص پتروگرافی داد که آزمایش را انجام می دهد و اقلامی را انتخاب کند که بیشترین تجربه و آشنایی را با آنها دارد. حداقل تجهیزات لازم در اجرای آزمایش های پتروگرافی مصالح دانه ای ، اقلامی است که در اینجا صورت داده شده یا مشابه اینها که همین کارها را بتوانند انجام دهند.

۵-۱-۱- وسایل و مواد لازم برای تهیه نمونه ها

۵-۱-۱-۱- ابره برش سنگ - ترجیحاً با تیغه الماسی ۳۵۰ میلیمتر یا بزرگتر و بطور تومانیکی

۵-۱-۱-۲- چرخ سنباده افقی - ترجیحاً با قطر ۴۰۰ میلیمتر.

۵-۱-۱-۳- چرخ پایش - ترجیحاً با قطر ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر.

۵-۱-۱-۴- ساینده ها - کاربرد سیلیسیم نمره ۱۰۰ (۱۲۲ میکرومتر)، ۲۲۰ (۶۳ میکرومتر)، ۲۲۰

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

(۳۱ میکرومتر)، ۶۰ (۱۶ میکرومتر)، ۸۰ (۱۲ میکرومتر)، آلومین ۳۰۵-M (۵ میکرومتر)

۵-۱-۱-۵- کنگ یا چکش زمین شناسی

۵-۱-۱-۶- فیلم های میکروسکوپی روشن و بدون خراش و با اندازه ۲۵ × ۴۵ میلیمتر.

۵-۱-۱-۷- صمغ کانادا، خمشی، درگزیلین یا اپوکسی های باغلظت پائین یا لیک ساید* ۷۰.

۵-۱-۱-۸- گزیلین

۵-۱-۱-۹- وسیله سوار کردن - مناسب برای سوار کردن برش های سنگ برای بخش های نازک.

۵-۱-۱-۱۰- اون آزمایشگاهی

۵-۱-۱-۱۱- صفحات شیشه ای مربعی حدود ۳۰۰ میلیمتر لبه برای پخش کردن نازک.

۵-۱-۱-۱۲- تقسیم کننده نمونه با قوطی ها

۵-۱-۱-۱۳- شیشه های سرپوش نازک - غیر خورنده، مربعی، ۱۲ تا ۱۸ میلیمتر، ۲۵ میلیمتر و غیره.

۵-۱-۱-۱۴- ظرف ملات

۵-۱-۲- وسایل و مواد لازم برای آزهایش نمونه ها

۵-۱-۲-۱- میکروسکوپ مخصوص پلاریزه کردن، با سکوی مکانیکی و عدسی های کم، متوسط و قوی و وسیله متمرکز کردن عدسی، چشمی های با نیروی متفاوت، وسیله موازنه تمام باموجی مربع دارای گوه کوارتزی.

۵-۲-۱- لامپ های میکروسکوپ (ترجیحاً یک لامپ با قوس سدیمی)

۵-۲-۱-۳- میکروسکوپ استریوسکوپی با عدسی ها و چشمی هایی که بزرگنمایی نهایی از حدود ۶X تا ۱۵۰ دارند.

۵-۲-۱-۴- آهن ربا، ترجیحاً Alnico یا آهن ربای الکتریکی.

۵-۲-۱-۵- دسته و نوک سوزن

۵-۲-۱-۶- شیشه قطره چکان با ظرفیت ۶۰ میلی لیتر.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

ماده ای که در رنگ سازی بکار میرود lake side 70*

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۱-۲-۷- ظروف کشت آزمایشگاهی

۵-۱-۲-۸- انبرهای جراحی (فورسپس)، نرم، نوک مستقیم.

۵-۱-۲-۹- کاغذ عدسی

۵-۱-۲-۱۰- وسیله غوطه وری $n=1/410$ تا $n=1/785$ درگام های ۰/۰۰۵

۵-۱-۲-۱۱- سرعت سنج

۵-۱-۲-۱۲- دوربین فتوکپی و گرافی و متعلقات

۵-۲- تمام اقلام آمده در بیشتر وضعیت ها، برای ساخت بخش های نازک بکار میروند. ماشینهای نیمه اتوماتیک بخش ساز هم اکنون در دسترس می باشد و چند سازنده هستند که در Geotimes، بخش کافی شناسی آمریکا و سایر نشریه های زمین شناسی آگهی می کنند. آزمایشگاهها مقرون به صرفه خواهند یافت که یک ماشین بخش نازک ساز را تهیه کنند، یا بخش نازک درست کن تجاری تهیه کنند. آزمایشگاههای نقاط دور افتاده ارجح است که خود بتوانند بخش ها را تهیه کنند.

۵-۳- لازم است که تسهیلات برای کنترل شاخص انکسار وسیله غوطه وری در دسترس متخصص پتروگراف قرار داشته باشد. چنانچه منظور شناسایی دقیق مصالح باشد، مثل مقایسه در کوهی یا تحقیق با مقایسه نوع اصلی شیشه آتش فشانی واسطه، شاخص های انکسار، لازم است که با دقت معلوم باشند، وسیله برای مدت مدیدی پایدار نمی باشد و تحت تاثیر تغییرات قابل ملاحظه ای ناشی از تغییرات دما قرار می گیرد. آزمایشگاههایی که مجهز به سیستم کنترل دقیق دما نیستند، اغلب ضرورت پیدا می شود که وسیله غوطه وری در مدت یک روز کاری چندین بار تنظیم شود، زیرا شناسایی دقیق مورد نظر می باشد تجهیزات مورد احتیاج برای کنترل وسیله غوطه وری مشتمل است بر یک انکسار متر Abbe، انکسار متر بایستی مجهز به منشورهای موازنه ای باشد تا شاخص ها را برای نور سفید از نور سفید بخواند و با آنکه بتواند با لامپ قوسی سدیم کار کند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۵- آزمایشگاهی که دارای فعالیت های قابل ملاحظه پتروگرافی باشد، بایستی تسهیلاتی برای ساخت فوتومیکروگرافی، سابقه و پرونده نتایج کارهایی را که نمی توان با کلمات آنها را تشریح کرد در اختیار داشته باشد.

فوتومیکروگراف هایی باید انتخاب شود که از لامپ های میکروسکوپی استاندارد برای روشن سازی آنها استفاده شود، بهر حال توصیه میشود هر کجا که ممکن باشد یک لامپ قوسی زیرکونیوم برای این منظور فراهم شود. برای تشریح نوعی دستگاه ممکن است به مقاله Mather and mather و سازندگان میکروسکپ های مجهز به دوربین و تجهیزات فوتومیکروگرافی مراجعه و مشورت شود.

۶- نمونه گیری

۶-۱- نمونه ها برای آزمایش های پتروگرافی باید توسط یا تحت نظارت مستقیم یک زمین شناس آشنا با شرایط نمونه برداری انتخابی مصالح دانه ای برای بتن گرفته شوند و بطور کلی شرایط آمده در روش D75 دنبال شود.

محل دقیق نمونه برداری، زمین شناسی محل و دیگر اطلاعات مربوط بایستی همراه نمونه گزارش شود. مقدار دقیق مصالحی که بایستی در آزمایش پتروگرافی بکار رود، به ماهیت آزمایشی که بایستی انجام گیرد و طبیعت مصالحی که باید آزمایش شود، به ترتیبی که در زیر ارائه میشود، بستگی دارد:

۶-۱-۱- نمونه برداری از مراکز استخراج استفاده نشده بایستی مته های کرگیری و در حد اکثر عمقی که مصالح ممکن است تولید شوند، بعمل آید. چنین حفاری کرگیری بایستی در جهتی هدایت شود که عمود بر لایه اصلی سنگ قرار گرفته است مصالح انبوه رومی توان بامته های (NX) قطر ۵۳ میلی متر (۱/۲ اینچ) نمونه گیری کرد. بسترهای نازک یا مواد مرکب باید بامته های نه کمتر از قطر ۱۰۰ میلی متر (۴ اینچ) گرفته شوند. تعداد مغزه ها باید با اندازه کافی باشد تا پاسخگویی ملاحظات مورد نظر محدود رسوبات پیشنهادی باشد. کل ضلع مربع منطقه ای که مغزه گیری شده شامل اطلاعاتی مانند ارتفاع، عمق مغزه های از دست رفته بایستی همراه نمونه ارائه شود.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۱-۲- مراکز استخراج ذغال و مرکز رسوبات ماسه ای با شنی که در آن توده های استخراج شده آماده می باشد، کپه انتخابی برای نمونه برداری نبایستی از ۴۵ کیلوگرم (۱۰۰ پوند) یا ۳۰۰ تیکه، هر کدام بیشتر بود، برداشته شود. نمونه های گرفته شده از کپه های انباشته شده بایستی مرکب از بخش های معرف نمونه های بزرگتر جمع آوری شده با تفکیک کپه ها باشد.

۶-۱-۳- رویه های روباز مراکز استخراج غیرنولیدی، جایی که توده های مصالح کپه شده آماده وجود نداشته باشد، نمونه معرف نبایستی کمتر از ۲ کیلوگرم (۴ پوند) از هرچینه یا بستر مجزا باشد و وزن قطعه ها نبایستی کمتر از ۵/۰ کیلوگرم باشد (۱ پوند)، چنانچه کرگیری بعمل آید، به شرح بند ۶-۱-۱ عمل شود.

۶-۱-۴- رسوبات ماسه ای و شنی دست نخورده، باحضر گودال های آزمایشی تا عمق قابل پیش بینی که در آینده از نظر تولید اقتصادی خواهد، نمونه برداری میشوند نمونه ها بایستی شامل مقادیر مصالح بیشتر از اشاره شده در جدول ۱ باشند، آنها باید طوری انتخاب شوند که معرف رسوبات باشند.

جدول ۱ - اندازه های حداقل برای نمونه های ماسه طبیعی و نهشته های شنی

	مقدار			اندازه الک
	(پوند)	کیلوگرم	قطعات	
A	-	-		بزرگتر از ۱۵۰ میلیمتر (۶ اینچ)
۳۰۰ A	-	-		۷۵ تا ۱۵۰ میلیمتر (۳ تا ۶ اینچ)
-	(۴۰۰)	۱۸۰		۳۷/۵ تا ۷۵ میلیمتر (۲ ۱/۴ تا ۳ اینچ)
-	(۲۰۰)	۹۰		۱۹ تا ۳۷/۵ میلیمتر (۳/۴ تا ۱ ۱/۴ اینچ)
-	(۱۰۰)	۴۵		۴/۷۵ تا ۱۹ میلیمتر (نمره ۴ تا ۳/۴ اینچ)
-	(۵۰)	۲۳		ریزتر از ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴)

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

A نه که تراژیک قطعه از هرنوع واقعی سنگ B مصالح سنگی ریز

نمونه و در اساسه طبیعی

۷- روش

۷-۱- انتخاب نمونه ها برای آزمایش - نمونه های شن و ماسه طبیعی برای آزمایش پتروگرافی بایستی برطبق روش ۱۳۶-C خشک الک شوند و نمونه هایی برای هرناندازه الک فراهم شود. در مورد ماسه ها، یک بخش اضافی نیز بایستی برطبق روش ۱۱۷-C باشتشوی، الک نمونه تهیه شود، خشک شده این نمونه از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) باید بگذرد. نتایج تحلیلی با الک هرنمونه باروش ۱۳۶-C بایستی در اختیار متخصص پتروگرافی که آزمایش را انجام میدهد گذارده شود و او آنها را در محاسبات نتایج آزمایش های پتروگرافی مورد استفاده قرار میدهد. هرناندازه الک جداگانه آزمایش میشود و از درشت ترین شروع میشود در قطعات درشت، سنگ ها خیلی ساده تر مشخص شوند، تفکیک متباین نوعی در اندازه های بزرگتر موجب شود که دانه های چندین نوع مختلف در اندازه های کوچکتر یافت شود. انواع مهم آنها را به سادگی موجب اشتباه میشوند، می توان با استفاده از میکروسکپ استریوسکوپی شناسائی کرد، البته چنانچه در اندازه های درشت مجزا شوند، لیکن چنانچه در اندازه های کوچک با آنها روبرو شویم در این صورت آزمایش ایجاب می کند که از میکروسکپ پتروگرافی استفاده کنیم.

۷-۲- تعداد دانه های هرناندازه الک می بایستی آزمایش شود، بر حسب دقت لازم در تعیین جزء اصلی با وفور کمتر تثبیت میشود. فرض میکنیم که عملیات نمونه گیری محلی و در آزمایشگاه صحیح و قابل اعتماد می باشند، تعداد دانه های آزمایش شده، شناسائی شده و شمارش شده در هر شماره الک، تابع دقت لازم برای برآورد حضور عناصر اصلی در مقدار یکم می باشد. شماره های داده شده برای این روش در حداقل می باشند، این اعداد بر پایه تجربه و ملاحظه های آماری داده شده اند. اعتماد بر این است که دست کم ۱۵ دانه از هرناندازه الک باید شناسائی و شمارش شود، تا نتایج مورد اعتماد دست بیاید. تعیین دقیق مقدار یکم هر جزء اصلی، مستلزم شمارش تعداد دانه های درشت تر خواهد بود. چنانچه نمونه یک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

اندازه الک محتوی دانه های زیادی بیش از آنچه مورد نیاز شما برای شناسائی باشد. نمونه بایستی برابر یکی از دستورالعمل های روش C-۷۰۲ کاهش داده شود تا حاوی تعداد دانه لازم برای آزمایش گردد.

۸- آزمایش شن طبیعی

۸-۱- پوشش " ریگ ها بایستی امتحان شوند و معلوم گردد که آبارویه بیرونی آنها پوشش دارد.

چنانچه چنین پوششی وجود داشته باشد، بایستی معلوم گردد که آیا پوشش شامل مواد آسیب رسان به بتن (اپال، سنگ گچ، نمکهای که بسادگی در آب حل میشوند، مواد آلی) می باشند هم چنین بایستی معلوم کرد که پوشش با چه استحکامی به ریگ چسبیده است.

۸-۲- انواع سنگ ها - دانه های روی الک بایستی بطور نظری بر حسب نوع سنگ تقسیم شوند. چنانچه همه انواع موجود در نمونه با آزمایش سطوح طبیعی یا شکسته و یا خراش دادن و آزمایش اسید قابل تشخیص باشند، ممکن است، شناسائی بیشتری لازم نباشد. سنگ های ریزدانه ای را که نتوان با درشت نمائی شناسائی کرد یا آنکه ممکن است متشکل از اجزاء شناخته شده ای باشند که مضر برای بتن می باشند، بایستی با آزمایش میکروسکوپی استریوسکوپی کنترل شوند. اگر آنها با این وسیله هم شناخته نشدند، بایستی بوسیله میکروسکپ پتروگرافی آزمایش شوند، مقدار کاری که صرف شناسائی سنگهای ریزدانه میگردد بایستی متناسب با اطلاعات مورد لزوم درباره نمونه بخصوص باشد آزمایش دقیق یک اندازه نمونه، یا مطالعه اطلاعات بدست آمده آزمایش های قبلی همان منبع، معمولاً مقدار کار و جزئیات کار میکروسکوپی لازم را برای کسب اطلاعات کافی برای منظور مورد نظر معلوم می کند، در مواردی، روشهای پتروگرافی بغیر از میکروسکوپی مثل انکسار اشعه ایکس ممکن است ضرورت پیدا کند و یا چنین روشهایی خیلی سریع که منتهی به شناخت مصالح سنگی ریزدانه بشوند.

۸-۳- وضعیت - گروه های مجزا شده متعلق به هر نوع سنگ بایستی به منظور تعیین اینکه آیا جدا کردن شرایط فیزیکی بیشتری ضرورت دارد یا نه، آزمایش شوند. چنانچه همه دانه های یک نوع سنگ

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

در وضعیت قابل مقایسه و مشابهی قرار دارند. چنین واقعیتی بایستی مورد ملاحظه قرار بگیرد. چه بسیار که دانه های با درجات مختلف تحت تاثیر شرایط جوی قرار گرفته در یک گروه پیدا شوند. این ها بایستی بر حسب وضعیت و رفتاری که از آنها انتظار می رود. در بین از خود نشان دهند، دسته بندی گردند. انواع این گونه دسته بندیها می تواند عبارت باشد از: (۱) تازه و متراکم (۲) بطور متوسط تحت تاثیر شرایط جوی قرار گرفته، (۳) شدیداً تحت تاثیر شرایط جوی قرار گرفته، یا (۱) متراکم، (۲) منفذ دار یا منفذ دار و ریزو خرد شونده (معمولاً عملی نمی باشد که بیش از سه وضعیت در هر نوع سنگ شناسائی کرد و یک یاد وضعیت کافی می باشد.

یک جزء مهم موجود در مقدار بزرگتر، ممکن است گاهی ایجاب کند که نمونه از نظر وضعیت به چهار گروه تقسیم شود، مثال برز چرت می باشد وقتی که عنصر اصلی رادرنمونه شن تشکیل دهد، چرت ممکن است در حالت متراکم، نه شکسته مانند چرت حفره دار، چرت جلال و فرج دار، متراکم اما چرت باشکستگی زیاد، اینکه معلوم شود که از کدام یک از این چهار وضعیت، مشخصات دانه را تشکیل میدهند، تاثیر مهمی در پیش بینی رفتار دانه در بتن خواهد داشت.

۸-۲-۴- گزارش:

۸-۴-۱- در طول اجرای آزمایش، یادداشت هایی باید برداشته شود. هر نوع سنگ باید تعریف شود، خصوصیات مناسبی که بایستی یادداشت شود ممکن است شامل موارد زیرین باشد:

۸-۴-۱-۱- شکل دانه

۸-۴-۱-۲- سطح دانه، بافت

۸-۴-۱-۳- اندازه دانه

۸-۴-۱-۴- اسکلت داخلی دانه شامل شاهدات فضای خالی، توده بودن دانه ها، سیمان تاسیون دانه ها.

۸-۴-۱-۵- رنگ

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۵-۴-۱-۶- ترکیبات معدنی

۸-۴-۱-۷- تباین های مهم

۸-۴-۱-۸- شرایط فیزیکی عمومی نوع سنگی در نمونه و

۸-۴-۱-۹- حضور عناصر اصلی شناخته شده که موجب زیان ناشی از واکنش شیمیایی به بتن می شوند.

۸-۴-۲- شماره دانه ها بایستی ثبت و جدولی تهیه شود و ضمیمه گزارش گردد. با تکمیل آزمایش ، یادداشت ها باید حاوی اطلاعات کافی باشند که بتوان جدول های لازم را تهیه کرد و توضیحات لازم را گزارش کرد جدول ها باید به گونه ای تهیه شوند که ترکیب و وضعیت نمونه را بر مبنای الک، ترکیب میانگین وزن شده مبتنی بر دانه بندی نمونه رسیده و هم چنین توزیع عناصر اصلی سنگ بر حسب الک را نشان بدهند، شرح گروههای اجزاء اصلی که داده میشود بایستی شامل خصوصیات باشد که در لیست قبلی بر شمرده شده است.

۹- روش آزمایش ماسه طبیعی

۹-۱- ترتیب اجرای آزمایش ماسه طبیعی مشابه آنچه است که برای آزمایش شده ارائه شده یا تغییرات مناسبی که اختلاف در اندازه دانه ایجاد می نماید.

۹-۱-۱- اندازه های درشت تر از ۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰) بخش مانده روی الک که از الک ۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰) بزرگتر باشد ، اندازه الک بایستی بر طبق یکی از دستورالعمل های روش C: ۷۰۷ کاهش داد تا دست کم ۱۵۰ دانه باقی بماند. نمونه های کاهش یافته هر الک بایستی آزمایش شوند و اجزاء اصلی آنها شناسائی شوند با میکروسکوپ های استروسکوپی شماره ۱ گردند راحت تر آنست که نمونه را در یک ظرف شیشه ای کف تخت مثل ظروف شیشه ای آزمایشگاهی بخش کرد و دانه ها را با انسبرک آزمایشگاهی (فرسپس) و سوزن نشریج بادانه ها کار کرد. شناسائی دانه ها در ماسه با اندازه درشت تر و وقتی که در آب نیمه غوطه ور باشند، آسان تر است ، این غوطه وری انعکاس را از سطوح بیرونی می کاهد

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

وکسک به تشخیص وضعیت مایی می کند که اگر دانه خشک می بود، چنین نیستند. چند استثناء در این نظر کلی وجود دارد. در جائیکه شناسائی به سادگی انجام نگیرد آزمایش شامل آزمایش سطح طبیعی (خشک و مرطوب) با آزمایش سطح شکسته (خشک و مرطوب)، و آزمایش هایی خراش و اسیدی خواهد بود. تنها بعد از برداشتن همه این گام ها، چنانچه دانه هنوز ناشناخته باشد، متخصص پتروگرافی بایستی به میکروسکوپ پتروگرافی متوسل شود. دانه هایی که با میکروسکوپی شناسائی نشوند، و یا مشکوک به داشتن مواد شناخته شده ای هستند که در بتن واکنش زیان بخش دارند، باید کنار گذاشته شوند و با میکروسکوپ پتروگرافی شناسائی شوند. چنانچه پاسخ واکنش باقلیائی ها (سدیم و پتاسیم) خمیرسیمان پرتلند در آزمایش نمونه قابل ملاحظه بود، کارهای اضافی بخصوصی باید اجراء گردد. چنانچه دانه های ماسه درشت تر، حاوی دانه های ریزتر باشد، احتمالاً سنگ های آذرین شیشه مانند، چندین ذره نوعی ازهریک از انواع چنان سنگ هایی بایستی انتخاب شود و مورد آزمایش بیشتر قرار گیرد. متخصص پتروگرافی سپس با خرید کردن دانه های نوعی حضور یا عدم حضور شیشه را مشخص کند و آنها را در حالت نیمه غوطه ور با میکروسکوپ پتروگرافی آزمایش نماید. در وضعیت های سخت یا بسیار حساس، ممکن است ایجاد کند که دانه های مشکوک را خرید کنیم، دوتیکه از دانه را در حالت غوطه وری روی هم سوار کنیم (یک تیکه نازک از یک دانه بایک تیکه از دانه ویژه) جائیکه ماسه حاوی چرت باشد و با واکنش بالقوه چرت مهم باشد، تعدادی از دانه های چرت در روی الک ۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰) جداگذازده میشود تا شاخص شکست نور مشخص شود. روشهای رنگین کردن آبی متالین در شناسائی وجود سمکتیت* ممکن است مفید باشد.

۹-۱-۲- اندازه های ریزتراز ۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰) دانه های ریزتراز ۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰) باید در داخل یک بخش کننده نمونه یا با ۴ قسمت شدن به حدود ۴ یا ۵ گرم کاهش داده شود.

حجم معمولاً کمتر از یک قاشق چای خوری لب پرمی باشد. در بعضی درجه بندی ها، بخش باقیمانده روی الک ۱۵۰ میکرومتر (نمره ۱۰۰) و الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) ممکن است آنقدر کم باشد که

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

*smectite

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

کاستن از آنها ضرورتی نداشته باشد.

این بخش های خرد بدست آمده، بایستی روی نمونه خردکن کوچک یا بادقت چهاربخش کردن روی یک برگ کاغذ تمیز با کاردک با زهم کاهش داده شوند، آزمایش مطابق بند ۹-۱-۱ اجرا شود در صورت لزوم میکروسکوپ پتروگرافی استفاده میشود. نماینده هر جزء کاهش یافته باید در روغن غوطه وری روی یک فیلم شیشه ای سوار شوند و با شیشه سرپوش تمیز پوشیده شوند، یک روش کاملاً رضایتبخشی برای کاهش این نمونه های جزء به تعداد دانه از پیش تعیین شده تا کنون شناخته نشده است. جزء کاهش یافته را می توان با پخش آن به صورت یک لایه نازک روی شیشه با کاغذ تمیز نمونه گیری کرد، انتهای سوزن تشریح مرطوب شده در روغن غوطه وری را از میان نمونه می گذرانیم و دانه هایی را کم به سوزن می چسبند به داخل یک قطره روغن غوطه وری به روی یک فیلم تمیز منتقل می کنیم وقتی این کار بادقت انجام گرفت، در این صورت نسبتاً یک نمونه نماینده بدست آورده ایم. چنانچه سوزن تشریح از فولاد مغناطیس شده ساخته شده باشد، در این صورت تمرکز مواد معدنی مغناطیسی ممکن است حاصل شود. معمولاً لازم است که چندین جزء الک ۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰۰) و ۱۵۰ میکرومتر (نمره ۱۰۰) سوار کنیم تا دست کم ۱۵۰ دانه از هر یک بدست بیآوریم. ضریب روغن غوطه وری باید بگونه ای انتخاب شود که شناسائی اجزاء اصلی موثر در حد امکان آسان و مشخص انجام شود. استفاده از یک روغن غوطه وری با شاخص برآبر یا دقیقاً زیر شناختن در کوهی (۱/۵۴۴) توصیه میشود. فیلم بایستی روی یک میکروسکوپ پتروگرافی مجهز به یک اشکوب (Stage) مکانیکی سوار شود. چندین چرخش باید داده شود، و هر دانه ای که از زیر مومی گذرد باید شناسائی و شمارش شود. دقت باید مبذول شود که فیلم در جهت شمال - جنوب در فاصله چرخش ها حرکت داده شود تا اینکه دانه ای دوبار شمارش نشود. هر جزء گذشته از الک ۶۰۰ میکرومتر (نمره ۳۰) و باقیمانده روی الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) بایستی به ترتیبی که ارائه شد، آزمایش شوند. معمولاً مصالحی که از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) میگذرد، روی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

یک فیلم سوار میشوند و به ترتیبی که از بالا اشاره شد، با استفاده از میکروسکوپ پتروگرافی آزمایش میشوند و ترکیبات آن برآورد میگردد. اگر مقدار زیاد این اندازه بطور غیرعادی، پیدا شد، یا محتوی اجزایی باشد که انتظار برود تاثیر قابل توجهی بر روی ثبات دانه های مصالح برای مصرف مورد نظر داشته باشند، بایستی شمارش گردندوبه حساب بیایند. در این راستا پیشنهادی شود که جزء گذشته از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) از شمارش روی الک ۴۵ میکرومتر (نمره ۳۲۵) شسته شود.

۹-۱-۴- بخش های نازک دانه با استفاده از یک اپوکسی در طبقه بندی ذرات گذشته از الک ۳۰۰ میکرومتر (نمره ۵۰) می تواند مفید باشد.

نمونه کربگری یا مته، سنگ رگه های فلزدار، سنگ خرد شده و ماسه کارخانه ای

۱۰- آزمایش نمونه مغزه مته ای

۱۰-۱- هر نمونه مغزه بایستی آزمایش شود و جدولی تهیه گردد و در این جدول مقدار طول کربگری شده، نمونه های ازدست داده و محل، محل و فاصله سطوح شکست و جدا شده، نوع یا انواع سنگ مادر (لیتولوژیکی)، تناوب انواع، شرایط فیزیکی و تفاوت شرایط باسفتی، سختی، چسبندگی، خلل و فرج آشکار، اندازه دانه، بافت، تغییرات در اندازه و بافت دانه، نوع یا انواع شکستگی، و حضور اجزاء اصلی که واکنش های زیان آور درین داشته باشند. باید ذکر گردد. چنانچه اندازه مغزه اجازه دهد، احتمال اینکه بتواند مصالح دانه ای با حداکثر اندازه مورد نیاز را بدهد، بایستی مورد ملاحظه قرار بگیرد. چنانچه رویه مغزه ای که آزمایش میشود، مرطوب باشد، تشخیص ویژگی های مهم و تغییرات در شکل زمین شناسی چینه ها و لایه ها آسان تر خواهد بود. بیشتر اطلاعات مورد لزوم معمولاً با آزمایش عینی دقیق، ایجاد خراش و آزمایش اسید و کوبیدن نمونه با چکش بدست میآید. در وضعیت سنگهای ریزدانه ای، ممکن است لازم شود که قسمت هایی از نمونه مغزه با استفاده از میکروسکوپ استریوسکوپی، یا با آماده کردن بخش های نازک انتخابی، آزمایش شوند. برخی ملاحظات و شیوه های

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

انجام کار، برای برخی انواع سنگهای بخصوص عملی ترمی باشند. تابلای انواع دیگر. معدن و لاسنگ های لایه ای که برای مصالح دانه ای بتن در نظر گرفته شوند عبارتند از سنگهای آهکی و برحسب اتفاق سنگهای دگرگونی مثل فیلیت (نوعی شیست رسی)، گنیس یا شیست. یک پرسش مهم که در آزمایش سنگ آهک مطرح است، وجود، نوع و توزیع ناخالص های رس می باشد، رگه های سنگ های آهکی که لایه های آنها به صورت متورق نرم در میان آنها باشد، می تواند منابع مناسبی برای مصالح دانه ای باشد مشروط بر آنکه رس متورق بگونه ای پخش شده باشد که مانع تولید اندازه های بزرگ مورد نیاز نگردد و هم چنین در طول فرایند ساخت رس متورق را بتوان حذف کرد و یا کاهش داد، جائیکه ناخالص های رسی وجود دارد، ابتدا بایستی معلوم گردد که آنچه موجود است در حقیقت نوع خاک رس معدنی هستند یا دیگر معدنی ها اما در اندازه های خاک رس. چنانچه معدنی از نوع خاک رس باشند، بایستی معلوم شود که آیا شامل گروه خاک رس با خصوصیات بادکنندگی یا مونت موریلندیت ها (سیلیکات آلومینیم هیدراته، رس های متورم شونده) می باشند. تحلیل انکسار اشعه X بخصوص در شناسایی و تعیین کمیتی مواد معدنی رس بسیار ارزش مییابد. در آزمایش سنگهای آذرین ریزدانه، توجه مخصوص بایستی به طبیعت توده معدل شود. این آزمایش بایستی شامل تعیین حضور یا عدم حضور آپال، عتیق، شیشه طبیعی، و مواد معدنی از نوع خاک رس گروههای سمتیت یا مونت موریلندیت بگردد، چنانچه هر یک از این مواد پیدا شد، مقدار آن بایستی محاسبه شود و در صورت وجود شیشه طبیعی، نوع آن باید مشخص گردد.

۱۱ - آزمایش سنگ بارگه فلزی

۱۱-۱ نحوه اجراء این آزمایش بایستی مشابه همان نمونه های مغزه باشد البته تا آنجا که اندازه تک تک قطعه ها و فاصله میان آنها ایجاب نماید. چنانچه نمونه شامل مقادیر زیادی سنگهای شکسته شده حاصل از آتشفشانی معدن باشد، مطلوب آن است که کل نمونه بازدید شود، و فوراً انواع سنگها یا تنوع آنها معلوم شود و پیش از ادامه کار از هر نوع نمونه برداری شود. دنباله ضرر کار عمدتاً به همان شرحی خواهد بود

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

که برای سنگهای خردشده آمده است.

۱۲- آزمایش سنگهای خردشده

۱۲-۱- نحوه اجرای آزمایش سنگهای خردشده، بایستی مشابه مغزه ها باشد به جز اینکه بایستی داده‌هایی از نقطه نظر شمارش دانه های الک های مختلف، همانطوریکه در بخش ۷ تشریح گردیده بدست آورده شود.

۱۳- روش آزمایش ماسه کارخانه ای

۱۳-۱- روش آزمایش شبیه به ماسه طبیعی با تاکید خاص روی مقدار، دامنه شکستگی و مقدار و طبیعت گرده سنگ تولید شده توسط عملیات معدنی می باشد. اگر نمونه سنگی که ماسه از آن تهیه شده موجود باشد، آزمایش روی آن اطلاعات مفیدی را بدست خواهد داد.

محاسبه و گزارش

۱۴- محاسبات

۱۴-۱- ترکیب هر جزء از الک روی نمونه غیر متجانس را محاسبه کنید و میانگین وزنی ترکیب کل نمونه را بشرح زیر تعیین نمایید.

۱۴-۱-۱- ترکیب هر جزء از الک را با جمع کردن تعداد کل ذرات که برای آن جزء شمارش شده بیان کنید و هر جزء اصلی در هر شرایط را به عنوان درصدی از مقدار کل محاسبه کنید بطوری که تعداد ذرات به درصد برای هر جزء الک (راحت تر می باشد که درصدها را تا دهم محاسبه و گزارش نمایید. به عنوان مثال محاسبات در نیمه بالایی جدول ۲ داده شده است.

۱۴-۱-۲- درصد وزنی جزء الک در کل نمونه را (درصدهای جداگانه مانده روی الکهای متوالی) از دانه بندی نمونه تعیین شده به روش C ۱۳۶ بدست آورید.

۱۴-۱-۳- با ضرب کردن درصد جزء اصلی روی هر الک تعیین می شود مطابق با درصد هر الک در کل نمونه که مطابق با شرح بالا بدست آمده، درصد در کل نمونه به عنوان جزء اصلی در آن اندازه محاسبه

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

کنیا، (درصد وزنی جزء اصلی در هوالک جدول ۲). راحت تراست که این درصدها به دهم محاسبه و گزارش شود.

۱۴-۱-۴- با اضافه کردن درصدهای وزنی هر جزء اصلی برای هوالک، درصد وزنی هر جزء اصلی در کل نمونه را بدست آورید. (زیر ترکیب وزنی نمونه در جدول ۲ را ملاحظه نمایید).

۱۴-۱-۵- جدولی تهیه نمایید و ترکیب هر بخش از الک و ترکیب وزنی کل نمونه را نشان دهید. مقادیر با نزدیک ترین عدد کامل گزارش شود. مقدار هر جزء اصلی را تا ۰/۵٪ یا کمتر از هر بخش الک یا کل نمونه یادداشت نمایید.

جدول ۳ از اطلاعات بدست آمده در جدول ۲ مثالی را ارائه می دهد. به عنوان قرارداد مقدار کل در روی هوالک و مقدار کل در تمام نمونه باید ۱۰۰ درصد و بدون کم بودن باشد. با مشکلات در رابطه با این قرارداد می تواند معمولاً با جمع آوری اجزاء اصلی کم اهمیت مهندسی اجتناب گردد. ارجع است که اجزاء اصلی شناخته شده که واکنش زیان آور در بتن دارند جدول بندی شود بطوری که توزیع آنها با توجه به جدول مشخص گردد گرچه مقدار در کل نمونه یا در هر بخش خیلی کوچک می باشد.

۱۵- گزارش

۱۵-۱- گزارش آزمایش پتروگرافی باید اطلاعات اصلی را برای شناسایی نمونه به عنوان منبع و استناده طراحی خلاصه نماید و شامل توصیفی از مصالح که با آزمایش مشخص شده است. گزارش باید روش بکاررفته را ثبت نماید و توصیفی از طبیعت و خصوصیات هر جزء اصلی نمونه بدست دهد، ضمیمه نمودن چنین جداول و عکسهایی که ممکن است لازم باشد یافته ها و نتایج باید بر حسب عباراتی قابل فهم برای کسانی که باید تصمیم به عنوان مناسب بودن مصالح جهت استفاده به عنوان مصالح دانه ای بتن هستند بیان گردد.

۱۵-۲- وقتی که نمونه ای دارای خواص یا اجزاء اصلی که اثرات غیر مطلوب ویژه در بتن بگذارد باشد، آن خواص یا اجزاء اصلی باید بطور کیفی، عدلی زیاد و به طور کمی تشریح گردند. اثرات غیر مطلوب که

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

انتظار می‌رود در متن به دنبال داشته باشد باید بیان گردد. در صورت مقتضی باید بیان گردد که نمونه داده شده شامل خصوصیات غیر قابل نمی باشد. وقتی چنین حالتی است مقتضی است که اگر گزارش آزمایش پتروگرافی ضمیمه گزارشات نتایج آزمایشات شیمیایی و فیزیکی نمی باشد برای آنها حدود عددی عملی است که اضافه کند آن مصالح قابل قبول برای استفاده هستند در آزمایشات عملی قابل قبول شناخته شده اند و نتایج در حدود مناسب می باشند. گرچه گزارش نباید شامل نتایج دیگر که بر اساس یافته های آزمایش است باشد مگر اینکه اطلاعات اضافی برای هدایت چنین نتایجی باشد یا با گزارش پتروگرافی، پتروگرافی موجب شده است که دیگر اطلاعات غیر پتروگرافی مربوط تحلیل شود.

۱۵-۳- گزارش پتروگرافی باید شامل توصیه های اضافی در رابطه با بررسی های زمین شناسی، فیزیکی، شیمیایی، پتروگرافی باشد که ممکن است در ارزیابی خواص مضر که توسط آزمایش پتروگرافی اجرا شده نشان داده باشند. بررسی های پتروگرافی تکمیلی ممکن است شامل تحلیل کمی و کیفی مصالح دانه ای یا بخش های انتخاب شده در رابطه با آنکسار اشعه X، روشهای اختلاف حرارتی یا دیگر روشهایی که مستقیماً برای شناسایی و توصیف اجزاء اصلی مصالح سنگی هستند، باشد.

۱۶- دقت و انحراف

۱۶-۱- این روشهای آزمایش که در ارتباط با این راهنما در ASTM استاندارد شده اند در معرض داشتن بخشهای دقت و انحراف می باشند. آنهايي که استاندارد نشده اند تمایل به داشتن این بخش دارند اگر وقتی که استاندارد شوند. هر کدام از روشهای غیر استاندارد بیان شده برای استفاده اختیاری در این دستورالعمل به گونه ای استفاده شده اند که منجر به تهیه بیان دقت و انحراف هستند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۲ - محاسبه نتایج شمارش ذرات

Individual Particle Number on Sieve	19.0-mm (3/4-in.)		12.5-mm (1/2-in.)		9.5-mm (3/8-in.)		4.75-mm (No. 4)	
	Number of Particles	%	Number of Particles	%	Number of Particles	%	Number of Particles	%
A ₁	250	50.0	200	40.0	150	30.0	50	10.0
A ₂	50	10.0	100	20.0	125	25.0	100	20.0
A ₃	10	2.0	50	10.0	75	15.0	100	20.0
B ₁	107	21.4	70	14.0	62	12.4	32	6.4
B ₂	76	15.2	53	10.6	19	3.8	87	17.4
B ₃	...	...	20	4.0	43	8.6	96	19.2
C ₁	5	1.0	5	1.0	20	4.0	20	4.0
C ₂	2	0.4	2	0.4	6	1.2	10	2.0
C ₃	...	...	...	...	...	...	5	1.0
Totals	500 ^c	100	500 ^c	100	500 ^c	100	500 ^c	100

Individual Particle Number on Sieve	19.0 mm (3/4-in.)		12.5-mm (1/2-in.)		9.5-mm (3/8-in.)		4.75-mm (No. 4)	
	Number of Particles	%	Number of Particles	%	Number of Particles	%	Number of Particles	%
A ₁	8.7	13.0	8.9	2.1	8.9	2.1	52.7	54.6 (Total A)
A ₂	1.7	6.5	7.4	4.1	7.4	4.1	19.7	19.7
A ₃	0.4	3.3	4.4	4.1	4.4	4.1	12.2	12.2
B ₁	3.7	4.6	3.7	1.3	3.7	1.3	13.3	13.8 (Total B)
B ₂	2.6	3.5	1.1	3.6	1.1	3.6	10.8	10.8
B ₃	...	...	2.5	3.9	2.5	3.9	7.7	7.7
C ₁	0.2	0.3	1.2	0.8	1.2	0.8	2.5	3.6 (Total C)
C ₂	0.1	0.1	0.3	0.4	0.3	0.4	0.9	0.9
C ₃	...	...	...	...	...	...	0.2	0.2
Total in sample, condition 1	17.4	32.6	29.5	20.5	29.5	20.5	48.5	48.5
Total in sample, condition 2	...	...	...	...	...	...	31.4	31.4
Total in sample, condition 3	...	...	...	...	...	...	20.1	20.1

^a This table indicates a convenient method of setting up a work sheet for recording results and calculations. The results developed here are entered in the form indicated by Table 3. Table 3 is included in the photographic report. Table 2 is not.

^b Letters (A, B, C) refer to the various constituents found, subscript numbers (1, 2, 3) refer to the various conditions in which each constituent has been found, such as negative degree of weathering.

^c The recommendation concerning the number of particles to be counted has been met; the selection of 500 particles per fraction for the example is to illustrate the conclusion; it is not intended to suggest that a predetermined number of particles per fraction should be selected.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM: C ۵۳۵-۸۹

روش استاندارد آزمایش تعیین مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح سنگی درشت دانه با اندازه بزرگ در ماشین لس آنجلس

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح سنگی درشت دانه با اندازه بزرگتر از $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلیمتر) را با استفاده از دستگاه لس آنجلس فراهم می سازد.

توجه ۱- روش آزمایش مصالح سنگی درشت کوچکتر از $\frac{1}{4}$ اینچ ($\frac{37}{5}$ میلیمتر) در استاندارد C1۳۱ آمده است.

۱-۲- این استاندارد ممکن است بامواد، عملیات و وسایل خطرناک سروکار داشته باشد. این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در نظر نمی گیرد. بر عهده استفاده کننده از این استاندارد است که دستورالعمل های ایمنی و سلامتی را قبل از استفاده از آن تعیین نماید.

۲- مدارک مرجع:

۱-۲- استانداردهای ASTM:

C1۳۱ روش تعیین مقاومت در مقابل سائیدگی مصالح سنگی درشت دانه با اندازه کوچک توسط ماشین لس آنجلس

C1۳۶ روش آزمایش دانه بندی مصالح سنگی ریز و درشت

C۶۷۰ دستورالعمل تهیه دقت و خطای روشهای آزمایش مصالح ساختمانی

C۷۰۲ دستورالعمل کاهش نمونه های صحرائی مصالح برای آزمایش

D۷۵ دستورالعمل نمونه گیری مصالح سنگی

E۱۱ مشخصه الکهای تورسیمی برای اهداف آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- خلاصه روش آزمایش

۳-۱- آزمایش لس آنجلس اندازه گیری جداشدن کانیهای مصالح سنگی بادانه بندی استاندارد در نتیجه سایش یا خراش در یک استوانه فولادی چرخشی شامل تعدادی کره فولادی مشخص، تعداد کره ها بستگی به دانه بندی نمونه آزمایش دارد، می باشد. آنچنانکه استوانه می چرخد یک صفحه پره ای نمونه و کره های فولادی را بالای برد، آنها را به اطراف پرت میکند تا در جهت دیگر استوانه فروافتند و حالت خوردشدگی ایجاد می نماید. محتویات سپس در اطراف استوانه با سایش و خراش می چرخند تا به صفحه پره ای برخورد نمایند و این دور تکرار می شود. بعد از تعداد دورهای از قبل تعریف شده محتویات از استوانه خارج شده و مصالح سنگی برای اندازه گیری جدا شده ها به عنوان درصدافت، الک می شوند.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- آزمایش لس آنجلس به عنوان نشانه ای از کیفیت نسبی بابربری منابع مصالح سنگی مختلف که دارای ترکیبات معدنی مشابه هستند به کار می رود. نتایج به طور اتوماتیک مقایسه قانونی بین منابع به وضوح متفاوت از نظر منشاء، ترکیب یا ساختار را میسر نمی سازد. حدود مشخصه براساس این آزمایش باید با دقت اضافی در ملحوظ داشتن انواع مصالح سنگی در دسترس مشخص گردد و تاریخچه عملکردشان در کاربردهای انتهایی مشخص گردد.

۵- وسایل آزمایش

۵-۱- ماشین لس آنجلس - ماشین آزمایش لس آنجلس مطابق با آزمایش C131 می باشد.
۵-۱-۱- ماشین باید بگونه ای حرکت نماید و چنان متعادل گردد که سرعت دور از مرکز را به طور قابل توجهی یکنواخت نگه دارد. (توجه ۲) اگر نبشی به عنوان پره استفاده شود جهت چرخش آن باید به گونه ای باشد که وزنه توسط سطح خارجی نبشی گرفته شود.
توجه ۲ - پس زدن یا شیب مکانیزم حرکت مشابه با نتایج آزمایش تجهیز است که توسط ماشینهای لس آنجلس دیگر که سرعت دور از مرکز ثابتی ایجاد می نمایند، تکرار نشده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲-۵- الکها، طبق مشخصات E11

۳-۵- ترازو - ترازوی باقیان با حساسیت ۰/۱٪ بیش از بار لازم در محدوده آزمایش.

۴-۵- وزنه - وزنه باید شامل ۱۲ گلوله فولادی کروی با میانگین قطر تقریبی $1\frac{27}{32}$ اینچ (۴۶/۸ میلیمتر) باشد. وزن هر کدام بین ۳۹۰ و ۴۴۵ گرم می باشد. وزن کل ۲۵+۵۰۰۰ گرم را دارند.

توجه ۳- گلوله های فولادی به قطر $1\frac{13}{16}$ اینچ (۴۶/۰۳۸ میلیمتر) و $1\frac{7}{8}$ اینچ (۴۷/۶۲۵ میلیمتر) به وزن تقریبی هر یک به ترتیب ۳۰۰ و ۴۴۰ گرم به راحتی در دسترس است. گلوله های فولادی به قطر $1\frac{27}{32}$ اینچ (۴۶/۸ میلیمتر) و وزن تقریبی ۴۲۰ گرم همچنین ممکن است در دسترس باشد. وزنه ها ممکن است شامل ترکیبی از این اندازه ها باشد.

۶- نمونه گیری

۱-۶- نمونه صحرائی باید مطابق با دستورالعمل D۷۵ بدست آید و مطابق با دستورالعمل C۷۰۲ به اندازه آزمایش کاسته شود.

۷- نمونه آزمایش

۱-۷- نمونه آزمایش باید شسته شده و دراون بادمای ۲۲۱ تا ۲۳۰ درجه فارنهایت (۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد) تارسیدن به وزن ثابت خشک شود. (توجه ۴) به قسمتهای با قطر هم اندازه تقسیم شود و مطابق بادانه بندی جدول ۱ که متناظر با اندازه مصالح سنگی که باید آزمایش شود مجدداً ترکیب گردد. وزن نمونه قبل از آزمایش باید با تقریب یک گرم گزارش شود.

توجه ۴- اگر مصالح سنگی عاری از گرد و غبار و مواد چسبنده هستند، شستن نمونه قبل و بعد از آزمایش ممکن است حذف شود. حذف شستن نمونه بعد از آزمایش به ندرت کاهش اندازه گیری افت رادر حدود بیش از ۰/۲٪ وزن اولیه نمونه بدنبال دارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جدول ۱- گروه بندی نمونه های آزمایش

وزن اندازه های نشان داده شده به گرم			اندازه الک به میلیمتر (اینچ) (با سوراخهای مربعی)	
گروه بندی (A)			مانده	گذشته
۳	۲	۱		
.....	.....	2500 ± 50	(2 1/4) 63	(3) 75
.....	.....	2500 ± 50	(2) 50	(2 1/4) 63
.....	5000 ± 50	2500 ± 50	(1 1/4) 37.5	(2) 50
5000 ± 25	5000 ± 25	.....	(1) 25/0	(1 1/4) 37.5
5000 ± 25	.....	.....	(3/4) 19/0	(1) 25/0
10000 ± 50	10000 ± 75	10000 ± 100	کل	

A گروه های ۱ و ۲ و ۳ به ترتیب متناظر با گروه های G, F, E در روش ASTM: C 131 اصلاح شده، آزمایش برای تعیین سائیدگی مصالح سنگی درشت با استفاده از ماشین لس آنجلس می باشد که در کتاب استاندارد ASTM سال ۱۹۶۱ قسمت ۴ آمده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۸- روش آزمایش

۸-۱- نمونه آزمایش ووزنه رادرماشین آزمایش لس آنجلس قراردهید و ماشین را با سرعت ۳۰ تا ۳۳ دور در دقیقه برای ۱۰۰۰ دور چرخش بچرخانید. بعد از تعداد دوره های تعیین شده، مصالح را از ماشین خارج کنید و ابتدا نمونه را از الک درشت تر از $1/70$ میلیمتر (نمره ۱۲) عبور دهید. بخش ریزتر باید سپس روی الک $1/70$ میلیمتر مطابق با روش C136 الک شود. مصالح درشت تر از الک $1/70$ میلیمتر باید شسته شود (توجه ۴)، در دمای ۲۲۱ تا ۲۳۰ درجه فارنهایت (۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد) تا وزن ثابت خشک شوند و با دقت ۵ گرم وزن شوند (توجه ۵)

توجه ۵- اطلاعات عددی در رابطه با یکنواختی نمونه تحت آزمایش ممکن است با تعیین افت بعد از ۲۰۰ دور بدست آید. این افت نباید بدون شستن مصالح درشت تر از الک $1/70$ میلیمتر (نمره ۱۲) تعیین شود. نسبت افت بعد از ۲۰۰ دور به افت بعد از ۱۰۰۰ دور نباید برای مصالح با سختی یکنواخت از $0/2$ تجاوز نماید. وقتی که این مقدار تعیین گردید، با دقت از کم شدن هر قسمتی از نمونه اجتناب کنید. کل نمونه شامل گرد و غبار شکسته ها را به ماشین آزمایش برای ۸۰۰ دور نهایی لازم جهت تکمیل آزمایش برگردانید.

۹- محاسبات

۹-۱- افت (اختلاف بین وزن اولیه ووزن نهایی نمونه آزمایش) به عنوان درصدی از وزن اولیه نمونه آزمایش بیان می گردد. این مقدار را به عنوان درصد افت گزارش کنید.

توجه ۶- درصد افت تعیین شده با این روش هیچگونه رابطه شناخته شده ای با درصد افت برای همان مصالح که به روش C131 آزمایش شوند، ندارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۰- دقت

۱۰-۱- دقت برای این روش آزمایش دقت تعیین نشده است. انتظاری رود که باروش آزمایش C۱۳۱ قابل مقایسه باشد.

۱۰-۲- انحراف - از آنجایی که مصالح مرجع مناسبی برای تعیین انحراف این روش قابل قبول نمی باشد، هیچ بیان انحرافی انجام نشده است.

ASTM : C ۸۵۱ - ۷۶

استاندارد دستورالعمل پیش‌نهادی به منظور تخمین مقاومت خراشی درشت دانه‌ها

۱- هدف

۱-۱ - روش کار پیشنهادی، طرزکاری را برای برآورد کمی ذرات نرم در درشت دانه‌ها بر مبنای آزمایش خراش ارائه می‌کند. این روش به منظور تعیین هویت مصالحی که نرم هستند بخصوص آنهایی که بقدری ضعیف بهم پیوند شده‌اند که دانه‌های جدا از هم در یک قطعه، بسادگی از توده جدا می‌شوند، تهیه شده است. این آزمایش به منظور تعیین هویت سایر انواع مصالح زیان‌آور در مصالح تهیه نشده است. و در مشخصات باید جداگانه ذکر گردند. این روش هم چنین در مورد انواع معینی از مصالح مثل سنگ آهک که اجزاء معدنی آنها نسبتاً نرم، اما خوب بهم پیوسته هستند، برای بتن و سایر فرآورده‌های نهایی، گواهی می‌دهد که ممکن است با دستگاه آزمایش خراش، شیاری در دانه‌ها ایجاد کرد، تهیه نشده است.

۱-۲ - این طرزکار پیشنهادی در اصل برای کار در صحرا برای برآورد کیفیت لایه رسوبی درشت دانه تهیه شده است. استفاده از این روش در آزمایشگاه هم سودمند می‌باشد و وقتی همراه با بازرسی عینی توأم شود، یک وسیله راحت و سریع را برای تعیین مقدار ذرات نرم در مصالح دانه‌ای ارائه می‌کند. این آزمایش هم چنین می‌تواند به منظور تفکیک مقدماتی منابع مصالح دانه‌ای بکار رود، اما بعنوان مسجل کردن مشخصات نمی‌تواند مورد ملاحظه قرار بگیرد.

۱-۳ - در صورت درخواست چنین آزمایشی، آزمایش خراش بایستی روی رویه تازه شکسته دانه‌های مصالح دانه‌ای اجرا گردد. چنانچه دانه حاوی بیش از یک نوع سنگ باشد و قسمتی از آن سخت و بخشی نرم باشد، چنین دانه‌ای بایستی اگر بخش نرم یک سوم یا بیشتر از حجم دانه را تشکیل دهد، بعنوان دانه نرم طبقه‌بندی شود. آزمایش مقاومت خراش را می‌توان روی رویه باز یک دانه انجام داد، مشروط بر اینکه نرم شدن ناشی از هوازدگی مورد ملاحظه قرار بگیرد. دانه با رویه نازک نرم و هوازده و مغزه سخت معمولاً بایستی تحت عنوان دانه "نرم" طبقه‌بندی شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۲- وسایل آزمایش

۱- ۲ - میله برنجی، $\frac{1}{16}$ اینچ قطر (۱/۶ مم) بانوک گرد شده نصب شده روی وسیله‌ای که بتواند نیرویی برابر با $2 \pm 0/1$ پوند نیرو ($8/9 \pm 0/2$ نیوتن) به نمونه مورد آزمایش وارد بیاورد. طرح مناسبی برای این دستگاه در شکل ۱ نشان داده شده است. میله برنجی باید دارای سختی لازم باشد که وقتی نوک آن تیز شود بتواند یک سکه یک سانی مسی (سکه آمریکایی با نقش لینکلن) را خراش بیندازد، اما نتواند سکه یک سنتی نیکیلی (سکه آمریکایی با نقش جفرسون) را خراش بیندازد. برای کار در صحرا، یک میله برنجی با اندازه و درجه سختی مشروطه را می‌توان در داخل یک چوب، مداد معمولی سوار کرد.

۳- نمونه‌ها

۱- ۳ - درشت دانه‌های این آزمایش باید از مصالحی باشند که دانه‌های ریزتر از آنک $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ مم) از آنها جدا شده باشند. نمونه مورد آزمایش باید به آن اندازه باشد که کمتر از مقدار اندازه‌های مختلف مشخص شده در جدول ۱ نباشد و به مقدار ۱۰ درصد یا بیشتر آماده گردند.

۲- ۳ - چنانچه نمونه حاوی کمتر از ۱۰٪ از هر اندازه مشخص شده در جدول ۱ باشد، آن اندازه نبایستی آزمایش شود، لیکن به منظور محاسبه نتایج آزمایش، باید آنرا حاوی همان مقدار درصد ذرات نرم که میانگین اندازه بزرگتر بعدی و اندازه کوچکتر بعدی می‌باشد، دانست و بحساب آورد، یا اگر چنین اندازه‌هایی در مخلوط نبودند، باید مقدار ذرات نرم را به اندازه افت اندازه بزرگتر و یا کوچکتر هر کدام که موجود بودند، به حساب آورد.

۳- ۳ - شرایط منظور شده در بند ۱- ۳ مصالحی را دربر می‌گیرد که مرکب از مخلوطی از انواع مختلف سنگ می‌باشد. وقتی مصالح مرکب از فقط یک نوع سنگ باشد، وزن نمونه مورد آزمایش را می‌توان به مقدار لازم به تشخیص مهندس گاهش داد.

۴- روش آزمایش

۱- ۴ - هر دانه مصالح دانه‌ای را تحت آزمایش یک حرکت خراشی میله برنجی با اعمال یک نیروی ۲ پوند نیرویی (۸/۹ نیوتن) قرار دهید. دانه‌هایی نرم تندی می‌شوند که در طول فرایند خراش بدون آنکه میله برنجی براده‌ای بدهد، یک سیار در آنها ایجاد شود و یا آنکه ذرات جداگانه‌ای از قطعه سنگ جدا شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

یادآوری - در مورد برخی ماسه سنگ‌ها، ذرات برنجی ممکن است روی آزمایش بافت‌های سخت بریزد که در همان حال ذرات جداگانه از قطعه سنگ، هم جدا می‌شوند که این امر بعلت سستی لایه متصل‌کننده آنها می‌باشد. چنین دانه‌هایی نیز بایستی "نرم" طبقه‌بندی شوند.

۵- محاسبات و گزارش

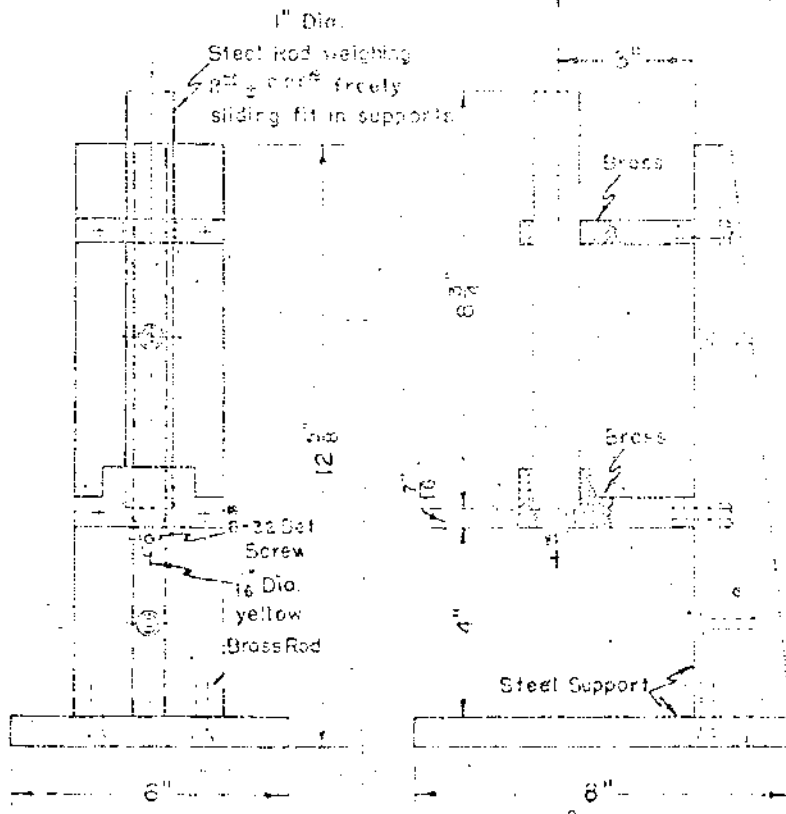
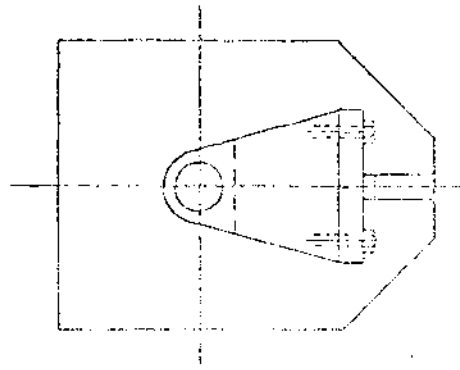
۱-۵- گزارش باید حاوی اطلاعات زیرین باشد:

- ۱-۱-۵- وزن و تعداد دانه‌های هر اندازه هر نمونه مورد آزمایش بتوسط میله برنجی،
- ۲-۱-۵- وزن و تعداد دانه‌های هر اندازه هر نمونه طبقه‌بندی شده به‌عنوان "نرم" در آزمایش،
- ۳-۱-۵- درصد طبقه‌بندی نمونه آزمایش به‌عنوان "نرم" بر حسب وزن و تعداد دانه‌ها، و
- ۴-۱-۵- درصد وزن میانگین دانه‌های نرم محاسبه شده از درصد‌های در بند ۱-۳ و ۵-۱-۳ و بر مبنای دانه‌بندی نمونه مصالح دانه‌ای دریافتی برای آزمایش یا ترجیحاً برانگین دانه‌بندی مصالح نماینده که بخش نمونه آزمایشی از آن می‌باشد. در این محاسبات، اندازه‌های ریزتر از الک $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ مم) بایستی منظور شوند.

جدول شماره ۱ - حداقل اندازه نمونه مورد آزمایش (الکته‌های با سوراخ مربع)

وزن نمونه، گرم	اندازه الک اینچ (مم)	
۲۰۰	(۹/۵ تا ۱۲/۵)	$\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{8}$
۶۰۰	(۱۹ تا ۱۲/۵)	$\frac{3}{4}$ تا $\frac{1}{2}$
۱۵۰۰	(۲۵ تا ۱۹)	۱ تا $\frac{3}{4}$
۴۵۰۰	(۳۷/۵ تا ۲۵)	$1\frac{1}{4}$ تا ۱
۱۲۵۰۰	(۵۰ تا ۳۷/۵)	۲ تا $1\frac{1}{4}$

C 851



Metric Equivalents

شکل ۱ - وسایل برای آزمایش مقاومت خراشی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

روش اجرائی اندازه گیری سولفات های محلول در آزمایشگاه با استفاده از

ASTM: D 516, A. ASHTO: T 260

روش اندازه گیری سولفات های محلول در آب با توجه به جدول (۱۲ - ۲R - ۲۰۱: ACI) بعد از رسیدن نمودار به آزمایشگاه.

۱ - ابتدا نمونه را در اون 105°C کاملاً خشک نمائید و چنانچه مصالح درشت دانه باشد باید آنرا خرد کرد تا از الک نمرة ۴ ($4/75\text{mm}$) عبور نمایند سپس 300 گرم از این مصالح را بعد از کوارتر کردن انتخاب نموده و آسیاب کنید بطوریکه از الک نمرة ۵۰ عبور کنند یعنی ذرات آن ریزتر از $0/3$ میلیمتر باشد آنگاه 25 گرم از نمونه انتخاب و وزن کرده و در بطری مخصوص بریزید و 250°C آب به آن اضافه کرده در بطری را کاملاً بسته و مدت یکساعت آنرا شیکر نمائید سپس بوسیله قیف بوختر آنرا صاف کنید. 100°C از محلول را جهت اندازه گیری سولفات انتخاب نمائید اجرای روش سولفات با استفاده از روش A استاندارد D516 عملی می باشد.

۲ - معرفیها

۱ - کلرید باریم (BaCl_2 - 100 گرم از این ماده را در 1000°C آب حل نمائید.
- اسید کلریدریک غلیظ با وزن مخصوص (۱/۱۹) - 100°C از این اسید HCl را با 100°C آب مخلوط نمائید.

- کاغذ تورنسل - (یا معرف متیل اورانژ)

- نیترات نقره (100 گرم در لیتر) - 10 گرم نیترات نقره را در 100°C آب مقطر حل نمائید.

۳ - روش آزمایش

100°C از عصاره حاصل از مرحله (۱) را بوسیله پیپت حبابدار اختیار کرده داخل بشر 250°C بریزید سپس 100°C اسید کلریدریک به آن اضافه نمائید و خوب هم بزنید بشر را روی حرارت قرار داده تا بجوشد. بعد از جوش آمدن 100°C کلرور باریم در حال جوش را به آن اضافه کرده و خوب بهم بزنید. در طول اضافه کردن BaCl_2 به آرامی محلول را به هم زده تا رسوب ظاهر شود. (BaSO_4)، سپس این بشر و محتویات را بمدت حداقل ۲ ساعت روی حرارت زیر 100°C قرار داده تا رسوب گذاری کامل شود. این رسوب را یک شب بگذارید بماند و سپس روز بعد آنرا روی کاغذ صافی باند آبی صاف کنید و رسوب مانده روی صافی را با آب داغ شستشو دهید بعد از خاتمه شستشو آخرین بخش شستشو را با نیترات نقره تست نموده تا تاری بسیار کمی ظاهر شود و نشان آن است که شستشو پایان گرفته است.

کاغذ صافی و محتویات آنرا داخل کروزه چینی که قبلاً وزن شده است. بسوزانید بدون آنکه شعله ور شود بعد آنرا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴- تعریف

۴-۱- تعریف اصطلاحات بکار برده شده در این روش‌ها در استاندارد D1129 آمده است.

۵- درجه خلوص معرفها (داروهای شیمیائی)

۵-۱- مواد شیمیائی بکار رفته در این آزمایشات باید دارای درجه خلوص مشخص باشند. این مشخصات باید از طرف کمیته تعیین درجه خلوص مواد انجمن شیمی آمریکا مورد تأیید باشد و یا چنانچه از موادی با درجه خلوص دیگری استفاده میشود باید درجه خلوص آنها طوری باشد که روی دقت آزمایش اثر نداشته باشد و آنرا کم نکند.

۵-۲- مگر آنکه اشاره شود از داروهای نوع II جهت انجام این آزمایشات استفاده شود که مشخصات آنها در استاندارد D1193 بیان شده است. مواد بکار برده شده در این آزمایشات باید عاری از یون سولفات ($SO_4^{=}$) باشند.

۶- نمونه گیری

۶-۱- نمونه را طبق استانداردهای عملی (A.S.T.M) زیر جمع آوری کنید: باروش D1066 مشخصات D1192 و دستورالعمل‌های D3370.

روش A- روش وزن سنجی

۷- هدف

۷-۱- انجام این روش برای کلیه آبها و فاضلاب‌ها قابل اجراء است. این روش برای نمونه‌هایی که میزان یون سولفات آنها تقریباً ۲۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد عملی است. با تنظیم کردن مقدار نمونه، از این روش می‌توان برای اندازه‌گیری مقادیر کمتر و یا بیشتر از حد ذکر شده در بالا استفاده کرد.

۸- خلاصه روش

۸-۱- بعد از جدا کردن سیلیس و دیگر مواد نامحلول یون سولفات ($SO_4^{=}$) به صورت سولفات باریم $Ba(SO_4)$ رسوب داده می‌شود و مقدار آن پس از وزن کردن، تعیین می‌شود.

۹- مزاحمت‌ها (منظور مزاحمت‌های یونی)

۹-۱- ممکن است سولفیت‌ها (SO_3) و سولفیدها (S) اکسید شوند و همراه سولفات رسوب کنند. همچنین تازی ناشی از سیلیس و دیگر مواد نامحلول ممکن است موجب مزاحمت شود که باید دفع گردد.

۹-۲- مواد دیگری که مایل به جذب و یا تجمع روی سولفات باریم دارند موجب مزاحمت می‌شوند. اما اثر آنها به روی دقت آزمایش چندان نیست.

۱۰- معرفها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۱-۱۰ - هیدروکسید آمونیم (وزن مخصوص ۰/۹) - آمونیاک غلیظ (NH_4OH)
- ۲-۱۰ - محلول کلرید باریم (118 g/L) - ۱۱۸ گرم کلرید باریم ($\text{BaCl}_2, 2\text{H}_2\text{O}$) را در یک لیتر آب متطر حل کنید.
- ۳-۱۰ - اسید کلریدریک (۱+۹) - یک حجم اسید کلریدریک (HCl وزن مخصوص ۱/۱۹) را با ۹ حجم آب مخلوط کنید.
- ۴-۱۰ - اسید فلوئیدریک (۴۸ تا ۵۱ درصد) - اسید فلوئیدریک غلیظ (HF)
- ۵-۱۰ - محلول شناساگر متیل اورانژ (۵/۵ گرم در لیتر) - ۰/۰۵ گرم از شناساگر متیل اورانژ را در 100°C آب متطر حل کنید.
- ۶-۱۰ - اسید نیتریک (وزن مخصوص ۱/۴۲) - اسید نیتریک غلیظ (HNO_3)
- ۷-۱۰ - اسید پیکریک (محلول آبی اشباع نشده).
- ۸-۱۰ - محلول نترات نقره (۱۰۰ گرم در لیتر) - ۱۰ گرم نترات نقره (AgNO_3) را در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل کنید.
- ۹-۱۰ - اسید سولفوریک (وزن مخصوص ۱/۸۴) - اسید سولفوریک غلیظ (H_2SO_4)
- ۱۱ - روش آزمایش
- ۱-۱۱ - چنانچه نمونه مورد آزمایش تار است، آن را بوسیله کاغذ صافی باند ریز و بدون خاکستر صاف کنید (توجه ۱) و صافی و بشر را با آب داغ کاملاً شستشو دهید.
- توجه ۱ - قبل از انجام آزمایش سیلیس موجود در نمونه را می توان مطابق روشهای D_{859} بوسیله اسید کلریدریک یا اسید پرکلریدریک (HCl و یا HClO_4) دهیدراته و خارج کرد. در این صورت نیازی به انجام مرحله دود کردن سیلیس در کروزه پلاتینی که در قسمت ۵-۱۱ توضیح داده شده است، نیست.
- ۲-۱۱ - مقداری از نمونه شفاف را که حاوی یونهای سولفات معادل با ۱۰ تا ۵۰ میلی گرم سولفات باریم (BaSO_4) است را در یک بشر بریزید و حجم آنرا بوسیله تبخیر کردن یا رقیق کردن به ۲۰۰ میلی لیتر برسانید. سپس در مقابل شناساگر متیل اورانژ آنرا اسیدی کنید و بعد از رسیدن به نقطه اسیدی 10°C اسید کلریدریک (۱+۹) اضافی به آن بیفزایید.
- ۳-۱۱ - محلول اسیدی شده را حرارت دهید تا بجوشد و به آرامی 5°C محلول BaCl_2 داغ به آن اضافه کنید. (توجه ۲) در طول مدتی که محلول کلرید باریم را اضافه می کنید مرتباً نمونه را هم بزنید. تا زمانی که مایع شفاف شود و رسوب کاملاً ته نشین شود. درجه حرارت محلول را زیر جوش نگه دارید. حداقل مدت لازم ۲ ساعت است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ۲ - با اضافه کردن 10°C اسید پیکریک اشباع و ۵ دقیقه جوشاندن نمونه قبل افزودن BaCl_2 (کلرور باریم) رسوب‌گیری سریع‌تر و ذرات رسوب درشت‌تر می‌گردند.

۴-۱۱ - سوسپانسیون (BaSO_4) را روی کاغذ صافی بافت ریز و بدون خاکستر صاف نموده و رسوب را تا زمانی که محلول شستشو عاری از یون کلرور شود با آب داغ شستشو دهید. و برای مشخص شدن این مورد آخرین قسمت شستشو را با محلول AgNO_3 (نترات نقره) آزمایش کنید (توجه ۳). از شستشوی زیادی خودداری کنید. اگر رسوب BaSO_4 از کاغذ صافی عبور کرد محلول صاف شده را برای دومین بار از کاغذ صافی عبور دهید (توجه ۴).

توجه ۳ - سعی نکنید که نتیجه آزمایش برای یونهای کلرید کاملاً منفی باشد. تا جایی که تاری بسیار مختصری در محلول باقی بماند، شستشو را ادامه دهید.

توجه ۴ - چنانچه محلول صاف شده را برای دومین بار می‌خواهید صاف کنید در محلول صاف نشده نباید نترات نقره وجود داشته باشد.

۵-۱۱ - کاغذ صافی و محتویات آنرا داخل یک کروزه پلاتینی وزن شده قرار دهید (توجه ۱) و کاغذ صافی را به آرامی بدون اینکه شعله‌ور شود دود داده و بسوزانید و باقی‌مانده را در کوره 800°C به مدت یک ساعت بسوزانید.

۶-۱۱ - یک قطره H_2SO_4 و چند قطره HF به آن بیفزایید و در زیر هواکش آنرا حرارت دهید تا بخار شود و تا سیلیس موجود در آن بصورت SiF_4 در آید. دوباره آنرا در دمای 800°C بسوزانید و پس از سرد کردن در دسیکاتور BaSO_4 را وزن کنید.

۱۲ - محاسبات

غلظت یون سولفات (SO_4^{2-}) بر حسب میلی‌گرم در لیتر مطابق زیر محاسبه میشود:

$$(\text{P.P.M}) = (\text{W} \times 411500) / \text{S}$$

که در این رابطه:

W = وزن رسوب BaSO_4

S = نمونه بکار رفته بر حسب میلی‌لیتر

۱۳ - دقت

۱-۱۳ - نتایج این روش تا ۱٪ میزان یون سولفات موجود دقت دارد.

ASTM : D ۵۱۶ - ۸۲

روشهای استاندارد برای اندازه گیری یون سولفات در آب

۱- هدف

۱-۱- این روش ها برای تعیین یون سولفات در آب و فاضلاب بکار میروند. این سه روش عبارتند از:

قسمتهای

۱۳ تا ۷

۱- روش A (روش گراویمتری یا وزن سنجی)

۲۲ تا ۱۴

۲- روش B (روش تاری سنجی)

۳۳ تا ۲۳

۳- روش C (روش حجم سنجی)

۲-۱- روش A اصلی ترین روش برای اندازه گیری یون سولفات در تمام آبها است.

روش های B و C نیاز به دقت کمتری دارند ولی نسبت به روش A امکان مزاحمت دیگر یون ها در اندازه گیری بیشتر است. این روش ها (B و C) برای اندازه گیری سولفات های کم (کمتر از ۲۰ P.PM (۲۰ میلی گرم در لیتر) $(SO_4)^{-2}$ مفید هستند.

۲- مدارک موجود.

۱-۲- استانداردهای ASTM:

D ۸۵۹ - آزمایشهای تعیین سیلیس SiO_2 در آب و فاضلاب

D ۱۱۲۹ - تعریفهای اصطلاحات مربوط به آب

D ۱۱۹۳ - مشخصات معرفهای شیمیائی بکار برده شده در آزمایشهای آب

D ۱۳۳۹ - آزمایشهای مربوط به اندازه گیری یون سولفات در آب

E ۶۰ - دستورالعمل پیشنهاد شده فتومترى مانند آنچه در آنالیز فلزات بکار برده می شود.

E ۲۷۵ - دستورالعمل پیشنهاد شده و شرح چگونگی انجام آزمایشهای اسپکتوفتومتری.

۳- اهمیت

۱-۳- اندازه گیری سولفات ها به منظور تعیین سولفات سدیم (Na_2SO_4) و سولفات منیزیم ($MgSO_4$)

انجام می گیرد زیرا چنانچه مقادیر این یون در آب آشامیدنی زیاد باشد موجب بجا گذاشتن اثر سوء به روی سیستم گوارشی می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

روی شعله مستقیم قرار داده تا رسوب سفید دیده شود و کاغذ کاملاً بسوزد بعد بمدت یکساعت داخل کوره 800°C گذاشته و بعد از خارج کردن آنرا داخل دسیکاتور سرد کرده و وزن نمائید.
محاسبات -

$$\text{درصد سولفاتها} = W \times 3.43$$

W = وزن رسوب بدست آمده است.

وزارت راه و ترابری

شرکت مادر تخصصی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (سهامی خاص)

عنوان استراتژی: « نوآوری در فعالیتها، خدمات و استفاده از تجهیزات پیشرفته »
اقدام اجرایی: « تهیه و ترجمه استانداردها »

**روش آزمایش استاندارد مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی
استاندارد ۱۲۴۰۰ فوت - پوند بر فوت مکعب (۶۰۰ کیلونیوتن - متر بر متر مکعب)
ASTM : D698**



دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

مرداد ماه ۱۳۸۴



بنام خدا

نظر به اهمیت و لزوم اجرای دقیق نکات مندرج در دستورالعمل آزمایش‌ها و در راستای استراتژی «نوآوری در فعالیت‌ها، خدمات و استفاده از تجهیزات پیشرفته» و اقدام اجرایی «تهیه و ترجمه استانداردها»، دفتر پژوهش و تحقیقات علمی اقدام به اولویت‌بندی دستورالعمل‌های استاندارد آزمایش‌های آزمایشگاهی و صحرایی و ترجمه آنها نموده است.

در این راستا ترجمه «روش آزمایش استاندارد مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک، ASTM D698»، در اختیار همکاران قرار می‌گیرد. امید است همکاران محترم پس از مطالعه و بررسی دقیق این ترجمه، در صورت وجود هرگونه سهو احتمالی در امر ترجمه و تدوین، و به منظور اصلاح آن در چاپ‌های بعدی، این دفتر را مطلع نمایند.

از مدیریت محترم آزمایشگاه مکانیک خاک و سنگ و کارشناسان محترم آن آزمایشگاه که در ترجمه این استاندارد نهایت همکاری را با این دفتر داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

مرداد ماه ۱۳۸۴



روش آزمایش استاندارد مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی استاندارد

(۱۲۴۰۰ فوت - پوند بر فوت مکعب (۶۰۰ کیلونیوتن - متر بر متر مکعب)

ASTM : D۶۹۸

۱- هدف :

۱-۱- این روش‌های آزمایش شامل دستورالعمل‌های تراکم آزمایشگاهی است که برای تعیین رابطه درصد رطوبت و وزن مخصوص خشک (منحنی تراکم) خاک‌های متراکم شده در قالب به قطر ۴ یا ۶ اینچ (۱۰۱/۶ یا ۱۵۲/۴ میلیمتر)، با استفاده از کوبه‌ای به وزن ۵/۵ پوند که از ارتفاع ۱۲ اینچی (۳۰۵ میلیمتر) سقوط کرده، انرژی تراکم در واحد حجم برابر با ۱۲۴۰۰ فوت - پوند بر فوت مکعب ($600 \text{ KN} - \text{m}/\text{m}^3$) ایجاد می‌کند، مورد استفاده قرار می‌گیرند.

توجه ۱- تجهیزات و روش‌ها همانند روش‌های رایج شده توسط آر.آر. پروکتور می‌باشد. (ثبت اخبار فنی، سپتامبر ۱۹۳۳)، با این تفاوت عمده: ضربه‌های کوبه پروکتور در عوض سقوط آزاد، بصورت ضربه محکم از فاصله ۱۲ اینچی وارد می‌شدند و انرژی تراکمی متغیری بسته به شخص آزمایش کننده تولید می‌کردند که احتمالاً در محدوده ۱۵۰۰۰ تا ۲۵۰۰۰ فوت - پوند بر فوت مکعب (۷۰۰ تا ۱۲۰۰ کیلونیوتن متر بر متر مکعب) قرار داشتند. به آزمایش انرژی استاندارد، آزمایش پروکتور نیز اطلاق می‌شود.

توجه ۲- خاک‌ها و مخلوط‌های خاک - سنگدانه به صورت خاک‌های ریزدانه یا درشت‌دانه طبیعی یا ترکیب یا مخلوطی از خاک‌های طبیعی یا مخلوط خاک‌ها یا دانه‌های سنگی طبیعی و فرآوری شده در نظر گرفته می‌شوند.

۱-۲- این روش‌های آزمایش فقط در مورد خاک‌هایی به کار برده می‌شود که درصد وزنی مانده روی

الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلیمتر) آنها ۳۰ درصد و یا کمتر باشد.



توجه ۳- برای تعیین رابطه بین وزن مخصوص و درصد رطوبت خاک‌هایی که شامل ۳۰ درصد وزنی و یا کمتر، مانده روی الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلیمتر) هستند، با وزن مخصوص و درصد رطوبت بخش رد شده از الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلیمتر) آن خاک‌ها، به استاندارد D۴۷۱۸ مراجعه شود.

۳-۱- سه روش جایگزین فراهم شده است. روش مورد استفاده باید بگونه ای باشد که در مشخصات مصالح مورد آزمایش اشاره شده است. اگر هیچ روشی مشخص نشده باشد، انتخاب روش باید بر اساس دانه‌بندی مصالح باشد.

۱-۳-۱- روش A:

۱-۳-۱-۱- قالب - به قطر ۴ اینچ (۱۰۱/۶ میلیمتر)

۱-۳-۱-۲- مصالح - رد شده از الک نمره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)

۱-۳-۱-۳- لایه‌ها - سه لایه

۱-۳-۱-۴- تعداد ضربه‌های هر لایه - ۲۵

۱-۳-۱-۵- کاربرد - در صورتی که ۲۰٪ وزنی مصالح یا کمتر روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) باقی بماند، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۳-۱-۶- دیگر کاربردها - اگر این روش مقرر نشده باشد، مصالحی که دارای این شرایط دانه‌بندی هستند را می‌توان با روش B یا C مورد آزمایش قرار داد.

۱-۳-۲- روش B:

۱-۳-۲-۱- قالب - به قطر ۴ اینچ (۱۰۱/۶ میلیمتر)

۱-۳-۲-۲- مصالح - عبوری از الک $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر)

۱-۳-۲-۳- لایه‌ها - سه لایه

۱-۳-۲-۴- تعداد ضربه‌های هر لایه - ۲۵



۱-۳-۲-۵- کاربرد - در صورتی به کار خواهد رفت که بیش از ۲۰٪ وزنی مصالح روی الک نمره ۴

(۴/۷۵ میلیمتر) باقی بماند و ۲۰٪ وزنی یا کمتر از مصالح روی الک $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) باقی بماند.

۱-۳-۲-۶- دیگر کاربردها - اگر این روش مقرر نشده باشد، مصالحی که دارای این دانه بندی هستند را می توان با استفاده از روش C مورد آزمایش قرار داد.

۱-۳-۳-۳- روش C :

۱-۳-۳-۱- قالب - به قطر ۶ اینچ (۱۵۲/۴ میلیمتر)

۱-۳-۳-۲- مصالح - عبوری از الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلیمتر)

۱-۳-۳-۳- لایه ها - سه لایه

۱-۳-۳-۴- تعداد ضربه های هر لایه - ۵۶

۱-۳-۳-۵- کاربرد - در صورتی به کار خواهد رفت که بیش از ۲۰٪ وزنی مصالح روی الک $\frac{3}{8}$ اینچ

(۹/۵ میلیمتر) باقی بماند و کمتر از ۳۰٪ وزنی مصالح روی الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلیمتر) باقی بماند.

۱-۳-۴- قالب ۶ اینچی (۱۵۲/۴ میلیمتری) نباید در روش A یا B بکار رود.

۴- توجه - هنگامی که یک نوع مصالح با انرژی تراکم یکسان، ولی قالب هایی با اندازه های متفاوت آزمایش شوند، نتایج کمی متفاوت خواهند بود.

۱-۴- اگر نمونه آزمایشی حاوی بیش از ۵٪ وزنی بخش درشت (بخش درشت دانه) باشد و این بخش از

مصالح در آزمایش منظور نشده باشد، باید اصلاحاتی در وزن مخصوص و درصد رطوبت نمونه، یا در

آزمایش تعیین دانسیته در محل با استفاده از استاندارد D۴۷۱۸ اعمال شود.

۱-۵- این روش عموماً حداکثر وزن مخصوص خشک خوش- تعریفی را برای خاک های با ویژگی

غیرقابل زهکشی تولید خواهد کرد. اگر این روش برای خاک هایی با زهکشی آزاد به کار رود، حداکثر

وزن مخصوص در این روش خوش- تعریف باشد نبوده، ممکن است کمتر از مقدار حاصل از روش

آزمایشی D۴۲۵۳ باشد.



۶-۱- مقادیری که بر حسب واحدهای اینچ - پوند هستند به عنوان استاندارد در نظر گرفته شده‌اند. مقادیری که به واحدهای SI بیان می‌شوند، تنها جهت اطلاع ارائه شده‌اند.

۱-۶-۱- در حرفه مهندسی، مرسوم است واحدهایی به کار روند که هم نمایانگر جرم هستند و هم نیرو، مگر آنکه محاسبات دینامیکی ($F = Ma$) نیز مد نظر باشد. این امر تلویحاً دو سیستم جداگانه واحدها، یعنی سیستم مطلق و سیستم ثقلی را، با هم ترکیب می‌کند. البته از نظر علمی ترکیب استفاده از دو سیستم جداگانه در یک استاندارد مطلوب نیست. این روش آزمایش با استفاده از واحدهای اینچ- پوند (سیستم ثقلی) نوشته شده است، که در آن پوند (**lbf**) نمایانگر واحد نیرو است. استفاده از واحد پوند جرمی (**lbm**) برای سهولت کاربرد است و به این معنا نیست که کاربرد آن به لحاظ علمی صحیح است. تبدیل‌ها به SI و مطابق ۱۰ IEEE/ASTM.SI داده شده‌اند. کاربرد ترازو یا قپان بر حسب پوند جرمی (**lbm**) یا ثبت دانسیته بر حسب lbm/ft^3 ، مغایرتی با این استاندارد ندارد.

۷-۱- این استاندارد مدعی گردآوری کلیه ملاحظات ایمنی مربوط به استفاده از آن نیست. بنابراین، استفاده‌کننده از این استاندارد بایستی خود، تمهیدات ایمنی لازم را بیاندیشد و قبل از کاربرد آن، محدودیت‌های عملی را در نظر بگیرد.

۲- منابع

۱-۲- استانداردهای ASTM :

C127 روش آزمایش تعیین چگالی ویژه و درصد جذب آب مصالح درشت‌دانه

C136 روش دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه و درشت‌دانه

D422 روش آزمایش دانه‌بندی (آنالیز اندازه ذرات خاک)

D653 اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات داخل آنها

D854 روش آزمایش تعیین چگالی ویژه بخش جامد خاک با استفاده از پیکنومتر آبی



D1557 روش آزمایش مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی اصلاح شده
($56000 \text{ ft-lbf/ft}^3$ معادل 2700 KN-m/m^3)

D2168 روش آزمایش کالیبراسیون کوبه مکانیکی متراکم کننده‌های آزمایشگاهی خاک

D2216 روش آزمایش تعیین آزمایشگاهی درصد جرمی رطوبت خاک و سنگ

D2487 روش آزمایش طبقه بندی خاکها برای مقاصد مهندسی (سیستم طبقه بندی متحد خاک)

D2488 روش توصیف و تشخیص خاکها (روش های چشمی - دستی)

D4220 روش نگهداری و انتقال نمونه‌های خاک

D4253 روش‌های آزمایش تعیین حداکثر شاخص دانسیته و جرم حجمی خاکها با استفاده از میز لرزه

D4718 دستورالعمل تصحیح وزن مخصوص و میزان رطوبت خاک‌هایی که حاوی ذرات درشت می‌باشند.

D4753 معیارهای ارزیابی، انتخاب و تعیین ترازوها و قپان‌هایی که برای آزمایش خاک، سنگ و مصالح ساختمانی به کار می‌رود.

D4914 روش‌های آزمایش برای تعیین دانسیته در محل خاک و سنگ به روش جایگزینی ماسه در گودال
آزمایش

D5030 روش آزمایش برای تعیین دانسیته در محل خاک و سنگ به روش جایگزینی آب در گودال
آزمایش

D6026 روش استفاده از ارقام معنی‌دار در داده‌های ژئوتکنیکی

E1 مشخصات ترمومترهای ASTM

E11 مشخصات الک‌های با تور سیمی برای مقاصد آزمایشی

E177 شیوه کاربرد اصطلاحات «دقت» و «انحراف» در آزمایش‌های ASTM

E319 دستورالعمل ارزیابی ترازوهای مکانیکی تک کفه

E691 روش اجرای مطالعه بین آزمایشگاهی برای تعیین دقت یک روش آزمایش



IEEE/ASTM SI ۱۰ استاندارد کاربرد سیستم یکاهای بین المللی (SI): سیستم متریک نوین

۳- اصطلاحات

۳-۱- تعاریف - برای تعاریف عمومی به اصطلاحات D۶۵۳ مراجعه شود.

۳-۲- توصیف اصطلاحات ویژه این استاندارد:

۳-۲-۱- بخش درشت (بخش درشت‌دانه)، P_c به درصد - بخشی از کل نمونه که در آزمایش تراکم مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. این قسمت، می‌تواند بخشی از نمونه باشد که روی الک نمره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر)، $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلی‌متر)، یا الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلی‌متر) باقی مانده است.

۳-۲-۲- انرژی استاندارد - اصطلاحی برای انرژی تراکم در واحد حجم برابر $12400 \text{ ft-lbf/ft}^3$ (600 KN-m/m^3) که توسط تجهیزات و روش‌های این آزمایش اعمال می‌شود.

۳-۲-۳- حداکثر وزن مخصوص خشک استاندارد، $\gamma_{d_{max}}$ ، به پوند بر فوت مکعب (کیلو نیوتن بر متر مکعب) - حداکثر مقدار تعریف شده توسط منحنی تراکم، برای یک آزمایش تراکم با استفاده از انرژی استاندارد

۳-۲-۴- میزان رطوبت بهینه استاندارد، w ، بر حسب درصد - میزان رطوبتی که در آن خاک با استفاده از انرژی تراکمی استاندارد تا حداکثر وزن مخصوص خشک متراکم می‌شود.

۳-۲-۵- بخش مورد آزمایش (جزء ریزتر)، P_F بر حسب درصد - بخشی از کل نمونه که در آزمایش تراکم بکار می‌رود. شامل جزئی که از الک نمره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) عبور می‌کند، در روش A، رد شده از الک $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) در روش B، یا رد شده از الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلی‌متر) در روش C می‌باشد.

۴- خلاصه ای از روش آزمایش

۴-۱- خاک با میزان رطوبت انتخاب شده، در سه لایه داخل قالبی به ابعاد مشخص قرار می‌گیرد. هر لایه توسط ۲۵ یا ۵۶ ضربه که با کوبه ۵/۵ پوندی (۲۴/۴ نیوتن) از فاصله ۱۲ اینچی (۳۰۵ میلی‌متری) فرود



می‌آید متراکم می‌شود و خاک در معرض انرژی تراکمی کل در حدود ۱۲۴۰۰ فوت - پوند بر فوت مکعب (۶۰۰ کیلو نیوتن - متر بر متر مکعب) قرار می‌گیرد. وزن مخصوص خشک حاصل تعیین می‌گردد. این فرآیند برای تعداد کافی از درصد رطوبت‌ها تکرار می‌شود تا رابطه‌ای بین وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت خاک برقرار گردد. نمودار این داده‌ها، نمایانگر رابطه منحنی الخطی بین درصد رطوبت و وزن مخصوص خشک است که به عنوان منحنی تراکم شناخته می‌شود. مقادیر درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک استاندارد از روی این منحنی تراکم تعیین می‌گردند.

۵- اهمیت و کاربرد

۵-۱- خاکی که به عنوان خاکریز مهندسی (خاکریزها، بستر فونداسیون‌ها و بستر راه) مورد استفاده قرار می‌گیرد، برای بدست آوردن خواص مهندسی مطلوب نظیر، مقاومت برشی، تراکم پذیری یا نفوذپذیری تا رسیدن به یک وضعیت چگال، متراکم می‌شود. همچنین خاک‌های پی نیز اغلب برای بهبود خواص مهندسی، متراکم می‌شوند. آزمایش‌های آزمایشگاهی تراکم، مبنای تعیین درصد تراکم و درصد رطوبتی هستند که با آنها می‌توان به خواص مهندسی مورد نیاز رسید، همچنین کنترل ساخت‌وساز جهت اطمینان از رسیدن به تراکم و درصد رطوبت‌های لازم را تأمین می‌کنند.

۵-۲- طی طراحی یک خاکریز مهندسی، آزمایش‌های برش، تحکیم، نفوذپذیری، یا آزمایش‌های دیگر، نیاز به آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشی از طریق متراکم کردن در یک درصد رطوبت برای رسیدن به یک وزن مخصوص معین دارند. شیوه متداول آن است که نخست درصد رطوبت بهینه (W_o) و وزن مخصوص خشک حداکثر ($\gamma_{d_{max}}$) با آزمایش تراکم تعیین می‌شود. نمونه‌های آزمایشی در یک درصد رطوبت انتخابی (W)، تر یا خشک بهینه (W_o) یا بهینه (W_o) و در یک وزن مخصوص خشک انتخابی مربوط به درصد وزن مخصوص خشک حداکثر ($\gamma_{d_{max}}$) متراکم می‌شوند. انتخاب درصد رطوبت (W)، خشک یا تر بهینه (W_o) یا بهینه (W_o) و وزن مخصوص خشک ($\gamma_{d_{max}}$) می‌تواند بر مبنای تجربه پیشین باشد یا می‌توان محدوده‌ای از مقادیر را برای تعیین درصد تراکم لازم مورد بررسی قرار داد.



۳-۵- تجربه نشان می‌دهد که انجام دادن روش‌های مشخص شده در ۲-۵ یا کنترل ساخت و ساز مورد بحث در بند ۱-۵ بسیار مشکل می‌باشد و یا وقتی به خاک‌های مشخصی می‌پردازند، نتایج نادرستی به بار می‌آورند. بخش‌های ۱-۳-۵ تا ۳-۳-۵، نوع مسایلی که در مواجهه با چنین خاک‌هایی بروز می‌کند و راه حل‌های ممکن برای آنها را بیان می‌کند.

۱-۳-۵- بخش درشت

یکی از مشکلات، مربوط به خاک‌هایی است که شامل بیش از ۳۰٪ بخش درشت (مانده روی الک ۱۹ میلیمتر، $\frac{3}{4}$ اینچ) می‌باشند. برای این خاک‌ها روش آزمایش مشخصی در ASTM به منظور کنترل تراکم وجود ندارد و آزمایشگاه‌های بسیار کمی تجهیزات تعیین وزن مخصوص (دانسیته) حداکثر چنین خاک‌هایی را دارند. (دفتر آبادانی USDI، دنور، رسته مهندسان ارتش ایالات متحده، ویسبورگ، MS). هرچند می‌توان با روش‌های آزمایش D۴۹۱۴ و D۵۰۳۰ وزن مخصوص خشک چنین خاک‌هایی را بصورت صحرائی تعیین کرد که در عمل بسیار مشکل و پرهزینه می‌باشد.

۱-۱-۳-۵- یک روش جهت طراحی و کنترل تراکم این خاک‌ها، استفاده از خاکریز آزمایشی برای تعیین درجه تراکم لازم، و روش به دست آوردن چنین تراکمی است که با کاربرد یک روش کنترل تراکم دنبال می‌شود. مؤلفه‌های تخصیص چنین روشی نوعاً شامل نوع و اندازه تجهیزات تراکم مورد استفاده، ارتفاع سقوط و تعداد ضربات می‌باشد.

توجه ۵- موفقیت در به اجرا درآوردن کنترل تراکم یک پروژه صحرائی، مخصوصاً هنگامی که یک دستورالعمل خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد، وابستگی زیادی به کیفیت و تجربه مجری و ناظر دارد.

۲-۱-۳-۵- یک روش دیگر، بکار بردن ضریب تصحیح دانسیته ارایه شده توسط دفتر آبادانی USDI و رسته مهندسان ارتش آمریکا است. این ضرایب تصحیح را می‌توان برای خاک‌هایی که شامل بیشتر از حدود ۵۰ تا ۷۰٪ بخش درشت می‌باشند، بکار برد. هر مؤسسه از ضریب تصحیح خاص خود جهت



تصحیح دانسیته استفاده می‌کند. دفتر آبادانی USDI از نسبت D (D-Value) و رسته مهندسان ارتش آمریکا از ضریب تداخل چگالی (I_e) بهره می‌جوید.

۳-۱-۳-۵- استفاده از تکنیک جایگزینی (روش آزمایش ۷۸-۶۹۸-D، روش D) که در آن بخش درشت با یک بخش ریزتر جایگزین می‌شود، روش نامناسبی جهت تعیین وزن مخصوص خشک حداکثر برای خاک‌های حاوی بخش درشت می‌باشد.

۳-۲-۵- خردشدگی دانه‌ها

مسئله دیگر مربوط به خاک‌هایی می‌باشد که دانه‌های آنها در طی تراکم دچار خردشدگی می‌شوند، مخصوصاً هنگامی که، به طوری که معمول است، نسبت به تراکم صحرایی خردشدگی بیشتری در تراکم آزمایشگاهی رخ دهد. خردشدگی بطور معمول در طی تراکم خاک‌های دانه‌ای رسوبی یا سنگدانه‌ها رخ می‌دهد. زمانی که خردشدگی رخ دهد حداکثر وزن مخصوص خشک افزایش می‌یابد، بنابراین حداکثر وزن مخصوص آزمایشگاهی، نمایانگر وضعیت صحرایی نمی‌باشد. در چنین حالاتی اغلب بدست آوردن حداکثر وزن مخصوص در محل ممکن نخواهد بود.

۳-۲-۱-۵- بار دیگر برای خاک‌هایی که در معرض خردشدگی قرار دارند، استفاده از خاکریز آزمایشی و دستورالعمل‌های آن می‌تواند کمک کننده باشد و استفاده از تکنیک جایگزینی درست نمی‌باشد.

۳-۳-۵- خاک‌های با دانه‌بندی میان‌تهی

خاک‌های با دانه‌بندی میان‌تهی (خاک‌هایی که شامل ذرات بزرگ زیاد و ذرات کوچک محدودی می‌باشند) به آن علت که پس از تراکم دارای نسبت تخلخل بالایی می‌باشند، مشکل ساز هستند. برای غلبه بر مشکل این فضاها، خاک زیاد، روش‌های آزمایش استاندارد (آزمایشگاهی و صحرایی) نوعاً باید با استفاده از قضاوت مهندسی، تصحیح گردند.

توجه ۶- کیفیت نتایج تولید شده توسط این استاندارد وابسته به شایستگی پرسنل اجرایی آن و همچنین مناسب بودن تجهیزات مورد استفاده می‌باشد. سازمان‌هایی که قابلیت انجام D3749 را دارند، عموماً واجد این شایستگی و توانایی انجام آزمایش، نمونه‌گیری، و نظارت محسوب می‌شوند. استفاده‌کنندگان این



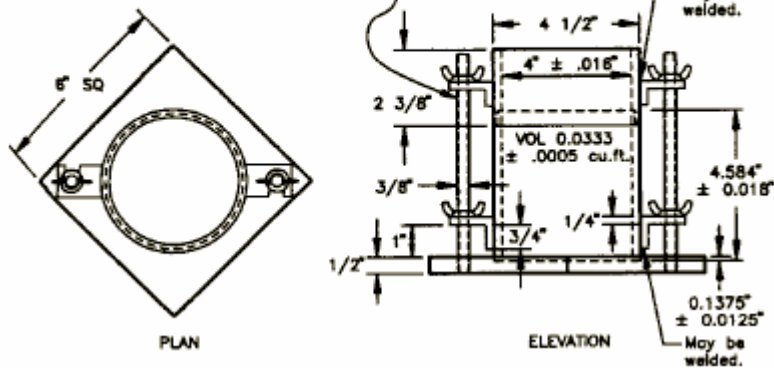
استاندارد باید در نظر داشته باشند که رعایت معیار D3749 به خودی خود نتایج معتبری نمی دهد. نتایج معتبر به عوامل زیادی وابسته است که معیار D3740 تنها وسیله‌ای برای ارزیابی تعدادی از این عوامل را فراهم می آورد.

۶- ابزارهای مورد نیاز

۶-۱- مجموعه قالب - قالب‌ها باید به شکل استوانه بوده، از فلز سخت ساخته شده باشند و دارای ابعاد و ظرفیتی باشند که در بند ۶-۱-۱ یا ۶-۱-۲ و اشکال ۱ و ۲ به نمایش درآمده است. همچنین جدول ۱ را ببینید. دیواره‌های قالب ممکن است، یک تکه، دو قسمتی، و یا مخروطی باشد. نوع "دو قسمتی" آن می تواند شامل دو بخش نیم دایره باشد، یا شامل یک لوله باشد که در طول محیط آن شکاف دارد و دو تکه آن می توانند به نحو مطمئنی با هم چفت شوند تا تشکیل استوانه‌ای را بدهند که دارای ملزومات این بخش باشد. نوع "مخروطی" آن دارای قطر داخلی مخروطی با تغییر یکنواخت است و این تغییر در راستای ارتفاع قالب، بیش از ۰/۲۰۰ اینچ بر فوت (۱۶/۷ میلی‌متر بر متر) نیست. هر قالبی دارای یک صفحه تحتانی و یک مجموعه سر قالب الحاقی است، که هر دو از فلز سخت ساخته شده‌اند و به گونه‌ای هستند که به نحو مطمئن به هم متصل شده، به سادگی از قالب جدا می شوند. مجموعه سر قالب الحاقی باید دارای ارتفاع حداقل ۲ اینچ (۵۰/۸ میلی‌متر) در بالای قالب باشد که ممکن است شامل یک بخش بالایی هم باشد که مجموعاً تشکیل قیفی را خواهند داد، به شرطی که حداقل یک استوانه قایم ۰/۷۵ اینچی (۱۹ میلی‌متری) زیر آن قرار داشته باشد. سر قالب الحاقی باید با جدار داخلی قالب تراز شود. مابین صفحه تحتانی و قسمت پایین ناحیه فرو رفته بصورت مرکزی، که قالب استوانه‌ای روی آن قرار می گیرد، باید مسطح باشد.

۶-۱-۱- قالب ۴ اینچی - قالبی است که میانگین قطر داخلی آن 0.16 ± 0.004 اینچ (4.1 ± 0.1 میلی‌متر)، ارتفاع آن 4.584 ± 0.018 اینچ (116.4 ± 0.5 میلی‌متر) و حجم آن 0.333 ± 0.0005 فوت مکعب (9.44 ± 0.14 سانتیمتر مکعب) است. مجموعه قالبی با حداقل ویژگی‌های لازم در شکل ۱ نشان داده شده است.

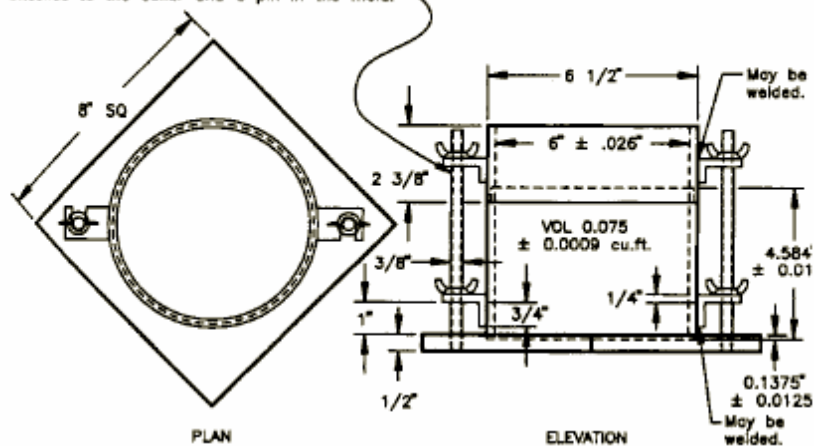
As an option to the full length stud, a $2\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ stud may be used. Then as an alternative construction, the collar may be held down with a slotted bracket attached to the collar and a pin in the mold.



شکل ۱- قالب استوانه ای ۴ اینچی

۶-۱-۲- قالب ۶ اینچی: قالبی است که میانگین قطر داخلی آن 6.000 ± 0.026 اینچ (152.4 ± 0.7 میلیمتر) ، ارتفاع آن 4.584 ± 0.018 اینچ (116.4 ± 0.5 میلیمتر) و حجم آن 0.075 ± 0.0009 فوت مکعب (212.4 ± 25 سانتیمتر مکعب) است. مجموعه قالب با حداقل ویژگی‌های لازم در شکل ۲ نشان داده شده است.

As an option to the full length stud, a $2\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$ stud may be used. Then as an alternative construction, the collar may be held down with a slotted bracket attached to the collar and a pin in the mold.



شکل ۲- قالب استوانه ای ۶ اینچی



جدول ۱- معادل‌های متریک در شکل‌های ۱ و ۲

اینچ	میلیمتر
۰/۰۱۶	۰/۴۱
۰/۰۲۶	۰/۶۶
۰/۰۳۲	۰/۸۱
۰/۰۲۸	۰/۷۱
۰/۵	۱۲/۷۰
۲/۵	۶۳/۵۰
۲/۶۲۵	۶۶/۷۰
۴	۱۰۱/۶۰
۴/۵	۱۱۴/۳۰
۴/۵۸۴	۱۱۶/۴۳
۴/۷۵	۱۲۰/۶۰
۶	۱۵۲/۴۰
۶/۵	۱۶۵/۱۰
۶/۸۳۳	۱۶۸/۳۰
۶/۷۵	۱۷۱/۴۰
۸/۲۵	۲۰۹/۶۰
فوت مکعب	سانتیمتر مکعب
۰/۰۳۳۳	۹۴۳
۰/۰۰۰۵	۱۴
۰/۰۷۵۰	۲۱۲۴
۰/۰۰۱۱	۳۱

۲-۶- کوبه - کوبه می‌تواند دستی باشد، همان طور در بند ۶-۲-۱- توضیح داده شده‌است، یا مکانیکی باشد، به گونه‌ای که در بند ۶-۲-۲- توضیح داده شده‌است. این کوبه باید از فاصله $۱۲ \pm ۰/۰۵$ اینچی $(۳/۱ \pm ۰/۰۲)$ میلیمتری) بالای سطح نمونه بصورت آزاد سقوط کند. وزن کوبه باید $۵/۵ \pm ۰/۰۲$ lbm $(۱/۳ \pm ۰/۰۱)$ کیلوگرم) باشد، باستثنای وزن کوبه‌های مکانیکی که می‌تواند مطابق روش آزمایش D۲۱۶۸ تنظیم شود (به توجه ۷ مراجعه شود). رویه ضربه زننده کوبه، باید گرد و مسطح باشد، مگر در مواردی که در بند ۶-۲-۲-۱- آمده است، و مقدار قبل از آزمایش قطر آن باید $۲/۰۰۰ \pm ۰/۰۰۵$ اینچ $(۱۳/۰ \pm ۰/۰۸۰)$ میلیمتر) باشد. اگر رویه ضربه زننده کوبه فرسوده شود یا به اندازه ای متورم شود که قطر آن از $۲/۰۰۰ \pm ۰/۰۱$ اینچ $(۲۵/۰ \pm ۰/۰۸۰)$ میلیمتر) بیشتر شود، بایستی کوبه را عوض کرد.



توجه ۷- در سیستم اینچ - پوند، این فرض که جرم کوبه برابر با جرم تعیین شده آن با استفاده از ترازوی کیلوگرمی یا پوندی است، مرسوم و قابل قبول می‌باشد و ۱ پوند نیرو برابر با ۱ پوند جرمی یا ۰/۴۵۳۶ کیلوگرم، یا ۱ نیوتن برابر با ۰/۲۲۴۸ پوند جرمی یا ۰/۱۰۲۰ کیلوگرم است.

۱-۲-۶- کوبه دستی - این کوبه مجهز به یک روکش راهنما است که دارای فاصله آزاد کافی است، بطوری که سقوط آزاد شافت کوبه و سر آن مقید نشود. روکش راهنما حداقل در هر انتها ۴ سوراخ

خروجی (کلاً ۸ سوراخ) دارد که مراکز آنها به فاصله $\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$ اینچی ($19 \pm 1/16$ میلیمتری) از هرانتها و

فاصله ۹۰ درجه از همدیگر قرار گرفته‌اند. حداقل قطر سوراخ‌های خروجی $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) خواهد بود. سوراخ‌ها یا شکاف‌های اضافی نیز می‌توانند در روکش راهنما تعبیه شوند.

۲-۲-۶- کوبه مکانیکی با رویه مدور- این کوبه به صورت مکانیکی عمل می‌کند، به گونه‌ای که پوشش یکنواخت و کامل رویه نمونه را فراهم آورد. فاصله آزاد بین کوبه و باریکترین سطح داخلی قالب 0.1 ± 0.03 اینچ (2.5 ± 0.8 میلیمتر) خواهد بود. کوبه مکانیکی باید دارای شرایط کالیبراسیون مندرج در روش‌های آزمایش D۲۱۶۸ باشد. کوبه مکانیکی باید مجهز به وسیله مکانیکی مطمئنی باشد که به هنگام کار نکردن، آن را نگهدارد.

۱-۲-۲-۶- کوبه مکانیکی با وجه قطاعی

وقتی کوبه با قالب ۶ اینچی ($152/4$ میلیمتری) بکار می‌رود، می‌توان از کوبه با رویه قطاعی بجای کوبه با رویه دایروی استفاده کرد. سطح تماس نمونه با کوبه باید به شکل قطاعی از دایره با شعاع $2/90 + 0/02$ اینچ ($73/7 \pm 0/5$ میلیمتر) باشد. کوبه باید به شیوه‌ای عمل کند که رأس قطاع بر روی مرکز نمونه قرار گیرد.

۳-۶- خارج کننده نمونه (اختیاری) - یک جک، چهارچوب یا وسیله دیگری که به منظور خارج نمودن نمونه‌های متراکم شده از قالب درست شده باشد.

۴-۶- ترازو - یک ترازوی از رده GP۵ که دارای شروط مشخص شده در D۴۷۵۳، برای ترازویی با قابلیت قرائت یک گرم، باشد.



۵-۶- خشک کن - گرمخانه‌ای که به صورت ترموستاتی کنترل می‌شود و ترجیحاً از نوع هوای تحت فشار (forced draft) بوده، قابلیت نگهداری دمای یکنواخت 230 ± 9 درجه فارنهایت (110 ± 5 درجه سانتیگراد) در سرتاسر محفظه خشک‌کننده را دارا می‌باشد.

۶-۶- تیغه صاف کن - تیغه صاف کن از جنس فلز سخت با طولی مناسب، که کمتر از ۱۰ اینچ (۲۵۴ میلیمتر) نباشد. کل طول تیغه صاف کن باید با رواداری ± 0.005 اینچ (± 0.1 میلیمتر) بصورت صاف، تراش خورده باشد. اگر ضخامت لبه تراشیده بیش از $\frac{1}{8}$ اینچ (۳ میلیمتر) باشد، باید پخ دار شود.

۶-۷- الک‌ها - الک‌های $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلیمتر)، $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) و شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)، که مطابق با ملزومات مشخص شده در E۱۱ می‌باشند.

۶-۸- ابزارهای مخلوط‌کننده - ابزارهای گوناگونی نظیر ظرف مخلوط‌کن، قاشق، ماله، کاردک یا وسیله مکانیکی مناسبی برای آنکه نمونه خاک را با آب افزودنی کاملاً مخلوط کند.

۷- کالیبراسیون

۷-۱- ابزارهای زیر را قبل از اولین کاربرد، بعد از تعمیر یا اتفاقات دیگری که ممکن است روی نتایج آزمایش اثر بگذارد، در فواصلی که از ۱۰۰۰ نمونه آزمایش تجاوز نکند، و یا سالیانه، هر کدام که نخست رخ داد، کالیبره کنید:

۷-۱-۱- ترازو- مطابق با مشخصات D۴۷۵۳ ارزیابی کنید.

۷-۱-۲- قالب‌ها- حجم آنها را مطابق آنچه در ضمیمه ۱ آمده تعیین کنید.

۷-۱-۳- کوبه دستی- فاصله سقوط آزاد، وزن کوبه و رویه کوبه را طبق بند ۶-۲ بررسی کنید. روکش راهنما را مطابق با بند ۶-۲-۱ بررسی کنید.

۷-۱-۴- کوبه مکانیکی- کوبه مکانیکی را طبق روش‌های آزمایش D۲۱۶۸ کالیبره و تنظیم کنید. بعلاوه فاصله آزاد بین کوبه و رویه داخلی قالب باید طبق بند ۶-۲-۲ تصحیح شود.



۸- نمونه آزمایش

۸-۱- جرم لازم نمونه برای روش‌های A و B تقریباً ۳۵ پوند (۱۶ کیلوگرم) و برای روش C تقریباً ۶۵ پوند (۲۹ کیلوگرم) خاک خشک است. بنابراین، نمونه صحرائی بایستی به ترتیب وزن مرطوب حداقل ۵۰ پوند (۲۳ کیلوگرم) و ۱۰۰ پوند (۴۵ کیلوگرم) را دارا باشد.

۸-۲- درصد جرمی مصالح مانده روی الک‌های شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)، $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر)، یا $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلیمتر) که برای انتخاب روش‌های A، B، یا C مناسب هستند را تعیین نمایید. این تعیین را با جدا کردن قسمتی معرف از کل نمونه و تعیین درصدهایی که از الک‌های مورد نظر عبور کرده، با استفاده از روش‌های آزمایش D۴۲۲ یا روش C۱۳۶، انجام دهید. تنها محاسبه درصدهایی برای الک یا الک‌ها ضروری است که اطلاعات آن مورد نظر می‌باشد.

۹- آماده سازی ابزارها

۹-۱- مطابق روش مورد استفاده (روش A، B یا C)، قالب تراکم مناسب را انتخاب کنید. جرم آنرا با دقت گرم، تعیین و ثبت کنید. قالب، صفحه تحتانی و سرقالب الحاقی را روی هم سوار کنید. تراز بودن جدار داخلی قالب و سرقالب الحاقی را بررسی، و در صورت لزوم، تنظیم نمایید.

۹-۲- بررسی کنید که مجموعه کوبه در شرایط کارآیی خوبی باشد و قسمت‌های آن لق یا فرسوده نشده باشد. تنظیم‌ها یا تعمیرهای ضروری را انجام دهید. اگر تنظیم یا تعمیری صورت گرفت، بایستی کوبه را مجدداً کالیبره کرد.

۱۰- روش انجام آزمایش

۱۰-۱- خاک‌ها:

۱۰-۱-۱- از خاکی که قبلاً در آزمایشگاه متراکم شده است، استفاده مجدد نکنید.



۱۰-۱-۲- هنگامی که این روش آزمایش را برای خاک‌های حاوی هالوکسید هیدراته بکار می‌برید، یا آنجا که تجربیات گذشته در مورد یک خاک ویژه، نشان می‌دهد که نتایج آزمایش در صورت استفاده از روش خشک‌کردن در هوا تغییر خواهد کرد، از روش آماده‌سازی مرطوب استفاده کنید (به بند ۱۰-۲ مراجعه شود).

۱۰-۱-۳- نمونه‌های خاک را ترجیحاً طبق بند ۱۰-۲، و در غیر اینصورت طبق بند ۱۰-۳ برای آزمایش آماده کنید.

۱۰-۲- روش آماده‌سازی مرطوب (روش ارجح)- بدون آنکه از قبل نمونه را خشک کنید، بسته به روش مورد استفاده اعم از روش A، B یا C، آن را از الک‌های شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)، $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر)، یا $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلیمتر) عبور دهید. درصد رطوبت حاصل خاک را تعیین کنید.

۱۰-۲-۱- حداقل چهار و ترجیحاً پنج نمونه را، که درصد رطوبت آنها به گونه‌ای باشد که درصد رطوبت بهینه تخمینی را در بر داشته باشد، آماده کنید. نخست باید نمونه‌ای که دارای درصد رطوبتی نزدیک به درصد رطوبت بهینه است، با افزودن آزمایشی آب و مخلوط کردن آن با نمونه، آماده شود (به توجه ۸ مراجعه شود). درصد رطوبت‌هایی را برای بقیه نمونه‌ها انتخاب کنید که حداقل دو نمونه مرطوب و دو نمونه خشک بهینه فراهم شود و درصد رطوبت‌ها نیز در حدود ۲٪ تغییر کند. برای آنکه منحنی تراکم برای وزن مخصوص خشک، به دقت معین شود، حداقل دو مقدار درصد رطوبت در سمت خشک و مرطوب بهینه لازم است (به بند ۱۰-۵ مراجعه شود). بعضی خاک‌ها با درصد رطوبت بهینه خیلی بالا یا منحنی تراکم نسبتاً مسطح، نیاز به نمونه‌های درصد رطوبت بزرگتری دارند تا بتوان در مورد آنها به یک حداکثر وزن مخصوص خشک خوش-تعریفی دست یافت. نمونه‌های درصد رطوبت، نباید بیش از ۴٪ باشد. توجه ۸- معمولاً با تمرین، قضاوت چشمی در مورد نقطه‌ای نزدیک به درصد رطوبت بهینه میسر می‌گردد. نوعاً خاکی با درصد رطوبت بهینه را می‌توان به صورت کلوخه فشرده کرد، بطوری که وقتی فشار دست برداشته می‌شود از هم نپاشد، اما اگر خم شود بوضوح به دو قسمت تقسیم می‌شود. در درصد رطوبت خشک بهینه، خاک تمایل به خرد شدن دارد و در درصد رطوبت مرطوب بهینه،



خاک تمایل به همچسبی به صورت یک توده پیوسته چسبناک دارد. درصد رطوبت بهینه معمولاً کمی کمتر از حد خمیری است.

۱۰-۲-۲- برای متراکم کردن خاک با استفاده از روش‌های A یا B، تقریباً ۵ پوند (۲/۳ کیلوگرم) خاک الک‌شده و برای روش C، ۱۳ پوند (۵/۹ کیلوگرم) خاک الک‌شده را برای هر نمونه بکار ببرید. برای دستیابی به درصد رطوبت‌های نمونه‌گزینش شده مطابق بند ۱۰-۲-۱، مقادیر لازم آب را به روشی که در ادامه می‌آید، اضافه یا کم کنید: برای اضافه کردن آب، آن را طی عمل مخلوط کردن، به داخل خاک بپاشید. برای حذف آب، بگذارید خاک در هوای محیط یا در ابزار خشک‌کنی که دمای نمونه را بیش از ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) افزایش ندهد خشک شود. طی عمل خشک کردن، مکرراً خاک را بهم بزنید تا توزیع میزان رطوبت را در آن یکنواخت نگه دارید و هر نمونه را به طور کامل بهم بزنید تا از توزیع یکنواخت آب در سراسر آن اطمینان حاصل کنید. سپس آن را در یک ظرف دردار مجزا قرار دهید و بگذارید تا قبل از تراکم، بر اساس جدول ۲ ثابت بماند. به منظور انتخاب زمان مکث، خاک را می‌توان با استفاده از روش آزمایش D۲۴۸۷، دستورالعمل D۲۴۸۸ یا اطلاعات نمونه‌های دیگر که از منبع مصالح یکسانی بدست آمده، طبقه‌بندی کرد. برای آزمایش کنترلی، طبقه‌بندی باید از طریق روش آزمایش D۲۴۸۷ انجام شود.

۱۰-۳- روش آماده‌سازی خشک - اگر نمونه به اندازه‌ای مرطوب باشد که قابلیت شکنندگی نداشته باشد، درصد رطوبت را با قرار دادن نمونه در معرض هوا تا هنگامی که مصالح شکننده شود، کاهش دهید. خشک کردن می‌تواند در هوا انجام شود یا با استفاده از ابزارهای خشک‌کنی که دمای نمونه را بیش از ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) افزایش ندهد. کلوخه‌ها را، به طوری که از شکسته شدن خود دانه‌ها اجتناب شود، کاملاً خرد کنید. مصالح را از الک مناسب - شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)، $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر)، یا $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹/۰ میلیمتر) - عبور دهید. هنگامی که مصالح را با عبور دادن از الک $\frac{3}{4}$ اینچ، برای



تراکم در قالب ۶ اینچی آماده می‌کنید، کلوخه‌ها را به اندازه‌ای خرد کنید که حداقل از ال‌ک $\frac{3}{8}$ اینچ عبور کنند تا توزیع رطوبت در سرتاسر خاک برای بهم‌زدن‌های بعدی تسهیل شود.

۱۰-۳-۱- حداقل چهار و ترجیحاً پنج نمونه را بر اساس بند ۱۰-۲-۱ آماده کنید.

جدول ۲- زمان مکث مورد نیاز نمونه‌های مرطوب شده

طبقه بندی	حداقل زمان ماندن (ساعت)
SP, SW, GP, GW	نیازی ندارد
SM, GM	۳
انواع دیگر خاک‌ها	۱۶

۱۰-۳-۲- برای متراکم کردن خاک با استفاده از روش‌های A یا B، تقریباً ۵ پوند ($\frac{2}{3}$ کیلوگرم) خاک الک‌شده، و برای روش C، ۱۳ پوند ($\frac{5}{9}$ کیلوگرم) خاک الک شده برای هر نمونه بکار ببرید. مقادیر لازم آب را به نمونه اضافه کنید تا درصد رطوبت آن به مقادیر انتخاب شده طبق بند ۱۰-۳-۱ برسد. از روش آماده سازی نمونه، مقرر در بند ۱۰-۲-۲، برای خشک کردن خاک یا افزودن آب به خاک پیروی کنید و هر نمونه آزمایشی را به عمل آورید.

۱۰-۴-۱- تراکم - پس از عمل آوری، در صورت لزوم، هر نمونه باید به روش زیر متراکم شود:

۱۰-۴-۱-۱- وزن قالب یا قالب و صفحه تحتانی را تعیین و ثبت کنید.

۱۰-۴-۲- قالب و سرقالب را به صفحه تحتانی ببندید و محکم کنید. قالب باید به یک پایه صلب یکنواخت، نظیر آنچه توسط یک استوانه یا قطعه بتنی با وزنی که کمتر از ۲۰۰ پوند (۹۱ کیلوگرم) نباشد فراهم می‌شود، متکی باشد. صفحه تحتانی را به پایه صلب محکم کنید. روش اتصال به پایه صلب باید طوری باشد که اجازه برداشتن آسان مجموعه قالب، سرقالب و صفحه تحتانی را، بعد از آنکه تراکم کامل شد، بدهد.



۱۰-۴-۳- نمونه را در سه لایه متراکم کنید. بعد از تراکم، بایستی ضخامت لایه‌ها تقریباً برابر باشد. قبل از تراکم، خاک شل را داخل قالب قرار داده، آن را به صورت یک لایه یکنواخت پخش کنید. سپس به آرامی به آن ضربه بزنید تا از حالت پف کرده یا شل خارج شود. این کار را با کوبه تراکم دستی یا یک استوانه به قطر ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) انجام دهید. به دنبال تراکم هر یک از دو لایه نخست، خاک مجاور دیواره‌های قالب که متراکم نشده‌است یا به سمت بالای سطح متراکم گسترش یافته است، باید تراشیده شود. این خاک تراشیده‌شده را می‌توان به خاکی که برای لایه بعدی آماده شده‌است، افزود. برای این کار می‌توان از یک کاردک یا وسیله مناسب دیگری استفاده کرد. کل مقدار خاک بکار رفته باید آنقدر باشد که سومین لایه متراکم کمی بداخل سرقالب کشیده شده باشد، اما مقدار آن نباید بیش از $\frac{1}{4}$ اینچ (۶ میلیمتر) در بالای قالب باشد. اگر لایه سوم بیش از این مقدار بالای سرقالب باشد، بایستی نمونه دور ریخته شود. هنگامی که آخرین ضربه کوبه برای لایه سوم منتج به آن شد که ته کوبه پایین تر از بالای قالب تراکم قرار بگیرد، نمونه باید دور انداخته شود.

۱۰-۴-۴- هر لایه را با ۲۵ ضربه برای قالب ۴ اینچی (۱۰۱/۶ میلیمتری) یا ۵۶ ضربه برای قالب ۶ اینچی (۱۵۲/۴ میلیمتری) متراکم کنید.

توجه ۹- هنگام متراکم کردن نمونه‌های مرطوب‌تر از درصد رطوبت بهینه، ممکن است سطوح متراکم ناهموار ایجاد شود و در این حالت، برای تعیین میانگین ارتفاع نمونه نیاز به قضاوت شخص آزمایش‌کننده می‌باشد.

۱۰-۴-۵- به هنگام کار با کوبه دستی، مواظب باشید که روکش راهنما هنگامی که کوبه بالا می‌رود، بلند نشود. روکش راهنما را بی‌حرکت و در محدوده حداکثر ۵ درجه از خط قائم نگه دارید. ضربه‌ها را با نرخ یکنواخت تقریباً ۲۵ ضربه در دقیقه و به روشی که پوشش کامل و یکنواختی روی سطح نمونه فراهم نماید، اعمال کنید.



۱۰-۴-۶- بدنبال تراکم آخرین لایه، سرقالب و صفحه پایه را از قالب جدا کنید، مگر در موردی که در بند ۱۰-۴-۷ ذکر شده است. برای تراشیدن خاک مجاور سرقالب از یک کاردک استفاده کنید، تا قبل از برداشتن سرقالب خاک دور آن شل شود و از خراب شدن خاک زیر سرقالب جلوگیری شود.

۱۰-۴-۷- نمونه متراکم شده را به دقت هم تراز با بالای قالب، به وسیله تیغه صاف کنی که در امتداد بالای قالب کشیده می‌شود، بتراشید تا یک صفحه مسطح هم‌تراز با سرقالب شکل گیرد. تراش اولیه نمونه در قسمت روی قالب با یک کاردک، از گسیختگی خاک زیر سرقالب جلوگیری خواهد کرد. همه سوراخ‌های روی سطح بالایی را با خاک مصرف نشده، یا تراشیده شده از نمونه پر کنید و با انگشت فشار دهید و مجدداً تیغه صاف کن را روی قالب بکشید. هنگامی که حجم قالب بدون صفحه تحتانی تعیین شد، عملیات پیشین را به نحو مناسب تکرار کنید. در مورد خاک‌های خیلی مرطوب یا خشک، اگر صفحه تحتانی برداشته شود، ممکن است خاک یا آب موجود در آن از دست برود. در چنین شرایطی، صفحه تحتانی را متصل به قالب باقی بگذارید. وقتی صفحه تحتانی متصل باقی می‌ماند، باید حجم قالب را به جای صفحه شیشه‌ای یا پلاستیکی اشاره شده در ضمیمه A۱ و A۱-۴، با صفحه تحتانی متصل به آن کالیبره کرد.

۱۰-۴-۸- جرم نمونه و قالب را با دقت گرم تعیین و ثبت کنید. در شرایطی که صفحه تحتانی متصل باقی می‌ماند، جرم نمونه، قالب و صفحه پایه را با دقت گرم تعیین و ثبت کنید.

۱۰-۴-۹- مصالح را از قالب خارج کنید. با استفاده از کل نمونه (روش ارجح) یا یک قسمت نماینده، نمونه‌ای برای تعیین درصد رطوبت بدست آوردید. هنگامی که کل نمونه بکار می‌رود، برای تسهیل در خشک شدن، آن را خرد کنید. در غیر این صورت، با برش دادن محوری نمونه متراکم شده از مرکز، و برداشتن حدود ۵۰۰ گرم مصالح از وجوه بریده شده، بخشی از آن را به دست آورید. درصد رطوبت را بر اساس روش آزمایش D۲۲۱۶ بدست آورید.

۱۰-۵- بدنبال تراکم آخرین نمونه، وزن مخصوص‌های مرطوب را با هم مقایسه کنید تا مطمئن شوید که یک الگوی مطلوب از داده‌های حاصل در هر طرف درصد رطوبت بهینه، برای منحنی وزن مخصوص

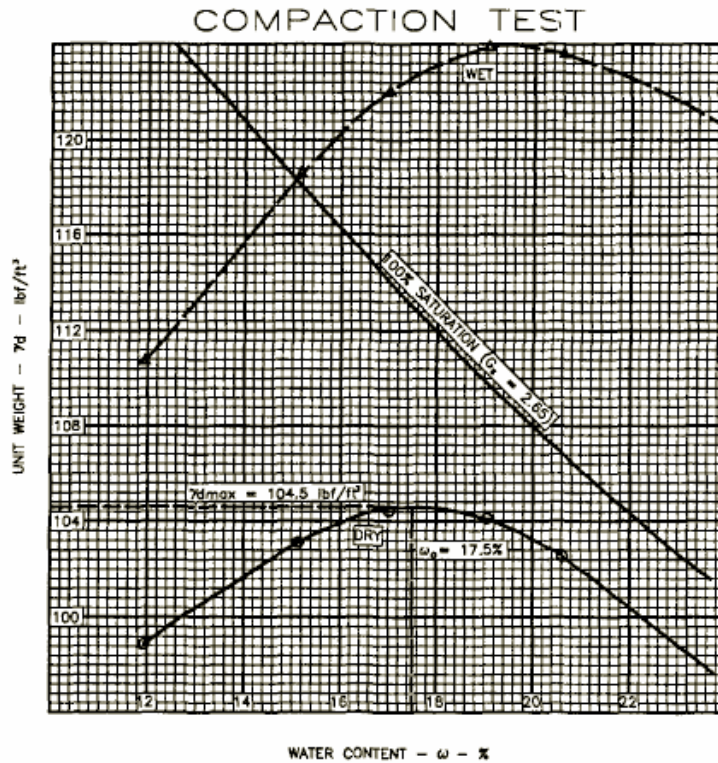


خشک در طی تراکم، بدست خواهد آمد. رسم مقدارهای وزن مخصوص مرطوب و درصد رطوبت هر نمونه متراکم شده، می تواند به انجام ارزیابی بالا کمک کند. اگر الگوی مطلوب حاصل نشد، به نمونه های متراکم شده اضافی نیاز خواهد بود. عموماً یک مقدار درصد رطوبت بیشتر نسبت به درصد رطوبتی که حداکثر وزن مخصوص مرطوب را معین می کند کفایت تا از وجود داده های کافی در طرف مرطوب درصد رطوبت بهینه، برای حداکثر وزن مخصوص خشک اطمینان حاصل شود.

۱۱- محاسبات

۱-۱۱- وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت هر نمونه متراکم شده را آن طور که در بند ۱۱-۳ و ۱۱-۴ توضیح داده شده است، محاسبه کنید. مقادیر مربوط را ترسیم کنید و منحنی تراکم را به صورت یک منحنی هموار گذرنده از نقاط بکشید (به مثال شکل ۳ مراجعه شود). وزن مخصوص خشک را با دقت ۰/۱ پوند بر فوت مکعب (۰/۲ کیلو نیوتن بر متر مکعب) و درصد رطوبت را با دقت ۰/۱٪ رسم کنید. از روی منحنی تراکم، درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک را تعیین کنید. اگر بیش از ۰/۵٪ جرمی مواد درشت از نمونه برداشته شده باشد، با استفاده از دستورالعمل D۴۷۱۸ درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک تصحیح شده برای کل مصالح را محاسبه کنید. این تصحیح می تواند به جای نمونه آزمایشگاهی، در جای مناسب بر روی نمونه آزمایش چگالی در محل اعمال گردد.

۱۱-۲- منحنی درجه اشباع ۱۰۰٪ را رسم کنید. مقادیر درصد رطوبت برای شرایط ۱۰۰٪ اشباع را می توان آن طور که در بند ۱۱-۵ توضیح داده شده است، محاسبه نمود (به مثال شکل ۳ مراجعه شود).



شکل ۳- مثالی از رسم منحنی تراکم

توجه ۱۰- منحنی درجه اشباع ۱۰۰٪، کمکی برای رسم منحنی تراکم است. برای خاک‌های حاوی بیش از حدود ۱۰٪ ریزدانه، در درصد رطوبت‌های کاملاً بالاتر از بهینه، عموماً دو منحنی به طور تقریبی، موازی با قسمت مرطوب منحنی تراکم، برای درجه اشباع بین ۹۲٪ تا ۹۵٪ می‌باشند. به لحاظ تئوریک، منحنی تراکم نمی‌تواند در سمت راست منحنی اشباع ۱۰۰٪ قرار گیرد. اگر چنین شود، خطایی در مقادیر وزن مخصوص، اندازه‌گیری‌ها، محاسبات، روش‌های آزمایش، و یا در ترسیم وجود خواهد داشت.

توجه ۱۱- گاهی اوقات به منحنی درجه اشباع ۱۰۰٪، منحنی خلاء با مقدار هوای صفر یا منحنی اشباع کامل نیز اطلاق می‌شود.

۱۱-۳- درصد رطوبت (w) - مطابق روش آزمایش D۲۲۱۶ محاسبه نمایند.

۱۱-۴- وزن مخصوص خشک - جرم حجمی مرطوب (معادله ۱)، جرم حجمی خشک (معادله ۲) و سپس

وزن مخصوص خشک (معادله ۳) را به روش زیر محاسبه نمایید:

$$\rho_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000 V} \quad (1)$$



که در آن :

 $\rho_m =$ جرم حجمی مرطوب نمونه متراکم شده (مگا گرم بر مترمکعب) $M_t =$ جرم نمونه مرطوب و قالب (کیلوگرم) $M_{md} =$ جرم قالب تراکم (کیلوگرم) $V =$ حجم قالب تراکم (مترمکعب) (به ضمیمه ۱ مراجعه شود).

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{\left(1 + \frac{W}{100}\right)} \quad (2)$$

که در آن :

 $\rho_d =$ جرم حجمی خشک نمونه متراکم شده، مگا گرم بر مترمکعب و $W =$ میزان رطوبت (بر حسب درصد)

$$\gamma_d = 62/43 \rho_d \quad \text{lbf/ft}^3 \quad (3)$$

یا:

$$\gamma_d = 9/807 \rho_d \quad \text{KN/m}^3$$

که در آن :

 $\gamma_d =$ وزن مخصوص خشک نمونه متراکم شده

۱۱-۵- برای محاسبه نقاط لازم برای رسم منحنی درجه اشباع ۱۰۰٪ یا منحنی خلاء با مقدار هوای صفر،

مقادیری را برای وزن مخصوص خشک انتخاب کنید، سپس مقدارهای درصد رطوبت متناظر با شرایط

درجه اشباع ۱۰۰٪ را به روش زیر محاسبه نمایید:

$$W_{sat} = \frac{\gamma_w G_s - \gamma_d}{\gamma_d G_s} \times 100 \quad (4)$$



که در آن:

$$W_{sat} = \text{درصد رطوبت در حالت اشباع کامل (بر حسب درصد)}$$

$$\gamma_w = \text{وزن مخصوص آب در } 20^\circ \text{C} \text{، برابر } 62/32 \text{ پوند بر فوت مکعب (} 9/789 \text{ کیلونیوتن بر متر مکعب)}$$

$$\gamma_d = \text{وزن مخصوص خشک خاک}$$

$$G_s = \text{وزن مخصوص ذرات جامد خاک}$$

توجه ۱۲- می توان وزن مخصوص دانه های جامد خاک برای نمونه آزمایشی را بر پایه داده های حاصل از آزمایش نمونه های دیگر خاک با طبقه بندی و منبع یکسان با آن به دست آورد. در غیر این صورت، انجام آزمایش تعیین وزن مخصوص دانه های جامد خاک (روش D۸۵۴، C۱۲۶ یا هر دو) ضروری است.

۱۲- گزارش

۱۲-۱- صفحات یا فرم های گزارش باید شامل اطلاعاتی که در ادامه می آیند باشد:

۱۲-۱-۱- روش استفاده شده (A ، B ، یا C)

۱۲-۱-۲- روش آماده سازی بکار رفته (مرطوب یا خشک)

۱۲-۱-۳- درصد رطوبت دریافتی خاک در صورت تعیین شدن آن

۱۲-۱-۴- درصد رطوبت بهینه استاندارد، با دقت ۰/۱٪

۱۲-۱-۵- حداکثر وزن مخصوص خشک استاندارد، با دقت حد ۰/۱ پوند بر فوت مکعب

۱۲-۱-۶- نوع کوبه (دستی یا مکانیکی)

۱۲-۱-۷- داده های مربوط به الک کردن خاک که برای تعیین روش مورد استفاده (A، B یا C)، اعمال می گردند.

۱۲-۱-۸- توصیف مصالح بکاررفته در آزمایش، با استفاده از روش D۲۴۸۸، یا طبقه بندی مصالح توسط

روش آزمایش D۲۴۸۷



۱۲-۱-۹- وزن مخصوص ذرات جامد خاک و روش تعیین آن

۱۲-۱-۱۰- منشاء مصالح مورد استفاده در آزمایش، برای مثال نام پروژه، موقعیت، عمق و امثال اینها

۱۲-۱-۱۱- رسم منحنی تراکم که نقاط بکار رفته برای ایجاد منحنی تراکم، منحنی درجه اشباع ۱۰۰٪، و نقطه متناظر با حداکثر وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت بهینه در آن نشان داده شده است.

۱۲-۱-۱۲- داده‌های مربوط به تصحیح ذرات درشت (در صورت کاربرد)، شامل بخش درشت، P_c بر

حسب درصد

۱۳- دقت و انحراف

۱۳-۱- دقت - معیارهای داوری در مورد قابل قبول بودن نتایج آزمایش به دست آمده به وسیله این روش‌ها برای محدوده‌ای از انواع خاک‌ها، در جدول‌های ۳ و ۴ ارائه شده است. این ارزیابی‌ها بر مبنای نتایج برنامه بین آزمایشگاهی انجام شده توسط "بخش خاک‌های مرجع و برنامه آزمایش ASTM" ارائه شده‌اند. در این برنامه از روش A و روش آماده سازی خشک استفاده شده است. به علاوه، برخی آزمایشگاه‌ها، سه آزمایش مکرر برای هر نوع خاک انجام می‌دهند (آزمایشگاه از نوع آزمایش سه گانه)، در حالی که آزمایشگاه‌های دیگر یک آزمایش برای هر نوع خاک انجام می‌دهند (آزمایشگاه از نوع آزمایش منفرد). شرحی از خاک‌های آزمایش شده، در بند ۱۳-۱-۴ داده شده است. برآورد دقت با نوع خاک تغییر می‌کند، همچنین ممکن است به روش مورد استفاده (A، B یا C یا روش آماده سازی تر یا خشک) نیز حساس باشد. وقتی چنین برآوردهایی بر روی خاک، روش آزمایش، یا روش آماده سازی دیگری اعمال می‌گردند، باید از قضاوت مهندسی بهره گرفت.

۱۳-۱-۱- داده‌های جدول ۳ بر مبنای آزمایش سه گانه انجام شده توسط هر یک از آزمایشگاه‌های از نوع آزمایش سه گانه بر روی هریک از انواع خاک ارائه شده است.

انحراف معیار نتایج در حالات تک‌اپراتوری و چندآزمایشگاهی در ستون ۴ از جدول ۳، مطابق دستورالعمل E 6۹۱ به دست آمده است، که توصیه می‌کند هر آزمایشگاه حداقل ۳ آزمایش مکرر انجام



دهد. نتایج دو آزمایش انجام شده به نحو صحیح، توسط اپراتور یکسان، بر روی مصالح یکسان، با تجهیزات یکسان و در کوتاهترین فاصله زمانی ممکن انجام شده‌اند، نباید بیش از مقدار d_{2s} نشان داده شده در ستون ۵ از جدول ۳، با یکدیگر تفاوت داشته باشند. برای تعریف d_{2s} ، پانوش D در جدول ۱ را ببینید. نتایج دو آزمایش انجام شده به طرز صحیح، که توسط دو اپراتور مختلف و در روزهای متفاوت انجام شده‌اند، نباید بیش از محدوده d_{2s} «چند آزمایشگاهی» نشان داده شده در ستون ۵ از جدول ۳، با یکدیگر تفاوت داشته باشند.

۱۳-۱-۲- در بخش خاک‌های مرجع و برنامه آزمایش ASTM، بسیاری از آزمایشگاه‌ها تنها یک آزمایش منفرد برای هر نوع خاک انجام داده‌اند. این امر در صنعت طراحی و ساختمان متداول است. داده‌های مربوط به هر یک از انواع خاک در جدول ۴ بر مبنای نتایج آزمایش اول از آزمایشگاه‌های از نوع آزمایش سه‌گانه، و نتایج آزمایش منفرد انجام شده در سایر آزمایشگاه‌ها ارایه شده‌اند.

نتایج حاصل از دو آزمایش انجام شده به نحو صحیح، که توسط دو آزمایشگاه مختلف، با اپراتورهای مختلف، با تجهیزات متفاوت و در روزهای مختلفی انجام شده‌اند، نباید بیش از حدود d_{2s} نشان داده شده در ستون ۵ از جدول ۴ با هم تفاوت داشته باشد. نتایج جدول ۳ و ۴ از آن رو نامشابه‌اند که مجموعه داده‌های بکار رفته در آنها متفاوت است.

۱۳-۱-۳- جدول ۳ تفسیری دقیق از داده‌های آزمایش سه‌گانه که مطابق دستورالعمل E691 و از آزمایشگاه‌های واجد شرایط به دست آمده‌اند را ارایه می‌کند. جدول ۴ از داده‌های آزمایشی به دست آمده از روش متداول (یعنی یک آزمایش برای هر نوع خاک) حاصل شده‌است.

۱۳-۱-۴- انواع خاک - بر مبنای نتایج آزمایش چند آزمایشگاهی، خاک‌های مورد استفاده در برنامه مطابق دستورالعمل D2487 در ادامه توصیف شده‌اند. به علاوه، اسامی محلی خاک‌ها نیز داده شده‌اند.

CH - رس چاق، CH، ۹۹٪ ریزدانه، $LL=60$ ، $PI=39$ ، قهوه‌ای تیره، خاک در هوا خشک و خرد شده‌است. نام محلی: رس ویکسبرگ باکشات



CL : رس لاغر، CL، ۸۹٪ ریزدانه، $LL = 33$ ، $PI = 13$ ، خاکستری، خاک در هوا خشک و خرد شده است. نام محلی : رس آنابولیس

ML : سیلت، L، ۹۹٪ ریزدانه، $LL = 27$ ، $PI = 4$ ، قهوه‌ای روشن، خاک در هوا خشک و خرد شده است.

نام محلی : سیلت ویکسبرگ

۱۳-۲- انحراف : مقادیر مرجع پذیرفته شده‌ای برای انحراف این روش موجود نمی‌باشد. بنابراین میزان انحراف قابل تعیین نیست.

۱۴- کلمات کلیدی: تراکم ضربه‌ای با استفاده از انرژی استاندارد، دانسیته، منحنی‌های دانسیته در برابر رطوبت، آزمایش پروکتور، مشخصات تراکمی، تراکم خاک، آزمایش‌های آزمایشگاهی



جدول ۳- خلاصه نتایج آزمایش‌های انجام شده در آزمایشگاه‌های از نوع «آزمایش سه‌گانه» (تراکم با استفاده از

انرژی استاندارد)

(1) Number of Triplicate Test Labs			(2) Test Value ^A (Units)	(3) Average Value ^B			(4) Standard Deviation ^C			(5) Acceptable Range of Two Results ^{D,E}		
<i>Soil Type:</i>												
CH	CL	ML		CH	CL	ML	CH	CL	ML	CH	CL	ML
<i>Single-Operator Results (Within-Laboratory Repeatability):</i>												
11	12	11	$\gamma_{d,max}$ (pcf)	97.2	109.2	106.3	0.5	0.4	0.5	1.3	1.2	1.3
11	12	11	w_{opt} (%)	22.8	16.6	17.1	0.2	0.3	0.3	0.7	0.9	0.9
<i>Multilaboratory Results (Between-Laboratory Reproducibility):</i>												
11	12	11	$\gamma_{d,max}$ (pcf)	97.2	109.2	106.3	1.4	0.8	0.6	3.9	2.3	1.6
11	12	11	w_{opt} (%)	22.8	16.6	17.1	0.7	0.5	0.5	1.8	1.5	1.3

^A $\gamma_{d,max}$ (pcf) = standard maximum dry unit weight in lbf/ft³ and w_{opt} (%) = standard optimum water in percent.

^B The number of significant digits and decimal places presented are representative of the input data. In accordance with Practice D 6026, the standard deviation and acceptable range of results can not have more decimal places than the input data.

^C Standard deviation is calculated in accordance with Practice E 691 and is referred to as the 1 s limit.

^D Acceptable range of two results is referred to as the d2s limit. It is calculated as $1.960 \sqrt{2} \cdot 1s$, as defined by Practice E 177. The difference between two properly conducted tests should not exceed this limit. The number of significant digits/decimal places presented is equal to that prescribed by this standard or Practice D 6026. In addition, the value presented can have the same number of decimal places as the standard deviation, even if that result has more significant digits than the standard deviation.

^E Both values of $\gamma_{d,max}$ and w_{opt} have to fall within values given for the selected soil type.

جدول ۴- خلاصه نتایج آزمایش‌های منفرد انجام شده در هر یک از آزمایشگاه‌ها (تراکم با استفاده از انرژی

استاندارد)

(1) Number of Test Laboratories			(2) Test Value (Units)	(3) Average Value			(4) Standard Deviation			(5) Acceptable Range of Two Results		
<i>Soil Type:</i>												
CH	CL	ML		CH	CL	ML	CH	CL	ML	CH	CL	ML
<i>Multilaboratory Results (Between-Laboratory Reproducibility):</i>												
26	26	25	$\gamma_{d,max}$ (pcf)	97.3	109.2	106.2	1.6	1.1	1.0	4.5	3.0	2.9
			w_{opt} (%)	22.6	16.4	16.7	0.9	0.7	1.0	2.4	1.8	2.9

^A See footnotes in Table 3.



ضمیمه

(اطلاعات دستوری)

A1- حجم قالب تراکم

A1-1- هدف

A1-1-1- این ضمیمه روش تعیین حجم یک قالب تراکم را توضیح می دهد.

A1-1-2- حجم قالب از طریق روش پر کردن با آب تعیین می شود و با روش اندازه گیری خطی کنترل می گردد.

A1-2- ابزارها

A1-2-1- بعلاوه ابزارهایی که در بخش 6 فهرست شد، اقلام زیر نیز مورد نیاز است:

A1-1-2-1- ورنیه یا قطرسنج مدرج - با دامنه اندازه گیری حداقل از صفر تا 6 اینچ (0 تا 150 میلیمتر) و قابلیت قرائت حداقل تا 0/001 اینچ (0/02 میلیمتر)

A1-1-2-2- میکرومتر داخلی - با دامنه اندازه گیری آن حداقل از 2 تا 12 اینچ (50 تا 300 میلیمتر) و قابلیت قرائت حداقل تا 0/001 اینچ (0/02 میلیمتر)

A1-1-2-3- صفحات پلاستیکی یا شیشه‌ای - دو صفحه پلاستیکی یا شیشه‌ای به اندازه تقریبی 8 اینچ مربع و ضخامت $\frac{1}{4}$ اینچ (200 در 200 میلیمتر در 6 میلیمتر)

A1-1-2-4- ترمومتر - با دامنه صفر تا 50 درجه سانتیگراد و درجه بندی‌های 0/5 درجه سانتیگراد،

سازگار با ملزومات مشخصه E1

A1-1-2-5- روغن ترمز یا درزگیر مشابه دیگر

A1-1-2-6- تجهیزات متفرقه - سرنگ حبابی، هوله و غیره



A1-3- احتیاط‌های پیش‌گیرانه

A1-3-1- این روش را در جایی که دور از جریان هوا یا نوسانات شدید دما باشد انجام دهید.

A1-4- روش انجام کار

A1-4-1- روش پر کردن با آب

A1-4-1-1- کف قالب تراکم را کمی روغن کاری کنید و آن را روی یکی از صفحات پلاستیکی یا شیشه ای قرار دهید. روی قالب را نیز یک لایه نازک روغن بمالید. دقت کنید که روغن به داخل قالب نفوذ نکند. اگر همانطور که در 10-4-7 ذکر شد، استفاده از صفحه تحتانی ضروری بود، قالب روغن زده را روی صفحه تحتانی قرار داده، آنها را با پیچ‌های محکم کننده به هم ببندید.

A1-4-1-2- جرم قالب روغن زده و هر دوی صفحات پلاستیکی یا شیشه‌ای را با دقت 0.1 پوند (1 گرم) تعیین و ثبت کنید. اگر از صفحه تحتانی بجای صفحه زیرین پلاستیکی یا شیشه‌ای استفاده می‌شود، جرم قالب، صفحه تحتانی و صفحه پلاستیکی یا شیشه‌ای منفردی را که از آن در روی قالب استفاده می‌شود، با دقت 0.1 پوند (1 گرم) تعیین و ثبت کنید.

A1-4-1-3- قالب و صفحه پلاستیکی یا شیشه‌ای پایینی را روی یک سطح ثابت و افقی قرار دهید و قالب را تا کمی بالاتر از زهوار آن از آب پر کنید.

A1-4-1-4- دومین صفحه را روی سطح بالایی قالب بلغزانید، بطوریکه قالب کاملاً پر از آب باقی بماند و حباب‌های هوا در آن محبوس نشود. اگر لازم بود با سرنگ حبابی، آب به آن اضافه یا از آن کم کنید.

A1-4-1-5- هرگونه آب اضافی را از خارج قالب و صفحات، خشک کنید.

A1-4-1-6- جرم قالب، صفحات و آب را با دقت 0.1 پوند (1 گرم) تعیین و ثبت کنید.

A1-4-1-7- دمای آب داخل قالب را با دقت 1 درجه سانتیگراد تعیین و ثبت کنید. جرم حجمی مطلق آب را از روی جدول A1-1 تعیین و ثبت کنید.

A1-4-1-8- جرم آب درون قالب را با کم کردن مقداری که در A1-4-1-2 بدست آمده، از مقداری که در بند A1-4-1-6 حاصل شده‌است، محاسبه نمایید.



A1-4-1-9- حجم آب را با تقسیم کردن جرم آب بر جرم حجمی آن، با دقت ۰/۰۰۰۱ فوت مکعب (یک سانتیمتر مکعب) محاسبه کنید.

A1-4-1-10- هنگامی که صفحه تحتانی به کار می‌رود، برای کالیبراسیون حجم قالب مراحل A1-4-1-3 تا A1-4-1-9 را تکرار کنید.

A1-4-2- روش اندازه گیری خطی:

A1-4-2-1- با یک کولیس ورنیه یا میکرومتر داخلی، ۶ بار قطر قالب را در قسمت بالا و ۶ بار در قسمت پایین اندازه بگیرید، بطوری که هر یک از اندازه گیری‌های بالایی و پایینی بطور مساوی پیرامون محیط قالب قرار داشته باشند. مقادیر را با دقت ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۲ میلیمتر) ثبت کنید.

A1-4-2-2- با استفاده از کولیس ورنیه، ارتفاع داخلی قالب را با سه اندازه گیری که در فواصل مساوی پیرامون محیط قالب انجام می‌دهید، مشخص کنید. مقادیر را با دقت ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۲ میلیمتر) ثبت کنید.

A1-4-2-3- میانگین قطر بالایی، میانگین قطر پایینی و میانگین ارتفاع را محاسبه کنید.

A1-4-2-4- حجم قالب را با دقت ۰/۰۰۰۱ فوت مکعب (یک سانتیمتر مکعب) به روش زیر محاسبه و ثبت کنید:

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)}{16 \times 1728} \quad (\text{سیستم اینچ - پوند})$$

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)}{16 \times 13} \quad (\text{SI})$$

که در آن :

$$V = \text{حجم قالب} , \text{ft}^3 \text{ (cm}^3\text{)}$$

$$h = \text{میانگین ارتفاع} , \text{in (mm)}$$

$$d_t = \text{میانگین قطر بالایی} , \text{in (mm)}$$

$$d_b = \text{میانگین قطر پایینی} , \text{in (mm)}$$

$$\frac{1}{1728} = \text{مقدار ثابت برای تبدیل ft}^3 \text{ به in}^3$$



$$\frac{1}{1000} = \text{مقدار ثابت برای تبدیل } \text{mm}^3 \text{ به } \text{cm}^3$$

A1-5- مقایسه نتایج

A1-5-1- حجم به دست آمده از هر یک از روش‌ها بایستی در حدود الزامات رواداری حجمی بندهای 6-1-1 و 6-1-2 باشد.

A1-5-2- تفاوت بین دو روش نباید از 0.5٪ حجم اسمی قالب فراتر رود.

A1-5-3- اگر این معیارها ارضا نشدند، تعیین حجم را تکرار کنید.

A1-5-4- چنانچه سازگاری مطلوب بین این دو روش، حتی بعد از چند آزمایش، حاصل نشود، این امر نشانه آن است که قالب از شکل طبیعی خارج شده است و بایستی تعویض شود.

A1-5-5- حجم تعیین شده قالب به روش پر کردن با آب را به عنوان مقدار حجم مقرر برای محاسبه جرم حجمی مرطوب و خشک بکار برید.

جدول 1-1 دانسیته آب

Temperature, °C (°F)	Density of Water, g/mL or g/cm ³
18 (64.4)	0.99860
19 (66.2)	0.99841
20 (68.0)	0.99821
21 (69.8)	0.99799
22 (71.6)	0.99777
23 (73.4)	0.99754
24 (75.2)	0.99730
25 (77.0)	0.99705
26 (78.8)	0.99679

^aValues other than shown may be obtained (5).



روش استاندارد آزمایش تعیین چگالی ذرات جامد خاک ASTM D854-02

۱- هدف

۱-۱- این روشهای آزمایش، به منظور تعیین چگالی ذرات جامد خاک عبوری از الک $4/75$ میلیمتر (شماره ۴). بوسینه پیکنومتر آبی می باشد. وقتی خاک شامل ذرات بزرگتر از الک $4/75$ میلیمتر است، روش آزمایش C127 باید برای ذرات خاک مانده روی الک $4/75$ میلیمتر بکار رود و روشهای حاضر باید برای ذرات خاک عبوری از الک $4/75$ میلیمتر استفاده شوند.

۱-۱-۱- ذرات جامد خاکی که برای این روشهای آزمایش استفاده می شوند نباید شامل مصالحی باشند که با روشهای ذکر شده در این استاندارد تغییر یابند و آلوده به موادی شوند که نتوان از روشهای موجود در این استاندارد استفاده کرد و همینطور این روشها در مورد خاکهای آلی مانند مواد الیافی که بر روی آب شناور می ماند، قابل اعمال نیست.

نکته ۱- روش آزمایش D5550 ممکن است به منظور تعیین چگالی ذرات جامد خاکی که به راحتی در آب حل می شوند یا بر روی آب شناور می ماند و یا هنگامی که استفاده از آب عملی نیست، مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۲- دو روش برای تعیین چگالی مشخص شده است. روش مورد استفاده باید بر اساس نیاز درخواست کننده تعیین شود به جز مواردی که از خاکهای ذکر شده در بند ۱-۲-۱ مورد آزمایش قرار می گیرد.

۱-۲-۱- روش A، برای نمونه های مرطوب که در قسمت ۲-۹ توضیح داده شده است، استفاده می شود و بر روشهای دیگر ارجحیت دارد. این روش برای خاکهای آلی، خاکهای با خاصیت خمیری زیاد، خاکهای مناطق استوایی، خاکهای ریزدانه و خاکهای هالوسیت دار قابل استفاده است.

۱-۲-۱- روش B، برای نمونه های خشک شده در گرمخانه که در قسمت ۳-۹ توضیح داده شده است، استفاده می شود.

۱-۳- تمام مقادیر مشاهده گردیده و محاسبه شده باید بر اساس راهنمای اعداد معنی دار بوده و گرد کردن آنها بر اساس روش D6026 انجام گردد.

۱-۳-۱- روش های استفاده شده برای مشخص کردن نحوه جمع آوری و ثبت داده ها و محاسبه آنها در این دستورالعمل بر طبق استاندارد صنعتی است. در مجموع این ارقام به دلیل اهمیتی که دارند باید ثبت



گردند. روش استفاده شده، تنوع مصالح را شامل نمی‌شود و هدف از بدست آوردن داده‌ها، اهداف خاص مطالعاتی با بررسی‌های موضوعی برای استفاده کننده است. این یک دستورالعمل متداول برای افزایش و یا کاهش ارقام معنی‌دار گزارش شده است تا متناسب و قابل سنجش بوسیله این ملاحظات باشد. در واقع هدف نهایی بنگونه روش‌های آزمایش در نظر گرفتن ارقام معنی‌دار در روش‌های تحلیلی استفاده شده برای طراحی مهندسی است.

۴-۱- واحدها: تمام اعداد در واحد SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته شده‌اند. هیچ واحد اندازه‌گیری دیگری شامل این روش‌های آزمایش نمی‌باشد.

۴-۱-۵- این استاندارد ادعایی در مورد ذکر کردن تمام موارد ایمنی ندارد. اگر موارد ایمنی دیگری در استفاده از این استاندارد دخیل باشند لازم است استفاده کننده از این استاندارد ایمنی و سلامت آزمایش‌ها را رعایت کرده و محدودیت‌های مورد نیاز در هنگام استفاده از این استاندارد را رعایت نماید.

۲- مراجع

۱-۲: استانداردهای ASTM

C ۱۲۷: روش آزمایش تعیین چگالی و جذب آب مصالح سنگی درشت دانه؛

D ۶۵۳: واژگان مربوط به خاک، سنگ و مایعات منفذی؛

D ۱۱۴۰: روش آزمایش تعیین میزان ذرات خاک ریزتر از الک شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرون)؛

D ۲۲۱۶: روش آزمایش برای تعیین آزمایشگاهی مقدار آب (درصد رطوبت) خاک و سنگ بر حسب جرم؛

D ۲۴۸۷: روش طبقه بندی خاک برای مقاصد مهندسی (روش طبقه بندی متحد خاک)؛

D ۳۷۴۰: روش تعیین حداقل احتیاجات برای مؤسساتی که درگیر کارهای آزمایشگاهی و یا بررسی خاک

و سنگ در طراحی و ساخت مهندسی هستند؛

D ۴۷۵۳: راهنمای ارزیابی، انتخاب و تعیین ترازوها و باسکولها برای استفاده در آزمایشهای خاک و سنگ

و دیگر مصالح آزمایشگاهی وابسته؛

D ۵۵۵۰: روش تعیین چگالی ذرات جامد خاک بوسیله پیکنومترگازی؛

D ۶۰۲۶: روش استفاده از ارقام معنی‌دار در داده‌های عددی ژئوتکنیک؛

E ۱۱: مشخصات الک‌های سیسی برای اهداف آزمایشگاهی؛

E ۱۷۷: استفاده از عبارات دقت و خطا در آزمایشهای ASTM؛

E ۶۹۱: روش هدایت یک مطالعه آزمایشگاهی برای تعیین دقت در یک روش آزمایش.



۳- واژگان فنی

۳-۱- کثیف تعاریف مطابق با اصطلاحات فنی D 6۵۳ می‌باشند.

۳-۲- شرح اصطلاحات خاص این استاندارد.

۳-۲-۱-Gs: چگالی ذرات جامد خاک و n: نسبت جرم واحد حجم ذرات جامد خاک به جرم همان حجم از آب مقطر بدون هوا در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- چگالی ذرات جامد خاک در محاسبه روابط فازی خاکها مانند نسبت تخلخل و درجه اشباع استفاده می‌شود.

۴-۱-۱- چگالی ذرات جامد خاک برای محاسبه وزن مخصوص ذرات جامد خاک استفاده می‌شود. این عمل با ضرب کردن چگالی در دانسیته آب (در دمای مناسب) صورت می‌گیرد.

۴-۲- اصطلاح ذرات جامد خاک عموماً به کانیهای معدنی یا ذرات خاک که به صورت طبیعی به شکل ذرات غیر قابل حل در آب درآمده‌اند گفته می‌شود. بنابراین وزن مخصوص مصالحی که حاوی مواد خارجی از قبیل سیمان، آهک و امثال آن، مواد محلول در آب نظیر کلرید سدیم و موادی با وزن مخصوص کمتر از یک می‌باشند، عموماً نیاز به اصلاحات خاص (نکته ۱) یا تعریف کیفی دیگری از وزن مخصوص دارند.

۴-۳- ترازوها، ابعاد پیکنومتر و جرم نمونه‌ها برای یافتن دقت نتایج با سه رقم معنی‌دار تنظیم شده است. نکته ۲- کیفیت نتایج حاصله از این روشهای آزمایشگاهی، به مهارت و کاردانی شخص استفاده کننده از آن و مناسب بودن وسایل و تجهیزات استفاده شده بستگی دارد. موسساتی که مشمول ضابطه D ۳۷۴۰ می‌شوند بطور عمومی قادر به انجام کارآمد و بی‌غرضانه آزمایش‌ها، نمونه‌گیری، بازرسی و غیره خواهند بود. استفاده‌کنندگان از این روشهای آزمایشگاهی باید بدانند که پیروی از دستورالعمل D ۳۷۴۰ به تنهایی تضمین کننده صحت نتایج نخواهد بود. قابل اعتماد بودن نتایج به عوامل زیادی بستگی دارد و روش D3740، روشهایی را برای تخمین این عوامل مشخص می‌کند.

۵- لوازم

۵-۱- پیکنومتر - پیکنومتر آبی باید یکی از انواع فلاسک درب دار، فلاسک پدی درب دار یا فلاسک حجم سنجی با ظرفیت حداقل ۲۵۰ میلی‌لیتر باشد. حجم پیکنومتر باید بین ۲ تا ۳ برابر بزرگتر از حجم مخلوط آب و خاک استفاده شده به منظور تخلیه هوا در آزمایش باشد.



۱-۱-۵- فلاسک درب‌دار به ضور مکانیکی حجم را تنظیم می‌کند. فلاسک درب‌دار یدی یک نوار سوراخ‌دار روشن دارد که اجازه می‌دهد درب در حالت تعادل گرمایی تحت زاویه (بصورت کج) قرار بگیرد و جلوی سر رفتن آب بر روی جداره‌های فلاسک وقتی که درب نصب شده است را می‌گیرد. مرطوب بودن جداره‌های خارجی فلاسک مطلوب نیست، بدلیل اینکه این رطوبت در تعادل گرمایی، تغییرات ایجاد می‌کند. وقتی که از یک فلاسک درب‌دار استفاده می‌کنید مطمئن شوید که درب به خوبی بر چسب گذاری شده باشد، تا با فلاسک مربوطه مطابقت کند.

۲-۵- ترازو: باید الزامات مشخص شده در استاندارد D ۴۷۵۳ را دارا و قادر به تعیین جرم با دقت ۰.۰۱ گرم باشد. هنگامی که از پیکنومتر ۲۵۰ میلی‌لیتر استفاده می‌شود، ترازو باید حداقل ظرفیت اندازه‌گیری جرم تا ۵۰۰ گرم و هنگامی که از پیکنومتر ۵۰۰ میلی‌لیتر استفاده می‌شود، ترازو باید حداقل ظرفیت اندازه‌گیری جرم تا ۱۰۰۰ گرم را دارا باشد.

۳-۵- گرمخانه- گرمخانه باید مجهز به تنظیم کننده دما با قابلیت ثابت نگهداشتن درجه حرارت یکنواخت $5 \pm 110^{\circ}C$ در محفظه خشک کننده باشد. این الزامات معمولاً با استفاده از یک گرمخانه با سیستم هوای تحت فشار تامین می‌شود.

۴-۵- دماسنج - دماسنج باید قادر به اندازه‌گیری دما در حین انجام آزمایش بوده و دارای تقسیمات قابل خواندن با دقت $0.1^{\circ}C$ و عمق غوطه‌وری بین ۲۵ تا ۸۰ میلی‌متر باشد. دماسنج‌های تمام غوطه‌ور را نمی‌توان استفاده کرد. یک دماسنج جیوه‌ای با دقت معمول و یا یک دماسنج دیجیتال در محدوده ۱- تا ۵۷ درجه سانتی‌گراد احتیاجات را برآورده می‌سازد.

۵-۵- دسیکاتور- یک دسیکاتور صندوقی یا دسیکاتور بزرگ با ابعاد مناسب حاوی ژل سیلیکا یا سولفات کلسیم بی‌آب.

نکته ۳- بهتر است از خشک کننده‌ای استفاده شود که هنگام نیاز به تعویض، تغییر رنگ دهد.

۶-۵- سیستم تخلیه هوای مجبوس - برای خروج هوای مجبوس (فرآیند تخلیه هوا) یکی از روش‌های زیر را بکار ببرید:

۱-۶-۵- صفحه داغ یا چراغ بنزن با قابلیت ایجاد دمای کافی برای جوشاندن آب.

۲-۶-۵- سیستم خلاء: یک پمپ خلاء یا مکنده آب با قابلیت تولید خلاء موضعی با فشار مطلق ۱۰۰ میلی‌متر جیوه یا کمتر.

نکته ۴- خلاء موضعی با فشار مطلق ۱۰۰ میلی‌متر جیوه تقریباً معادل قرانت ۶۶۰ میلی‌متر (۲۶ اینچ) جیوه کیچ خلاء در سطح تراز دریا می‌باشد.



۷-۵ - محفظه ایزوله : استیروفوم خنک کننده و محفظه معادل که بتواند بین ۳ تا ۶ پیکنومتر، یک لیوان آزمایشگاهی یک بطری آب و یک دماسنج را در خود جای دهد. این موارد برای تامین دمای کنترل شده محیطی که در آن تغییرات یکنواخت و تدریجی دما مورد نیاز است، استفاده می شود.

۸ ۵ - قیف - یک قیف با سطح صاف و غیرخورنده همراه یک لوله که طول آن تا نشان کالیبره فلاسک حجمی یا علامت، مشخص در بطری درب دار ادامه داشته باشد. قطر لوله قیف باید به اندازه ای باشد که ذرات جامد خاک به راحتی از آن عبور نمایند.

۹ ۵ - لوله پرکننده پیکنومتر با تخلیه جانبی هوا (اختیاری) - یک وسیله کمکی برای اضافه کردن آب بدون هوا به پیکنومتر بدون برهم زدن مخلوط آب و خاک. این وسیله می تواند بصورت زیر ساخته شود. یک لوله پلاستیکی با قطر $\frac{1}{4}$ تا $\frac{3}{8}$ اینچ در یک انتها وصل کنید و دو شکاف تخلیه هوا در بالای این لوله برید. این شکافها باید عمود بر محور لوله و در راستای قطر لوله مقابل هم باشند. یک شیر به انتهای دیگر لوله متصل کرده و یک مسیر از شیر به آب بدون هوای تهیه شده ایجاد کنید.

۱۰-۵ - الک - الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) مطابق با مشخصات دستورالعمل E11.

۱۱ ۵ - مخلوط کن (اختیاری) - یک مخلوط کننده با تیغه های مخلوط کننده که کف محفظه اختلاط تعبیه شده است.

۱۲-۵ - تجهیزات متفرقه - مانند یک کامپیوتر یا ماشین حساب (انتخابی)، ظرفهای محتوی نمونه ها و دستکش های عایق بندی شده.

۶- معرفیها

۱ ۶ - آب خالص - در این آزمایش آب مقطر استفاده می شود. این آب سه راحتی قابل خریداری در فروشگاهها می باشد. از این پس آب مقطر به اسم آب در این آزمایش نامبرده خواهد شد.

۷- نمونه آزمایشگاهی

۱ ۷ - نمونه های آزمایش می تواند نمونه مرطوب یا خاک خشک شده در گرمخانه باشد. و باید این نمونه ها نماینده ذرات جامد خاکی باشند که از الک شماره ۴ طبق استاندارد ایالات متحده می گذرند. جدول ۱ نشان دهنده میزان جرم خاک خشک با توجه به نوع خاک و حجم پیکنومتر است.



جدول ۱: جرم توصیه شده برای نمونه ها

نوع خاک	جرم خاک خشک نمونه وقتی از پیکنومتر 250 میلی لیتر استفاده می شود (گرم)	جرم خاک خشک نمونه وقتی از پیکنومتر 500 میلی لیتر استفاده می شود (گرم)
SP و SP - SM	60 ± 10	100 ± 10
SC و SM و SC	45 ± 10	75 ± 10
سیلت یا رس	35 ± 5	50 ± 10

۷-۱-۱- برای تعیین مقدار خاک مورد نیاز برای آزمایش دو عامل زیر باید مورد توجه قرار گیرد. اول، اینکه حاصل تقسیم جرم خاک مورد استفاده بر چگالی مخصوص آن دارای ۴ رقم معنی دار باشد. دوم، اینکه مخلوط خاک و آب در هنگام هوازدايي از آن بصورت یک محلول با ویسکوزیته بالا (رنگ غلیظ) نباشد.

۸- کالیبره نمودن پیکنومتر

۸-۱- جرم پیکنومتر را در حالت تمیز و خشک با دقت 0.01 گرم تعیین کنید. (تا ۵ رقم معنی دار). این اندازه گیری را ۵ بار انجام دهید. برای اندازه گیری جرم ها از یک ترازو استفاده شود. میانگین و انحراف معیار را تعیین و یادداشت کنید. انحراف معیار باید کمتر یا حداکثر مساوی با 0.02 گرم باشد. اگر از این مقدار بزرگتر شد، سعی کنید اندازه گیری های بیشتری انجام دهید و یا از ترازوی با ثبات بیشتر و دقیق تری استفاده نمایید.

۸-۲- پیکنومتر را از آب بدون هوا تا بالا و یا پایین نشانه کالیبره پیکنومتر پر کنید. این امر به نوع پیکنومتر و سهولت تخلیه کردن یا اضافه کردن آب در آزمایشگاه بستگی دارد.

۸-۲-۱- توصیه می شود که برای رسیدن آب به نشانه کالیبره پیکنومتر، آب برداشته شود. روش کم کردن آب به طوری که باعث کاهش تعداد باز و بسته شدن درب محفظه گردد، سبب کاهش تغییرات در تعادل گرمایی می شود.

۸-۲-۲- هوای داخل آب باید کاملاً خارج شود تا مطمئن شویم هیچ حباب هوایی در آب وجود ندارد. هوای موجود در آب می تواند، بصورت جوشاندن آب، ایجاد خلاء و یا ترکیب خلاء و حرارت و یا توسط



یک وسیله تخلیه هوا خارج شود. این آب بدون هوا نباید تا وقتی که با دمای اتاق به تعادل برسد استفاده شود. در ضمن این آب باید با روش گفته شده در بند ۹-۶ به پیکنومتر اضافه گردد.

۸-۳-۶ پیکنومتر می‌تواند همزمان در هر محفظه ایزوله کالیبره گردد. پیکنومتر یا پیکنومترها را درون یک محفظه ایزوله شده به همراه دماسنج، یک لیوان آب، سر بطریها (اگر پیکنومتر درب دار استفاده شود) و آب بدون هوا در یک بطری به همراه قطره چکان یا پمپ قرار دهید. صبر کنید تا پیکنومتر یا پیکنومترها به تعادل گرمایی برسند (حداقل ۳ ساعت) دمای تعادل حداکثر باید در حدود ۴ درجه با دمای اتاق اختلاف داشته باشد و بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد باشد.

۸-۴ محفظه ایزوله شده را نزدیک ترازو ببرید یا بر عکس. محفظه را باز کرده و یک پیکنومتر را خارج نمایید تنها لبه پیکنومتر لمس میشود تا تعادل گرمایی از بین نرود. هنگام تنظیم سطح آب درون پیکنومتر درون خود محفظه کار کنید یا پیکنومتر را روی یک بلوک استیروفوم یا عایق دیگری قرار دهید.

۸-۴-۱ اگر یک فلاسک حجمی را بعنوان پیکنومتر استفاده می‌کنید سطح آب را با قسمت پایین منحنی هلال آب تا نشانه کالیبره تنظیم نمایید. اگر آب باید اضافه شود، از آب رسیده به تعادل گرمایی درون محفظه ایزوله شده استفاده کنید. اگر آب باید کم شود این کار را بوسیله یک لوله کوچک مکش یا کاغذ خشک کن انجام دهید. دقت کنید تا اگر آبی روی پیکنومتر یا جداره خارجی فلاسک قرار دارد برداشته شود. جرم پیکنومتر و آب را با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و یادداشت نمایید.

۸-۴-۲ اگر از یک فلاسک درب‌دار استفاده می‌شود، درب را درون بطری قرار داده، سپس به کمک قطره چکان آب اضافی را خارج نمایید و لبه‌ها را بوسیله کاغذ خشک کنید. مطمئن شوید که جدار خارجی فلاسک خشک است. جرم پیکنومتر و آب را با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و یادداشت نمایید.

۸-۴-۵ دمای آب را با دقت ۰/۱ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری و ثبت نمایید. برای اینکار از دماسنجی که در محفظه ایزوله به تعادل گرمایی رسیده استفاده نمایید. دماسنج را تا عمق مناسب در آب غوطه‌ور سازید (بخش ۵-۴). پیکنومتر را به محفظه ایزوله برگردانید. برای تمام پیکنومترهای درون محفظه این عمل را تکرار کنید.

۸-۶ مجدداً سطح آب را درون تمام پیکنومترها تنظیم کنید تا برای کالیبره کردن بعدی آماده باشند و اجازه دهید پیکنومترها دوباره به تعادل گرمایی برسند. (حداقل سه ساعت) این مرحله را تکرار کنید تا ۵ مقدار مستقل، از اندازه‌گیری هر پیکنومتر داشته باشید. لازم نیست دما در یک بازه مشخص قرار داشته باشد.

۸-۷ با استفاده از هر کام از این ۵ عدد حجم کالیبره شده هر پیکنومتر (V_i) را با استفاده از فرمول زیر محاسبه نمایید.

$$V_p = \frac{M_{pw,c} - M_p}{\rho_{w,c}} \quad (1)$$

که در آن:

$M_{pw,c}$: جرم پیکنومتر و آب داخل آن در دمای کالیبره شده بر حسب گرم.

M_p : جرم میانگین پیکنومتر خشک در دمای کالیبره بر حسب گرم.

$\rho_{w,c}$: جرم حجمی آب در دمای کالیبره بر حسب g/ml (جدول ۲).

۸-۸- میانگین و انحراف معیار ۵ حجم مشخص شده را محاسبه نمایید. انحراف معیار باید کوچکتر یا مساوی ۰/۰۵ میلی لیتر باشد (دو رقم اعشار گرد شده). اگر انحراف معیار بزرگتر از ۰/۰۵ میلی لیتر باشد مرحله کالیبره کردن دارای تغییرات زیادی است و مقادیر دقیق چگالی مخصوص را بدست نمی دهد. مراحلی را که ممکن است باعث خطای احتمالی شود بررسی کنید. (تنظیم کردن حجم تما نشانه کالیبراسیون، رسیدن به تعادل گرمایی، اندازه گیری دما، روش خارج کردن هوا از آب و تغییرات در فلاسکهای درب دار) سپس در روند آزمایش بازنگری و اصلاح کنید تا انحراف معیار کمتر یا مساوی ۰/۰۵ میلی لیتر گردد.

۹- روش انجام آزمایش

۹-۱- جرم پیکنومتر - با استفاده از همان ترازویی که پیکنومتر با آن کالیبره شده، اطمینان حاصل کنید که جرم پیکنومتر با اختلاف حدود ۰/۰۶ گرم نسبت به جرم میانگین کالیبره شده است. در غیر اینصورت دوباره جرم خشک پیکنومتر را کالیبره نمایید.

۹-۲- روش ۸ برای نمونه های مرطوب

۹-۲-۱- بوسیله روش D2216 درصد رطوبت موجود در نمونه را تعیین کنید. با استفاده از این درصد رطوبت محدوده جرم مرطوب لازم برای نمونه ها جهت تعیین چگالی ویژه را طبق ۷-۱ محاسبه نمایید. در این محدوده نمونه ای از خاک جدا کنید. جدا کردن نمونه نباید برای رسیدن به یک وزن دقیق از پیش تعیین شده انجام گیرد.

۹-۲-۲- برای جداسازی ذرات خاک، تقریباً ۱۰۰ میلی لیتر آب را داخل محفظه مخلوط کن یا وسایل مشابه بریزید. سپس مخلوط خاک را اضافه کنید، حداقل برای تهیه حجم لازم از این محلول (خاک و آب) نیاز به پیکنومتری با حجم حداقل ۵۰۰ میلی لیتر می باشد.

۹-۲-۳- با استفاده از قیف، دوغاب (مخلوط خاک و آب) را درون پیکنومتر بریزید. بوسیله یک بطری آب پاش، باقیمانده ذرات خاک درون قیف را بشویید.



جدول ۲: دانسیته آب و ضریب دما (K) برای دماهای مختلف

دما °C	دانسیته g/mc	ضریب دما k	دما °C	دانسیته g/mc	ضریب دما k	دما °C	دانسیته g/mc	ضریب دما k	دما °C	دانسیته g/mc	ضریب دما k
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00075	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99867	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99666	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99694	0.99873	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99689	0.99869	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99773	30.0	0.99585	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99645	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99792	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99789	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99786	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99805	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716



۹-۲-۴- بر طبق بند ۹-۴ عمل کنید.

۹-۳- روش B برای خاکهای خشک شده در گرمخانه

۹-۳-۱- نمونه را در گرمخانه خشک کنید تا به جرم ثابت برسد (دمات 5 ± 110 سانتیگراد). کلوخه های خاک را با کوبه خرد کنید. اگر خاک بعد از خشک شدن به راحتی خرد نمی شود یا ترکیبات آن تغییر می کند از روش A استفاده نمایید. برای خاکهایی که نیاز به استفاده از روش آزمایش A دارند به بند ۱-۲-۱ مراجعه کنید.

۹-۳-۲- قیف را درون پیکنومتر قرار دهید. انتهای لوله قیف باید پائین تر از نشان کالیبره پیکنومتر یا حلقه آب بند قرار بگیرد. با قاشق خاک را مستقیماً درون قیف بریزید. سپس تمام ذرات باقیمانده در قیف را بوسیله یک بطری آب پاش بشوید تا داخل پیکنومتر بریزد.

۹-۴- آماده کردن دوغاب (مخلوط آب و خاک) - مقداری آب اضافه کنید تا سطح آب به $\frac{1}{3}$ تا $\frac{1}{2}$ ارتفاع بدنه اصلی پیکنومتر برسد. آب را تکان دهید تا دوغاب شکل بگیرد. تمام ذرات چسبیده خاک به بدنه پیکنومتر را بشوید تا بداخل مخلوط بریزد.

۹-۴-۱- اگر دوغاب (مخلوط مایع گونه خاک و آب) شکل نگیرد و مخلوط بصورت یک خمیر ویسکوز در آمد باید با توجه به بند ۷-۱- از یک پیکنومتر بزرگتر استفاده کرد.

نکته ۵) برای برخی از خاکها که شامل درصد قابل توجهی مواد آلی هستند، نفت سفید عامل خیس کننده بهتری نسبت به آب است و می تواند بجای آب مقطر برای نمونه های خشک شده در گرمخانه استفاده شود. اگر نفت سفید استفاده شود، هوای محبوس شده تنها می تواند بوسیله مکنده هوا تخلیه شود. نفت سفید یک ماده مشتعل شونده است و باید با احتیاط کامل از آن استفاده کرد.

۹-۵- تخلیه هوای مخلوط خاک و آب- هوای محبوس شده در مخلوط خاک و آب می تواند با حرارت (جوشاندن) ایجاد خلاء یا ترکیب حرارت و خلاء تخلیه شود.

۹-۵-۱- اگر از روش حرارت دادن (جوشاندن) به تنهایی استفاده می شود بعد از جوش آمدن کامل مخلوط خاک و آب حداقل دو ساعت باید حرارت ادامه پیدا کند. حرارت باید فقط به اندازه ای باشد که مخلوط در حالت جوشیدن باقی بماند. در صورت لزوم مخلوط را تکان دهید تا از چسبیدن و خشک شدن آن بر روی شیشه بالای سطح مخلوط جلوگیری شود.

۹-۵-۲- اگر فقط از روش خلاء استفاده می شود، پیکنومتر حداقل باید بصورت پیوسته تحت خلاء تا دو ساعت تکان داده شود. تکان دادن پیوسته به این معنی است که ذرات جامد رس و سیلت به صورت معلق در مخلوط باقی مانده و حرکت آن نیز ثابت بماند. خلاء باید بطور نسبی ثابت بماند و باید به اندازه ای باشد که بتواند در همان



ابتدای مرحله تخلیه هوا بوجود آمدن حباب شود.

۹-۵-۳- اگر حرارت و خلاء بصورت همزمان اعمال گردد، پیکنومتر می تواند در حالی که خلاء نیز اعمال می شود درون حمام آب گرم قرار بگیرد. (دمای آب نباید بیش از ۴۰ درجه سانتیگراد باشد). سطح آب گرم حمام باید به مقدار کمی پایین تر از سطح آب درون پیکنومتر باشد. اگر شیشه پیکنومتر داغ شود، خاک بر روی شیشه خشک می شود یا به آن می چسبد. مدت زمان اعمال همزمان خلاء و حرارت حداقل ۱ ساعت بعد از شروع جوشیدن می باشد. در حین انجام این کار مخلوط آب و خاک در صورت لزوم باید تکان داده شوند تا مخلوط در حال جوشیدن باقی بماند و از خشک شدن مخلوط درون پیکنومتر جلوگیری شود.

۹-۶- برکردن پیکنومتر با آب- پیکنومتر را از آب بدون هوا (قسمت ۸-۲-۲ را ببینید) بوسیله یک قطعه لوله انعطاف پذیر با قطر کوچک که انتهای آن زیر سطح مخلوط آب و خاک در پیکنومتر قرار می گیرد یا با استفاده از لوله پرکننده پیکنومتر پر کنید. اگر از لوله پرکننده پیکنومتر استفاده می شود. لوله را با آب پر کنید و شیر را ببندید. لوله را بنحوی قرار دهید که سوراخهای زهکشی آب دقیقاً بر روی سطح مخلوط آب و خاک قرار گیرد. سپس شیر را به آرامی باز کنید تا آب اجازه جریان از بالای مخلوط را پیدا کند. وقتی که لایه آب شفاف بالا آمد لوله را بلند کنید و شدت جریان را افزایش دهید. اگر آب اضافه کدر رنگ شد آب بیشتری بالای نشان کالیبراسیون یا حلقه آب بند اضافه نکنید و بقیه آب را روز بعد اضافه کنید.

۹-۶-۱- اگر از فلاسک یدی درب دار استفاده می کنید فلاسک را بنحوی پر کنید که کف درب در آب غوطه ور شود. سپس درب را تحت زاویه ای روی گردنه مشخص قرار دهید تا از حبس شدن هوا زیر درب جلوگیری شود. اگر از ظروف حجم سنجی یا درب دار استفاده می شود، فلاسک را تا بالا یا زیر علامت مشخصه کالیبراسیون بسته به سهولت کار پر کنید.

۹-۷- اگر از حرارت استفاده شده است، اجازه دهید تا نمونه به طور تقریبی تا دمای اتاق خنک گردد.

۹-۸- تعدل گرمایی- پیکنومتر را درون محفظه ایزوله شده قرار دهید. همچنین دماسنج، بشر و مقداری آب بدون هوا در یک بطری، همراه با یک قطره چکان یا پیپت درون محفظه قرار دهید. تمام این وسایل را تمام شب در محفظه در بسته نگهدارید تا به تعادل گرمایی برسند.

۹-۹- تعیین جرم پیکنومتر- اگر محفظه ایزوله شده نزدیک ترازو قرار ندارد آنرا نزدیک ترازو ببرید یا برعکس ترازو را به آن نزدیک کنید. محفظه را باز کنید و پیکنومتر را خارج کنید. تنها لبه پیکنومتر لمس شود. زیرا گرمای دستها می تواند تعادل گرمایی را تغییر دهد. پیکنومتر را روی یک بلوک ایزوله شده استیروفوم یا مشابه آن که عایق است قرار دهید.

۹-۹-۱- اگر از یک فلاسک حجمی استفاده می شود، سطح آب را تا نشانه کالیبراسیون طبق بند ۸-۴-۱ تنظیم کنید.



۹-۹-۲- اگر از یک فلاسک درب دار استفاده می شود، در هنگام کم کردن آب اضافی بوسیله قطره چکان درب را درون بطری قرار دهید. و ر لبه ها را بوسیله کاغذ خشک کن خشک کنید و مطمئن شوید که تمام سطح خارجی فلاسک خشک باشد.

۹-۱۰- جرم پیکنومتر، آب و خاک را با دقت حدود ۰/۰۱ گرم اندازه گیری و ثبت نمایید. برای این کار از همان ترازویی که با آن پیکنومتر را کالیبره کردید، استفاده کنید.

۹-۱۱- تعیین دمای پیکنومتر- دمای مخلوط آب و خاک را با دقت حدود ۰/۱ درجه سانتیگراد اندازه گیری و ثبت نمایید. برای این کار از روش و دماسنج بکار رفته در بند ۸-۵ استفاده کنید. این دما، دمای آزمایش است (T1).

۹-۱۲- جرم خاک خشک- وزن یک تشت یا کاسه را با دقت حدود ۰/۰۱ گرم تعیین کنید. دوغاب را درون آن خالی کنید. آب اضافه نیز می تواند در این انتقال استفاده شود. نمونه را تا جایی که به جرم ثابت برسد در گرمخانه با دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد نگهداری کنید. سپس آنرا داخل یک دسیکاتور خن کنید. اگر ظرف محتوی نمونه (دوغاب) طوری عایق بندی شده باشد، که در هنگام خنک شدن، خاک نتواند رطوبتی جذب کند به دسیکاتور احتیاجی نیست. وزن خاک خشک و ظرف آن را با دقت ۰/۰۱ گرم با همان ترازوی تعیین شده وزن کنید. وزن ذرات خشک خاک را با دقت حدود ۰/۰۱ گرم تعیین کنید.

نکته ۶) این روش دقت و تکرار پذیری بیشتری در نتایج نسبت به تعیین جرم خشک قبل از آزمایش فراهم می کند. بیشترین احتمال خطا برای این موضوع از بین رفتن و کم شدن ذرات جامد خاک در حین مرحله تخلیه هواست.

۱۰- محاسبه:

۱-۱۰- جرم پیکنومتر و آب را در دمای آزمایش طبق رابطه زیر محاسبه نمایید.

(۲)

$$M_{pw,t} = M_p + (V_p * p_{w,t})$$

که در آن :

$M_{pw,t}$ = جرم پیکنومتر و آب در دمای آزمایش (T1) به گرم

M_p = میانگین جرم کالیبره شده پیکنومتر خشک به گرم

V_p = میانگین حجم کالیبره شده پیکنومتر به میلی متر

$p_{w,t}$ = دانسیته آب در دمای آزمایش (T1) گرم بر میلی لیتر از جدول شماره ۲

۱۰-۲- چگالی ویژه ذرات جامد خاک (Gt) را در دمای آزمایش مطابق رابطه زیر محاسبه کنید.

$$G_t = \frac{\rho_s}{\rho_{wt}} = \frac{M_s}{(M_{pw,t} - (M_{pws,t} - M_s))} \quad (۳)$$

که در آن



P_s = دانسیته ذرات جامد خاک بر حسب Mg/m^3 یا g/cm^3

$P_w.t$ = دانسیته آب در دمای آزمایش (T_t) از جدول ۲ بر حسب g/ml یا g/cm^3

M_s = جرم خاک خشک شده در گرمخانه بر حسب گرم

$M_{pws.t}$ = جرم پیکنومتر، آب و ذرات جامد خاک در دمای آزمایش (T_t) بر حسب گرم

۱۰-۳- چگالی ویژه ذرات جامد خاک در ۲۰ درجه سانتیگراد را مطابق رابطه ذیل محاسبه کنید.

$$G_{20^{0c}} = K_0 G_t \quad (4)$$

که در آن K ، ضریب دما است که در جدول (۲) داده شده است.

۱۰-۴- برای ذرات جامد خاک که شامل ذرات بزرگتر از $4/75$ میلیمتر (الک شماره ۴) هستند و بوسیله دستور روش آزمایش C127 چگالی ویژه ذرات جامد آن تعیین می شود، میانگین چگالی ویژه را محاسبه نمایید. در روش آزمایش C127، آزمایش باید در دمای $23 \pm 1/7$ درجه سانتی گراد انجام گیرد و احتیاجی به تصحیح داده های چگالی ویژه برای دمای ۲۰ درجه سانتیگراد نیست. از بند ۱۰-۳ برای تصحیح اندازه گیری ها در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد استفاده نمایید. از رابطه ذیل برای تعیین میانگین چگالی ویژه استفاده نمایید.

$$G_{avg@20^{0c}} = \frac{1}{\frac{R}{100 \times G_1@20^{0c}} + \frac{P}{100 \times G_2@20^{0c}}} \quad (5)$$

که در آن

R : درصد وزنی خاک باقیمانده بر روی الک $4/75$ میلیمتر؛

P : درصد وزنی رد شده خاک از الک $4/75$ میلیمتر؛

$G_1@20^{0c}$: چگالی ویژه خاکی که بر روی الک $4/75$ میلیمتر مانده و به روش C127 برای دمای ۲۰ درجه سانتیگراد اصلاح شده است؛

$G_2@20^{0c}$: چگالی ویژه خاکی که از الک $4/75$ میلیمتر گذشته و بوسیله این آزمایشها مشخص شده است.

(معادله ۴)



۱۱- گزارش: برگه های اطلاعات آزمایش، فرم ها

۱۱-۱- روش ذکر شده در پائین که مشخص می کند چگونه داده های آزمایش در برگه های اطلاعات ثبت شوند در واقع استاندارد صنعتی است و نماینده تعداد ارقام معنی داری هستند که باید حفظ شوند. این ملزومات، گوناگونی مواد در مورد بدست آوردن داده ها، هدف خاص مطالعاتی و یا ملاحظات دیگر کاربر را در نظر نمی گیرد. این یک دستورالعمل معمول برای افزایش و یا کاهش دادن تعداد اعداد معنا دار گزارش شده شد است تا متناسب و قابل سنجش بوسیله این ملاحظات باشد. در واقع هدف نهایی اینگونه آزمایش ها آماده کردن اعداد معنادار برای استفاده در طراحی مهندسی است.

۱۱-۲- داده های زیر را به عنوان حداقل داده ها ثبت نمایید.

۱۱-۲-۱- مشخصات خاک (مواد) مورد آزمایش مانند شماره گمانه، شماره نمونه، عمق و شماره آزمایش؛

۱۱-۲-۲- طبقه بندی نظری خاک مورد آزمایش (نام گروه و مشخصه برطبق روش D2487)؛

۱۱-۲-۳- درصد ذرات خاک عبوری از الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی متر)؛

۱۱-۲-۴- اگر قسمتی از خاک یا مصالح، از آزمایش حذف شده مصالح حذف شده را تشریح کنید.

۱۱-۲-۵- نوع روش استفاده شده (روش A یا روش B)؛

۱۱-۲-۶- تمام اندازه گیری جرم ها (بادقت ۰/۰۱ گرم)؛

۱۱-۲-۷- دمای آزمایش با دقت ۰/۱ درجه سانتیگراد؛

۱۱-۲-۸- چگالی ویژه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد ($G_{20^{\circ}C}$ ، G_s و G) با دقت ۰/۰۱ ثبت این داده ها با دقت ۰/۰۰۱ اختیاری است؛

۱۱-۲-۹- میانگین چگالی ویژه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد (G_{avg} و یا $G_{avg@20^{\circ}C}$) با دقت ۰/۰۱ اگر مقدور باشد.

۱۲- دقت و خطا

۱۲-۱- معیار قضاوت در مورد قبول نتایج حاصل از این آزمایشها در محدوده خاکهای مورد استفاده در روش A (بجز خاکهایی که با هوا خشک شده اند) در جدول ۳ و ۴ آمده است. این تخمین دقت، براساس نتایج داخل آزمایشگاهی که توسط ASTM در بخش خاک و برنامه آزمایشگاهی بدست آمده، انجام گرفته است. در این برنامه برخی آزمایشگاهها از هرنوع خاک، سه نمونه مشابه را مورد آزمایش قرار دادند؛ درحالی که برخی دیگر از آزمایشگاهها بر روی هرنمونه تنها یک آزمایش انجام دادند. توصیف خاکهای آزمایش شده در بند ۱۲-۱-۴ آمده است. تخمین دقت ممکن است برای انواع خاکها و روشها (روش A یا روش B) تفاوت کند. داشتن قضاوت مهندسی برای اعمال کردن این تخمین ها به خاکها و روش های دیگر الزامی است.



۱۲-۱-۱- داده های آورده شده در جدول (۳) اساس آزمایشهای سه گانه تکراری انجام شده بر روی هر نوع خاک تهیه شده است. نتایج اپراتور تکی وانحراف از معیار برای حالت چند آزمایشگاهی در جدول (۳) آمده است. و ستون ۴ برطبق روش E691 بدست آمده است که در آن برای هر تست آزمایشگاهی حداقل سه نمونه را توصیه می کند. نتایج در آزمایش هدایت شده بوسیله یک اپراتور بر روی همان مواد و با همان وسایل و در سریعترین زمان انجام آزمایش نباید تفاوتی بیشتر از محدودیت d2s در جدول (۳) ستون ۵ برای اپراتور تکی داشته باشد. برای تعریف d2s به زیرنویس c در جدول (۳) توجه نمایند. نتایج آزمایشگاهی که توسط اپراتورهای مختلف در روزهای متفاوتی بدست می آید نباید با d2s چند آزمایشی که در جدول (۳) ستوان ۵ آمده است تفاوت داشته باشد.

۱۲-۱-۲- در مرجع برنامه خاک و آزمایش استاندارد ASTM بسیاری از آزمایشگاهها تنها یک آزمایش انجام دادند. این امر در طراحی و صنعت ساخت امری مرسوم است. داده های جدول ۴ براساس اولین نتیجه آزمایش آزمایشگاههایی که بدرستی هدایت شده اند بوسیله دو آزمایشگاه مختلف با اپراتورهای مختلف و وسایل مختلف در روزهای مختلف نباید از محدودیت d2s نشان داده شده است در جدول (۴) ستون ۵ تجاوز کند. نتایج جدول (۳) و (۴) غیرمشابه هستند که این امر بدلیل متفاوت بودن داده ها می باشند.

۱۲-۱-۳- جدول (۳) نشان دهنده تفسیر سخت گیرانه نتایج یک آزمایش سه تایی از آزمایشگاههای که قبلاً تأیید شده اند براساس روش E691 می باشد. جدول (۴) برگرفته از داده های آزمایشی است که با روش های معمول انجام پذیرفته است. ۱۲-۱-۴- نوع خاک - براساس نتایج چند آزمایشگاهی، خاک استفاده شده در این برنامه براساس روش D 2487 در زیر شرح داده شده است. بعلاوه نام محلی خاک نیز آورده شده است.

CH : رس چاق ، CH ، ۹۹٪ ریزدانه ، LL = ۶۰ ، PI = ۳۹ ، قهوه ای مایل به خاکستری ، خاک خشک شده با هوا و نرم شده ، نام محلی - رس Vickburg Buckshot

CL : رس لاغر ، CL ، ۸۹٪ ریزدانه ، LL = ۳۳ ، PI = ۱۳ ، خاکستری ، خاک خشک شده با هوا و نرم شده ، نام محلی - رس Annapolis

ML : سیلت ، ML ، ۹۹٪ ریزدانه ، LL = ۲۷ ، PI = ۴ ، قهوه ای روشن ، خاک خشک شده با هوا و نرم شده ، نام محلی - سیلت Vickburg

SP : ماسه بند دانه بندی شده ، SP ، ۲۰٪ ماسه درشت دانه ، ۴۸٪ ماسه متوسط ، ۳۰٪ ماسه ریز و ۲٪ ریزدانه ، قهوه ای مایل به زرد ، نام محلی - ماسه Vederick

۱۲-۲- خطا: مرجع قابل قبولی در مورد این روش آزمایش موجود نیست. بنابراین نمی توان میزان خطا را مشخص کرد.



جدول ۳- خلاصه نتایج آزمایش از آزمایشهای سه گانه آزمایشگاهی (چکالی ویژه)

(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
نوع خاک	تعداد آزمایشگاههای آزمایش های سه گانه	میانگین مقادیر	انحراف معیار	محدوده قابل قبول در مقایسه دو نتیجه
نتایج آزمایش با اپراتوری تکی (با قابلیت تکرار آزمایشگاهی)				
CH	14	2.717	0.009	0.03
CL	13	2.670	0.006	0.02
ML	14	2.725	0.006	0.02
SP	14	2.658	0.006	0.02
نتایج آزمایش چند آزمایشگاهی (با تکرار بین آزمایشگاههای مختلف)				
CH	14	2.717	0.028	0.08
CL	13	2.670	0.022	0.06
ML	14	2.725	0.022	0.06
SP	14	2.658	0.008	0.02

توضیح A: تعداد اعداد معنی دار و اعشاری نشان داده شده نماینده داده های ورودی است برطبق استاندارد D 6026 انحراف معیار نمی تواند بیشتر از داده های ورودی ، اعشار داشته باشد.

توضیح B: محدوده قابل قبول برای دنتیجه با محدودیت d_{2s} بیان می شود. این عدد همانطور که در روش E177 تشریح شده بصورت $ts \sqrt{2}$ محاسبه می شود. تفاوت بین دو آزمایش مربوط نباید از این حد تجاوز کند. تعداد ارقام معنادار و اعشاری ، معادل روش توضیح داده شده یا روش D 6026 است . بعلاوه عدد نشان داده شده می تواند همان تعداد رقم اعشاری که انحراف معیار دارد داشته باشد. حتی اگر نتایج تعداد ارقام معنادار بیشتری نسبت به انحراف معیار داشته باشد.

جدول ۳- خلاصه نتایج آزمایش از آزمایشهای سه گانه آزمایشگاهی (چکالی ویژه)

(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)
نوع خاک	تعداد آزمایشگاهها	مقدار متوسط	انحراف معیار	محدوده قابل قبول در مقایسه دو نتیجه
نتایج برگرفته از چند آزمایشگاه (هر آزمایشگاه یک آزمایش انجام داده)				
CH	18	2.715	0.027	0.08
CL	18	2.673	0.018	0.05
ML	18	2.726	0.022	0.06
SP	18	2.660	0.007	0.02

روش استاندارد آزمایش ظرفیت باربری خاک برای بار استاتیکی و پی های منفرد

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تخمینی از ظرفیت باربری خاک را در محل از طریق آزمایشهای بارگذاری صحرائی فراهم می سازد. این روش آزمایش تنها بیک بخشی از روش ضروری برای تحقیقات خاک جهت طراحی پی هاست و فقط در عمقی معادل یا حدود دو برابر قطر صفحه باربر؛ اطلاعاتی از خاک را بدست می دهد و تنها اثرات کوتاه مدت زمان را به حساب می آورد.

۱-۲- در این آزمایش سیستم آحاد اینچ - پوند به عنوان استاندارد در نظر گرفته شده است.

۱-۳- در انجام این روش استاندارد ممکن است از مصالح، عملیات و ابزار خطرناک استفاده شود. در این استاندارد همه مسائل ایمنی که هنگام استفاده از آن باید رعایت شوند، مشخص نشده اند. بنابراین شخصی که از این استاندارد استفاده می کند باید تدابیر لازم را برای ایمنی و سلامتی خود در نظر داشته باشد و عملی بودن محدوده های مقرر را قبل از استفاده از آنها تعیین نماید.

۲- ابزارها

۲-۱- سکوها یا مخازن بارگذاری در اندازه مناسب و مقاوم تا بتوانند کل بار تخمین زده شده لازم یا معادل آن را برای تامین کل عکس العمل بارگذاری مورد نظر تامین کنند.

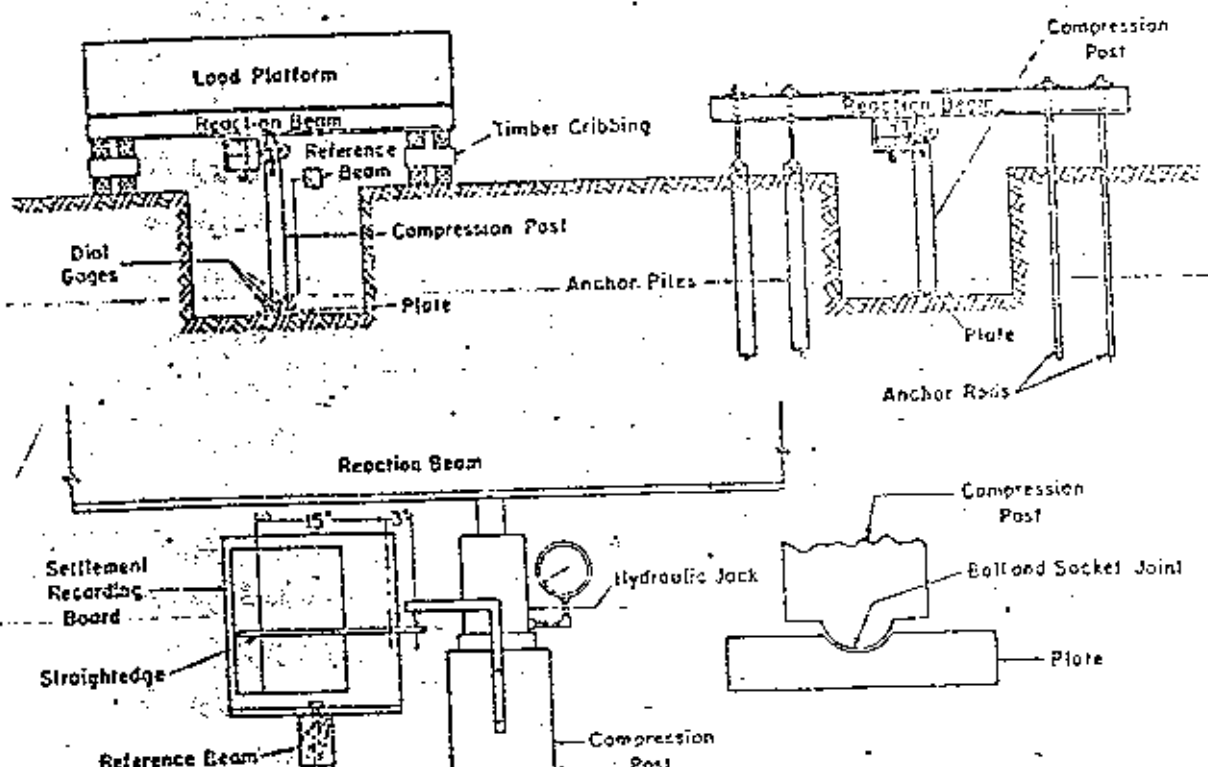
۲-۲- مجموعه بچک مکانیکی یا هیدرونیکی با ظرفیت کافی برای تامین و نگهداری حداکثر بار تخمین زده شده برای شرایط ویژه خاک مربوطه که در هر موردی کمتر از ۵۰ تن (۴۴۰ کیلونیوتن) نباشد و حداقل یک وسیله ای مانند گنج فشار سنج، محفظه بارگذاری الکترونیکی یا حلقه فلزی برای اندازه گیری نیرویی که بچک اعمال می کند. وسایل اندازه گیری نیرو باید قادر به ثبت بار با حداکثر خطایی کمتر از ۲٪ ± بار افزایشی مورد استفاده باشند.

۲-۳- صفحات باربر - سه صفحه فولادی گرد که ضخامت آنها کمتر از یک اینچ (۲۵ میلیتر) نیست و قطر آنها از ۱۲ تا ۳۰ اینچ (۳۰۵ تا ۷۶۲ میلیتر) تغییر می کند، صفحات بایستی دارای بزرگترین و کوچکترین قطر ذکر شده باشند و می توان از صفحات باربر فولادی مربع شکل با مساحت معادل استفاده نمود. به عنوان یک راه دیگر، می توان سه پی کوچک بتنی به اندازه های ذکر شده یا بزرگتر در محل ساخت، ضخامت چنین پی هایی نباید کمتر از دو سوم عرض آنها باشد.

۲-۴- وسایل ثبت نشست، مانند گنج های غیره ای که قادر به اندازه گیری نشست صفحات آزمایش با دقت حداقل ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیتر) باشند.

۲-۵- ابزارهای مترقعه، شامل ستونهای باربر، تیغه های فولادی و دیگر ابزارهای ساختمانی و تجهیزات لازم برای آماده سازی چانه های آزمایشی و ابزارهای بارگذاری می باشد.

توجه ۱- مجموعه‌های آزمایشی با توجه به شرایط کاری، نیازهای آزمایشی و وسایل موجود، ممکن است بسیار متنوع باشند. برنامه و مجموعه آزمایشی باید پیشاپیش برنامه ریزی و توسط ناظر اصلاح شوند. برنامه‌ریزی باید طوری باشد که شخص بتواند در محدوده نیازهای ویژه‌ای که در بالا آمد و در روش آزمایشی زیر مشخص شده است، در جزئیات کار آزادی عمل داشته باشد. یک مجموعه نمونه برای اجرای آزمایشهای بارگذاری در شکل (۱) آمده است.



شکل ۱- ترتیب قرار گرفتن برای انجام آزمایشهای بارگذاری استاتیکی

۳- روش آزمایش

۳-۱- انتخاب محل آزمایش - انتخاب محل‌های آزمایش برای آزمایشهای باربری، براساس نتایج حفاری‌های شناسایی و نیازهای طراحی سازه است. اگر حالت دیگری تعریف نشده باشد، آزمایش بارگذاری را در مرکز پی مفروض و تحت همان شرایطی که پی‌های مورد نظر باید در معرض آن باشند، انجام دهید. صفحات باربر را در تراز انتخاب شده و عمق نسبی (عمق بصورت ضریبی از قطر صفحه بیان می‌شود) یکسان، همانند پی واقعی قرار دهید.

توجه ۲- برای پی‌هایی که در محلهای گودبرداری شده دائمی و پایین تر از سطح زمین قرار دارند، عمق واقعی پی، عمق از کف گودبرداری شده و یا عمقی که سرپاژ دائماً روی آن عمل می‌کند، می‌باشد و نه عمق از سطح زمین.

توجه ۳- اگر شرط عمق نسبی معادل به دلایل عملی امکانپذیر نبوده، نتایج آزمایش باید با استفاده از نظریه مناسب ظرفیت باربری تفسیر شود. همچنین باید تصحیحاتی برای اثرات شکل و اندازه پی و اثرات آب زیرزمینی بطور مناسب انجام گیرد.

۳-۲- چاله‌های آزمایش - حداقل سه محل آزمایش لازم است و فاصله بین این مکانهای آزمایش نباید کمتر از ۵ برابر قطر بزرگترین صفحه بکار رفته در آزمایشها باشد. به دقت محلهای آزمایش را که باید از طریق صفحات یا پی‌ها بارگذاری شود پاک و تراز نماید بطوری که بارها در تماس کامل به خاک دست نخورده منتقل شوند. قبل از بارگذاری چاله‌های آزمایش و محل‌ها را در مقابل تغییرات رطوبت خاک محافظت کنید، مگر در مواقعی که مرطوب شدن خاک در آینده وجود داشته باشد، همانند سازه‌های هیدرولیکی. در این گونه موارد، خاک محل را به وسعت مورد نظر تا عمقی که کمتر از دو برابر قطر بزرگترین صفحه باربر نباشد، مرطوب کنید. ۳-۳- سکوها یا مخازن بارگذاری را به وسیله تکیه گاهها یا وسایل مناسب دیگر، حتی الامکان دور از محل آزمایش که ترجیحاً کمتر از ۸ فوت (۲/۴ متر) نباشد، مستقر کنید. قبل از شروع آزمایش باید کل بار لازم برای آزمایش در محل وجود داشته باشد.

۳-۴- بار مرده - همه تجهیزات مورد استفاده از قبیل صفحات فولادی، ستون باربر و جک و غیره را که قبل از اعمال بار افزایشی، در منطقه آزمایش قرار گرفته می‌شوند، را وزن نمونه و به عنوان بار مرده ثبت کنید.

۳-۵- تیر مرجع - تیر نگهدارنده گیج‌های عقربه‌ای یا دیگر وسایل ثبت نشست را حتی الامکان دور از محل آزمایش، اما نه کمتر از ۸ فوت (۲/۴ متر) از مرکز محل بارگذاری، بطور مستقل مستقر کنید.

۳-۶- افزایش‌های بار - بار را به خاک به صورت افزایشهای معادل تجمعی به طوری که این افزایشها کمتر از ۱/۱۰ تن بر فوت مربع (۹۵ کیلو پاسکال)، یا کمتر از یک دهم ظرفیت باربری تخمین زده شده محل مورد آزمایش باشد اعمال نمایید. هر بار را به دقت اندازه بگیرید و به گونه‌ای اعمال کنید که بار به صورت استاتیکی به خاک اعمال شود بدون اینکه ضربه، ارتعاش و خروج از مرکز داشته باشد.

۳-۷- فاصله زمان بارگذاری - بعد از هر افزایش بار، بار تجمعی را برای فاصله زمان انتخاب شده بیش از ۱۵ دقیقه نگهدارید.

توجه ۴- فواصل زمانی طولانی‌تر ممکن است برای نگهداشتن بار تا توقف نشست یا یکنواخت شدن نرخ نشست، تعیین شود. در هر حال، هر فاصله زمانی که برای هر افزایش بار انتخاب می‌گردد را در تمام آزمایشهای هر سری آزمایشها ثابت نگهدارید.

۳-۸- اندازه گیری نشست - نشستها را به طور مداوم ثبت کنید. اندازه گیریهای نشست را سریعاً قبل و بعد از اعمال بار افزایش بار اندازه بگیرید و این اندازه گیریها باید در فواصل زمانی مساوی وقتی که بار ثابت باقی می‌ماند انجام گیرد بطوری که بین اعمال بارها، کمتر از ۶ اندازه گیری نشست انجام نشود.

۹-۳- پایان آزمایشها - هر آزمایش را تا آنجا که بار به حداکثر میزان خود برسد، یا تا آنجا که نسبت افزایش بار به افزایش نشست به حداقل یا مقدار ثابتی برسد، ادامه دهید. اگر بار کافی در دسترس باشد، آزمایش را تا آنجا که کل نشست به حداقل ۱۰ درصد قطر صفحه برسد ادامه دهید، مگر آنکه بار گسیختگی مشخصی مشاهده شود. بعد از تکمیل مشاهدات آخرین افزایش بار، بار اعمالی را در سه مرحله با کاهش تقریباً مساوی بردارید. به ثبت خیز برگشت تا آنجا که تغییر شکل متوقف شود یا تا مدتی که کمتر از فاصله زمانی بارگذاری نباشد، ادامه دهید.

توجه ۵- روش بارگذاری زیر نیز مجاز می باشد: باری به خاک به صورت افزایشی که متناظر با افزایشهای نشست تقریباً $1/5\%$ قطر صفحه باشد، اعمال کنید. بعد از اعمال هر افزایش نشست، در فواصل زمانی معینی، برای مثال، ۱۰ ثانیه، یک دقیقه، ۲ دقیقه، ۴ دقیقه، ۸ دقیقه و ۱۵ دقیقه، بعد از اعمال بار تا زمانی که تغییر بار متوقف شود یا نرخ تغییر بار در منحنی بار بر حسب لگاریتم زمان خطی شود، بار را اندازه بگیرید. به بارگذاری در افزایش نشستهای انتخاب شده ادامه دهید. پایان آزمایشها و باربرداری به همان روش بند ۹-۳ انجام می شود.

۴- گزارش

۴-۱- چنان که در بخش ۳ توصیف شده، علاوه بر فهرست کردن تمام اطلاعات زمان، بار، نشست برای هر آزمایش، شرایط و مشاهدات مربوط به آزمایش شامل موارد زیر نیز باید گزارش شود:

۴-۱-۱- تاریخ

۴-۱-۲- فهرست همکاران

۴-۱-۳- شرایط آب و هوایی

۴-۱-۴- درجه حرارت هوا در زمان افزایشهای بار، و

۴-۱-۵- هرگونه اختلال در روش معمول،

۵- دقت و انحراف

۵-۱- دقت و انحراف این روش آزمایش برای تعیین ظرفیت باربری خاک در محل به وسیله آزمایش بارگذاری صحرائی تعیین نشده است. هیچکدام از روشهای موجود، مقادیر مطلق برای ظرفیت باربری خاک در محل را که با این روش بتوان مقایسه نمود، ارائه نداده اند. تنوع خاک و در نتیجه دست خوردگی خاک زیر صفحه بارگذاری، اجازه نمی دهد که با تکرار آزمایش مورد نیاز، نتایجی که برای ارزیابی آماری معنی دار باشد، حاصل شود. کمیته فرعی در صدد دریافت اطلاعات استفاده کنندگان این روش است که ممکن است در توسعه بیانیه های مفید در مورد دقت و انحراف این روش به کار گرفته شود.

ASTM: D1195-93

روش استاندارد آزمایش بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی مکرر خاکها و اجزای روسازیهای انعطاف پذیر، برای استفاده در ارزیابی و طراحی روسازیهای فرودگاه و بزرگراه

۱- هدف

- ۱-۱- این روش آزمایش، روشی برای آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی مکرر بر روی خاک بستر و اجزای روسازی متراکم شده (در شرایط متراکم شده یا حالت طبیعی) ارائه می‌دهد و اطلاعاتی را برای استفاده در ارزیابی و طراحی روسازیهای صلب و انعطاف پذیر بزرگراه و فرودگاه فراهم می‌نماید.
- ۱-۲- در این آزمایش سیستم آحاد بوند - اینچ به عنوان استاندارد در نظر گرفته شده است.
- ۱-۳- در این استاندارد همه مسائل ایمنی که هنگام استفاده از آن باید رعایت شوند، مشخص نشده‌اند. بنابراین شخصی که از این استاندارد استفاده می‌کند باید تدابیر لازم را برای ایمنی و سلامتی خود در نظر داشته باشد و عملی بودن محدوده‌های مقرر را قبل از استفاده از آنها تعیین کند.

۲- اصطلاحات:

۲-۱- تعاریف

- ۲-۱-۱- خیز - به مقدار جابجائی قائم به سمت پائین صفحه راکه در اثر بار اعمال شده به صفحه پدید می‌آید اطلاق می‌شود.
- ۲-۱-۲- خیز برگشت پذیر به مقدار برگشت قائم صفحه که در اثر برداشتن بار از صفحه رخ می‌دهد، گویند.
- ۲-۱-۳- خیز ماندگار - اختلاف بین تراز اولیه و نهایی صفحه ناشی از اعمال یک یا چند مرحله بارگذاری یا برداشتن آن از صفحه نتیجه می‌شود.

۳- موارد عملی و کاربرد.

- ۳-۱- آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی مکرر در محل برای ارزیابی و طراحی ساختمان روسازی استفاده می‌شود آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی مکرر روی خاکها و مصالح اساس و زیراساس نامحدود برای تعیین اندازه مقاومت برشی اجزای روسازی اجرا می‌شود.

۴- وسایل آزمایش

- ۴-۱- وسیله بارگذاری - یک کامیون یا تریلی یا ترکیبی از هر دو یعنی تریلی - تراکتور، یک چهار چوب محکم شده یا سازه دیگری برای اعمال بار با وزن کافی تا روی صفحه مورد آزمایش واکنش مطلوب را ایجاد کند. نقاط تکیه گاهی (در مورد تریلی یا کامیون چرخها نقاط تکیه گاهی هستند) باید حداقل ۸ فوت (۲/۴ متر) از

پیرامون بزرگترین قطر صفحه باربر فاصله داشته باشند.

۲-۴- مجموعه جک هیدرولیکی - با اتصال باربر کروی که قادر به اعمال بار به صورت افزایشی است. جک باید ظرفیت کافی برای اعمال حداکثر بار لازمه را داشته باشد و به یک گنج با دقت کالیبره شده‌ای که بزرگی بار اعمالی را نشان دهد، تجهیز شده باشد.

۳-۴- صفحات باربر - یک سری صفحات باربر فولادی دایره‌ای با ضخامت بیش از ۱ اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) به گونه‌ای ساخته می‌شوند که بتوان آنها را به مدل هر می، بمنظور تامین صلیبت روی هم چید.
قطر این صفحات در محدوده ۶ تا ۳۰ اینچ (۱۵۲ تا ۷۶۲ میلیمتر) می‌باشد. اقطار صفحات بلافاصله روی هم بیش از ۶ اینچ نباید اختلاف داشته باشد.

توجه ۱ - حداقل چهار اندازه مختلف صفحه برای طراحی یا مقاصد ارزیابی توصیه می‌شود. اگر ارزیابی تنها مدنظر باشد، ممکن است تنها یک صفحه استفاده شود که سطح آن برابر با سطح تماس تایلر و متناظر با آنچه ممکن است به عنوان بحرانی‌ترین ترکیب شرایط بار چرخ و فشار تایلر در نظر گرفته شود. برای تهیه نمودن اطلاعات معرف شاخص باربری (برای مثال تعیین باربری نسبی بستر در مدت زمان یک سال) ممکن است از یک صفحه با هر اندازه انتخابی استفاده کرد.

۴-۴- گنج‌های عقربه‌ای - دو تا یا بیشتر که به واحدهای ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۳ میلیمتر) مدرج شده‌اند و قادر به ثبت حداکثر خیز ۱ اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) می‌باشند.

۴-۵- تیر خیزسنج - که به آن گنج‌های عقربه‌ای نصب خواهند شد. تیر از لوله سیاه استاندارد ۲ اینچ با یک سه گوشه فولادی (۱/۲×۳×۳ اینچ (۷۶×۷۶×۶ میلیمتر) یا معادل اینها خواهد بود. طول آن حداقل ۱۸ فوت (۵/۵ متر) خواهد بود و روی یک پایه گانگ‌هایی در فاصله حداقل ۸ فوت (۲/۴ متر) از پیرامون صفحه باربر یا نزدیکترین چرخ یا پایه تکیه گاه قرار خواهد گرفت. کل سیستم اندازه‌گیری خیز باید از تابش اشعه مستقیم خورشید دور باشد.

۴-۶- ابزارهای مشرفه، شامل تراز حیایی که برای آماده ساختن صفحه مورد آزمایش و برای عملیات تجهیز مورد نیاز است.

۵- روش آزمایش

۵-۱- مرکز صفحه باربر، با قطر منتخب را به دقت زیر مجموعه جک قرار دهید. بقیه صفحات با قطر کوچکتر را به صورت هم مرکز روی صفحه باربر قرار دهید. به منظور اعمال بارگذاری یکتواخت سطح صفحه باربر را روی یک لایه نازک از مخلوط ماسه و گچ پاریس یا گچ پاریس بتنهائی یا ماسه زیرینا استفاده از حداقل مقدار مصالح لازم قرار دهید. برای جلوگیری از کاهش رطوبت بستر در ضمن آزمایش بارگذاری، بستر خاکبرداری شده را به فاصله ۶ فوت (۱/۸ متر) از پیرامون صفحه باربر را با تازبولین یا کماغذ ضدآب پوشانید.

۲-۵- در جایی که آزمایشهای بارگذاری محدود نشده در عمق انجام می شود. مصالح اطراف را تا فاصله‌ای معادل یک و نیم برابر قطر صفحه از لبه صفحه باربر را بردارید تا محوطه تمیز شده‌ای را ایجاد نمایید. برای آزمایشهای محدود شده، سطح خاکبرداری دقیقاً معادل سطح صفحه باربر انتخاب شده می باشد.

۳-۵- تعداد مناسبی گیج های عقربه‌ای در مکانها و موقعیتهایی که نشان دهنده میانگین جابجائی قائم صفحه باربر باشد قرار داده و ثابت کنید. وقتی که دو گیج عقربه‌ای به کار می برید باید آنها در هر انتهای قطر صفحه باربر به فاصله یک اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) از پیرامون آن قرار گیرند. اما وقتی که از سه گیج عقربه‌ای استفاده می کنید باید با یکدیگر زاویه ۱۲۰° داشته و به فاصله مساوی از پیرامون صفحه باربر قرار گیرند. باید از هر سری قرائتها میانگین گرفته و این مقدار به عنوان میانگین قرائت نشست ثبت شود.

۴-۵- بعد از اینکه تجهیزات در جای مخصوص خود قرار گرفتند، و تمام بار مرده (جک، صفحات، غیره) وارد عمل شد، برای نشان دادن و جای دادن صفحه باربر، با کاربرد سریع و رها کردن یک بار کافی بطوری که خیز کمتر از ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیمتر) و بیشتر از ۰/۰۲ اینچ (۰/۵۱ میلیمتر) (به وسیله گیج های عقربه‌ای مشخص است)، نباشد، انجام می گردد.

دوباره صفحه را با اعمال نصف بار ثبت شده‌ای که خیز ۰/۰۱ تا ۰/۰۲ اینچ را بدست داده بود نشانید. وقتی که عقربه های گیج دوباره در اثر بار برداشتن به حالت اول برگشتند، عقربه ها را به دقت روی علامت صفر آن قرار دهید. توجه ۲- استفاده از گیج های عقربه‌ای اضافی که بر روی سطح مصالح مورد آزمایش در ۱/۵، ۱، ۰/۵، غیره برابر قطر صفحه باربر از لبه صفحه باربر گذاشته می شوند، اختیاری است.

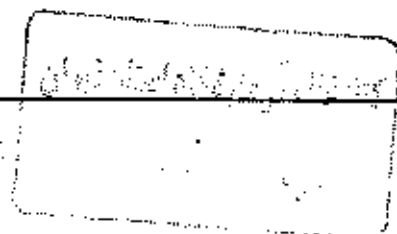
۵-۵- باری را که خیز در حدود ۰/۰۴ اینچ (۱ میلیمتر) را می دهد اعمال نمایید، کرومومتر را روشن کنید و همان بار را بطور ثابت نرخ خیز ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۳ میلیمتر) در دقیقه یا کمتر برای سه دقیقه متوالی نگهدارید. پس بطور کامل بار را بردارید و برگشتن به جای اول عقربه را مشاهده کنید تا نرخ برگشت به ۰/۰۰۱ اینچ در دقیقه یا کمتر برای سه دقیقه متوالی برسد. بارگذاری و باربرداری همان بار را تا ۶ مرتبه انجام دهید. قرائتهای گیج های عقربه‌ای واقع بر صفحه باربر را در انتهای هر دقیقه ثبت کنید، قرائتهای سری گیج های عقربه‌ای دورتر از محیط صفحه باربر را دقیقاً قبل از اعمال و دقیقاً بعد از برداشتن بار برای هر تکرار ثبت نمایید.

مطمئن باشید که تماس بین گیج ها و صفحه باربر یا سطح دیگری که آنها قرار می گیرند به خوبی می باشد. از این امر مختصراً با صدای زنگ الکتریکی که به تیر خیز منبج وصل شده است، ۱۰ ثانیه قبل از اینکه گیج های عقربه ای قرائت شوند، آگاه شوید.

۶-۵- بارگذاری را تا رسیدن به خیز در حدود ۰/۲ اینچ (۵/۱ میلیمتر) افزایش دهید و همانطور که در بند ۵-۵ راهنمایی شده، ارتقاء دهید.

۷-۵- بارگذاری را تا رسیدن به خیز در حدود ۰/۴ اینچ (۱۰/۲ میلیمتر) افزایش دهید و همانطور که در بند ۵-۵ راهنمایی شده، ارتقاء دهید.

۸-۵- در همه حالات نقطه استاندارد انتهایی نرخ ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۳ میلیمتر) در دقیقه یا کمتر برای سه دقیقه متوالی خواهد بود.



۹-۵- بایک دماسنج واقع در نزدیک صفحه باربر قرائت درجه حرارت را در فواصل هر نیم ساعت ثبت کنید.

۶- ثبت آزمایشها

۶-۱- چنان که در بخش ۴ توصیف شده، علاوه بر فهرست کردن تمام داده‌های بار، خیز و اطلاعات درجه حرارت باید همچنین کل شرایط و مشاهدات مربوط به آزمایش را که شامل موارد زیر می‌شود ثبت نمایید:

۶-۱-۱- تاریخ

۶-۱-۲- زمان شروع و خاتمه آزمایش،

۶-۱-۳- فهرست همکاران

۶-۱-۴- شرایط آب و هوایی

۶-۱-۵- هرگونه اختلال در روش معمول،

۶-۱-۶- مشاهده هرگونه شرایط غیر معمول در محل آزمایش، و

۶-۱-۷- هرگونه مشاهدات غیر معمول طی آزمایش

۷- محاسبه و رسم نمودارهای خیز - بار

۷-۱- برای هر نوبت تکرار هر بار، خیزی را که در آن نرخ خیز دقیقاً 0.001 اینچ (0.025 میلی‌متر) در دقیقه است را تعیین نمایید. این به عنوان خیز نقطه پایان بیان می‌شود و با دقت کافی از مشاهده واقعی اطلاعات خیزی که برای هر تکرار بار گزارش شده می‌تواند تعیین شود.

۷-۲- بارهای گزارش شده را با قرائت گیج فشار که جک هیدرولیک اعمال نموده و با استفاده از منحنی کالیبره برای هر جک و گیج فشار تصحیح نمایید.

۷-۳- به طور نموداری تصحیحات نقطه صفر برای بار اعمال شده و خیز را تعیین کنید. این مشتمل بر حساب آوردن وزن جک هیدرولیکی، صفحات باربر که به شکل هرم چیده شده‌اند و غیره و بارهای تصحیح شده جک در شروع آزمایش برای اینکه گیج‌های عقربه‌ای جک روی نقطه صفر قرار گیرنده می‌باشد.

۷-۴- نمودار خیز تصحیح شده که در آن نرخ خیز دقیقاً 0.001 اینچ (0.025 میلی‌متر) در دقیقه می‌باشد را بر حسب تعداد تکرار هر بار تصحیح شده رسم نمایید. نمودارهای مشابهی ممکن است تهیه شود که خیز ماندگار تصحیح شده و خیز برگشت پذیر را بر حسب تعداد تکرار هر بار تصحیح شده رسم نماید.

۸- دقت و انحراف

۸-۱- دقت و انحراف این روش آزمایش برای انجام آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی مکرر بر روی خاکهای بستر و اجرای روسازی انعطاف پذیر تعیین شده است. خاکها و اجزای روسازی انعطاف پذیر در موقعیت یکسان ممکن است رابطه بار - خیز کاملاً متفاوتی از خود نشان دهند. در حال حاضر هیچ روشی برای ارزیابی دقت یک گروه آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای مکرر بر روی خاکها و اجزای روسازی

۱۳

انعطاف پذیر و بواسطه متنوع بودن مصالح وجود ندارد. کمیته فرعی در صدد دریافت اطلاعات استفاده کنندگان این روش است که ممکن است در تعمیم بیانه‌های مفید در مورد دقت و انحراف این روش به کار گرفته شود.

ASTM: D1196-93

روش استاندارد آزمایش بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی غیرمکرر خاکها و اجزای روسازیهای انعطاف پذیر، برای استفاده در ارزیابی و طراحی روسازیهای فرودگاه و بزرگراه

۱- هدف

- ۱-۱- این روش آزمایش، روشی برای آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی غیر مکرر بر روی خاک بستر و اجزای روسازی متراکم شده (در شرایط متراکم شده یا حالت طبیعی) ارائه می‌دهد و اطلاعاتی را برای استفاده در ارزیابی و طراحی روسازیهای صلب و انعطاف پذیر بزرگراه و فرودگاه را فراهم می‌نماید.
- ۱-۲- در این آزمایش سیستم آحاد بوند - اینچ به عنوان استاندارد در نظر گرفته شده است.
- ۱-۳- در این استاندارد همه مسائل ایمنی که هنگام استفاده از آن باید رعایت شوند، مشخص نشده‌اند. بنابراین شخصی که از این استاندارد استفاده می‌کند باید تدابیر لازم را برای ایمنی و سلامتی خود در نظر داشته باشد و عملی بودن محدوده‌های مقرر را قبل از استفاده از آنها تعیین کند.

۲- اصطلاحات:

۲-۱- تعاریف

- ۲-۱-۱- خیز - به مقدار جابجائی قائم به سمت پائین صفحه را که در اثر بار اعمال شده به صفحه پدید می‌آید اطلاق می‌شود.
- ۲-۱-۲- خیز برگشت پذیر به مقدار برگشت قائم صفحه که در اثر برداشتن بار از صفحه رخ می‌دهد، گویند.
- ۲-۱-۳- خیز ماندگار - اختلاف بین تراز اولیه و نهایی صفحه ناشی از اعمال یک یا چند مرحله بارگذاری یا برداشتن آن از صفحه نتیجه می‌شود.

۳- موارد عملی و کاربرد

- ۳-۱- آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی غیر مکرر در محل برای ارزیابی و طراحی ساختمان روسازی استفاده می‌شود. آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی مکرر روی خاکها و مصالح اساس و زیراساس نامحدود برای تعیین اندازه مقاومت برشی اجزای روسازی اجرا می‌شود.

۴- وسایل آزمایش

- ۴-۱- وسیله بارگذاری - یک کامیون یا تریلی یا ترکیبی از هر دو یعنی تریلی - تراکتور، یک چهار چوب محکم شده یا سازه دیگری برای اعمال بار با وزن کافی تا روی صفحه مورد آزمایش واکنش مطلوب را ایجاد کند. نقاط تکیه گاهی (در مورد تریلر یا کامیون چرخها نقاط تکیه گاهی هستند) باید حداقل ۸ فوت (۲/۴ متر) از پیرامون بزرگترین قطر صفحه باربر فاصله داشته باشند.

۲-۴- مجموعه چک هیدرولیکی - با اتصال باربر کروی که قادر به اعمال بار به صورت افزایشی است. چک باید ظرفیت کافی برای اعمال حداکثر بار لازمه را داشته باشد و به یک گنج با دقت کالیبره شده‌ای که بزرگی بار اعمالی را نشان دهد، تجهیز شده باشد.

۳-۴- صفحات باربر - یک سری صفحات باربر فولادی دایره‌ای با ضخامت بیش از ۱۰ اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) به گونه‌ای ساخته می‌شوند که بتوان آنها را به مدل هر می، به منظور تأمین صلبیت روی هم چید.
قطر این صفحات در محدوده ۶ تا ۳۰ اینچ (۱۵۲ تا ۷۶۲ میلیمتر) می‌باشد. اقطار صفحات بلافاصله روی هم بیش از ۶ اینچ نباید اختلاف داشته باشد.

توجه ۱- حداقل چهار اندازه مختلف صفحه برای طراحی یا مقاصد ارزیابی توصیه می‌شود. اگر ارزیابی تنها مدنظر باشد، ممکن است تنها یک صفحه استفاده شود که سطح آن برابر با سطح تماس تایر و متناظر با آنچه ممکن است به عنوان بحرانی‌ترین ترکیب شرایط بار چرخ و فشار تایر در نظر گرفته شود. برای تهیه نمودن اطلاعات معرف شاخص باربری (برای مثال تعیین باربری نسبی بستر در مدت زمان یک سال) ممکن است از یک صفحه با هر اندازه انتخابی استفاده کرد.

۴-۴- گنج‌های عقربه‌ای - دو تا یا بیشتر که به واحدهای ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۳ میلیمتر) مدرج شده‌اند و قادر به ثبت حداکثر خیز ۱ اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) می‌باشند.

۵-۴- تیر خیزسنج - که به آن گنج‌های عقربه‌ای نصب خواهند شد. تیر از توله سیاه استاندارد ۴ اینچ یا یک توله گوشه فولادی (۱/۲) ۳×۳ اینچ (۷۶×۷۶ میلیمتر) یا معادل اینها خواهد بود. طول آن حداقل ۱۸ فوت (۵/۵ متر) خواهد بود و روی تکیه گاههایی در فاصله حداقل ۸ فوت (۲/۴ متر) از پیرامون صفحه باربر یا نزدیکترین چرخ یا پایه تکیه گاه قرار خواهد گرفت. کل سیستم اندازه‌گیری خیز باید از تابش اشعه مستقیم خورشید دور باشد.

۶-۴- ابزارهای متفرقه، شامل تراز جانبی که برای آماده ساختن صفحه مورد آزمایش و برای عملیات تجهیز مورد نیاز است.

۵- روش آزمایش

۱-۵- مرکز صفحه باربر، با قطر منتخب رابه دقت زیر مجموعه چک قرار دهید. بقیه صفحات با قطر کوچکتر رابه صورت هم مرکز روی صفحه باربر قرار دهید. به منظور اعمال بارگذاری یکنواخت سطح صفحه باربر را روی یک لایه نازک از مخلوط ماسه و گچ پاریس یا گچ یا رس بتنهائی یا ماسه ریز با استفاده از حداقل مقدار مصالح لازم قرار دهید. برای جلوگیری از کاهش رطوبت بستر در ضمن آزمایش بارگذاری، بستر خاکبرداری شده را به فاصله ۶ فوت (۱/۸ متر) از پیرامون صفحه باربر را با تارپولین یا کاغذ ضد آب بپوشانید.

۲-۵- در جایی که آزمایشهای بارگذاری محدود نشده در عمق انجام می‌شود. مصالح اطراف را تا فاصله‌ای معادل

- ۱.
- یک و نیم برابر قطر صفحه از لبه صفحه بازر را بردارید تا محوطه تمیز شده‌ای را ایجاد نمایید. برای آزمایشهای محدود شده، سطح خاکبرداری دقیقاً معادل سطح صفحه برابر انتخاب شده می‌باشد.
- ۳-۵- تعداد مناسبی گچ‌های عقربه‌ای در مکانها و موقعیتهایی که نشان دهنده میانگین جابجایی قائم صفحه بازر باشد، قرار داده و ثابت کنید وقتی که دو گچ عقربه‌ای به کار می‌برید باید آنها در هر انتهای قطر صفحه بازر به فاصله یک اینچ (۲۵/۴ میلیمتر) از پیرامون آن قرار گیرند. اما وقتی که از سه گچ عقربه‌ای استفاده می‌کنید باید با یکدیگر زاویه 120° داشته و به فاصله مساوی از پیرامون صفحه بازر قرار گیرند. باید از هر سری قرائتها میانگین گرفته و این مقدار به عنوان میانگین قرائت نشست ثبت شود.
- ۴-۵- بعد از اینکه تجهیزات در جای مخصوص خود قرار گرفتند، و تمام بار مرده (چک، صفحات، غیره) وارد عمل شد، برای نشانیدن و جای دادن صفحه بازر، با کاربرد سریع و رها کردن یک بار کافی بطوری که خیز کمتر از $0/01$ اینچ ($0/25$ میلیمتر) و بیشتر از $0/02$ اینچ ($0/51$ میلیمتر) (به وسیله گچ‌های عقربه‌ای مشخص است)، نباشد، انجام می‌گردد. دوباره صفحه را با اعمال نصف بار ثبت شده‌ای که خیز $0/01$ تا $0/02$ اینچ را بدست داده بود بشنایید. وقتی که عقربه‌های گچ دوبا در اثر برداشتن بار به حالت اول برگشتند، عقربه‌ها را به دقت روی علامت صفر آن قرار دهید.
- ۵-۵- بارهایی را به صورت افزایشهای یکنواخت و با سرعت نسبتاً متوسط اعمال کنید. اندازه هر افزایش بار باید به قدری کوچک باشد که امکان ثبت تعداد مناسبی نقاط خیز - بار برای رسم منحنی خیز - بار دقیقی (که کمتر از ۶ تا نباشد) را فراهم نماید. بعد از اینکه هر افزایش بار اعمال شد، اجازه دهید عکس العمل آن تا زمانی که نرخ خیز برای سه دقیقه متوالی بیش از $0/01$ اینچ ($0/3$ میلیمتر) در دقیقه نباشد ادامه یابد. برای هر افزایش بار، قرائتهای خیز و بارگذاری را ثبت کنید. این روش را تا زمانی که خیز کل انتخاب شده حاصل شود، یا تا زمانی که گنجایش بارگذاری ابزار فرارسد، هر کدام اول اتفاق افتد، ادامه دهید. در این نقطه بار را تا افزایش خیزی کمتر از $0/01$ اینچ در دقیقه برای سه دقیقه متوالی رخ دهد، نگهدارید. کل خیزی را که بعد از آزاد کردن مرحله‌ای بار که در آن عقربه به سمت صفر حرکت می‌کند ثبت کنید. بار صفر را نگهدارید تا هنگامی که نرخ برگشت خیز از $0/01$ اینچ در دقیقه برای سه دقیقه متوالی تجاوز نکند، خیزی را که در بار صفر وجود دارد ثبت کنید.
- ۶-۵- با یک دماسنج واقع در نزدیک صفحه بازر، قرائت درجه حرارت را در فواصل هر نیم ساعت ثبت کنید.

۶- ثبت آزمایشها

- ۱-۶- چنان که در بخش ۴ توصیف شده، علاوه بر فهرست کردن تمام داده‌های بار، خیز و اطلاعات درجه حرارت باید همچنین کل شرایط و مشاهدات مربوط به آزمایش را که شامل موارد زیر می‌شود ثبت نمایید:
- ۱-۶-۱- تاریخ
- ۲-۶-۱- زمان شروع و خاتمه آزمایش

۳-۱-۶- فهرست همکاران

۲-۱-۶- شرایط آب و هوایی

۵-۱-۶- هرگونه اختلال در روشن معمول

۶-۱-۶- مشاهده هرگونه شرایط غیر معمول در محل آزمایش

۷-۱-۶- هرگونه مشاهدات غیر معمول طی آزمایش

۷- محاسبه و رسم نمودارهای خیز-بار

۷-۱- از روی اطلاعات بدست آمده باروشی که در بند ۵-۵ توضیح داده شده منحنی کل بار یا واحد بار به پوند-نیرو (یا نیوتن) را بر حسب نشست متناظر با آن بر حسب اینج رسم کنید. همچنین منحنی بازگشت را پس از بار برداری رسم کنید. باید نقطه صفر خیز را با به حساب آوردن بار مرده تجهیزات و بار نشاندن تصحیح کرد. از روی این منحنی رابطه بار و کل خیز برای آن بار، و رابطه بار برداری و خیز ماندگار برای حداکثر بار به کار رفته، ممکن است بدست آید.

۸- دقت و انحراف

۸-۱- دقت و انحراف این روش آزمایش برای انجام آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای استاتیکی غیر مکرر بر روی خاکهای بستر و اجزای روسازی انعطاف پذیر تعیین نشده است. خاکها و اجزای روسازی انعطاف پذیر در موقعیت یکسان ممکن است رابطه بار-خیز کاملاً متفاوتی از خود نشان دهند. در حال حاضر هیچ روشی برای ارزیابی دقت یک گروه آزمایشهای بارگذاری صفحه‌ای مکرر بر روی خاکها و اجزای روسازی انعطاف پذیر و بواسطه متنوع بودن مصالح وجود ندارد. کمیته فرعی درصدد دریافت اطلاعات استفاده کنندگان این روش است که ممکن است در توسعه بیانیه‌های مفید در مورد دقت و انحراف این روش به کار گرفته شود.

ASTM : D ۱۴۱۱ - ۸۲

روشهای استاندارد برای اندازه گیری کلریدهای محلول در آب مصالح دانه بندی شده جاده

۱- هدف

۱-۱- از این روشها برای اندازه گیری کلریدهای کلسیم، منیزیم، سدیم به کار رفته در تهیه مصالح دانه بندی شده جاده استفاده می کنند.

توجه ۱- در این روش فرض می شود که قبل از افزودن مخلوط، مصالح مقادیر قابل توجهی کلریدهای محلول در آب نداشته باشد. چنانچه مقادیر زیادی کلرید مشاهده شد، مصالح باید براساس این روشها و انجام تصحیح های لازم آزمایش شوند.

۲- مدارک مرجع

۱-۲- استاندارد ASTM:

D ۱۱۹۳ مشخصات معرفهای آب

۳- اهمیت و کاربرد

۱-۳- درصد کلرید کلسیم، کلرید منیزیم و کلریدهای قلیایی (برحسب کلرید سدیم محاسبه می شوند) در مصالح دانه بندی شده بدست آمده از مصالح جاده ها یا مصالح به کار رفته در زیر جاده های سنگفرش شده یکی از مسائل مورد توجه بخش بزرگراهها برای استفاده از پایدارکننده های کلرید کلسیم یا کلرید سدیم است. درصد کلرید کلسیم یا کلرید سدیم بدست آمده از این روشها با مقادیر اضافه شده مقایسه می شود تا مشخص شود که آیا مصالح جاده و گروههای پایدارکننده بخوبی مخلوط شده اند و یا اینکه شستشو و تصفیه گروههای پایدارکننده انجام شده است و غیره.

۴- خلوص معرفها

۱-۴- مواد یا معرفهایی که در تمام آزمایشها به کار می روند باید دارای درجه خلوص مشخص باشند و یا اینکه مورد تأیید کمیته آنالیز مواد انجمن شیمی امریکا باشند. چنانچه از مواد با درجه خلوص دیگری استفاده شود، برای آنکه آزمایش بتواند دارای دقت کافی باشد مواد به کار رفته در آزمایش باید دارای درجه خلوص بالایی باشند.

۲-۴- در صورتی که موارد دیگری مشخص نشده باشد باید از آب مقطر و یا آبی که خلوص آن براساس مشخصات D ۱۱۹۳ است، استفاده شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵- آماده سازی نمونه ها

۱-۵- نمونه ها باید در ظرفهای سربسته از محل به آزمایشگاه تحویل داده شوند. قطعات بزرگ هر نمونه باید به طور جداگانه خرد و کوارتر شود. حدود ۳۰۰ گرم (وزن خشک) نمونه کوارتر شده را در بطری یک لیتری بریزید و به آن ۴۷۹ میلی لیتر آب، ۲۰ میلی لیتر فریک آمونیم سولفات (۱۰۰ گرم در لیتر) و یک میلی لیتر هیدروکسید آمونیم (وزن مخصوص ۰/۹) بیفزایید. به مدت یک شب و یا ۱۲ تا ۱۵ ساعت آن را در شیکر خوب بهم بزنید. آن را با کاغذ صافی چین دار صاف کنید و ۵۰ میلی لیتر ابتدایی را دور بریزید و باقیمانده را نگه دارید و کلریدهای کلسیم و منیزیم را در محلول صاف شده تعیین کنید.

توجه ۲- به محلول فریک آمونیم سولفات و هیدروکسید آمونیم می افزایند تا ذرات ریز و کلوئیدی حجیم و لخته ای شکل شود و محلول زیر صافی کاملاً شفاف و روشن باشد.

۶- معرفیها

۱-۶- محلول استاندارد آمونیم تیوسیانات (۱/۰ نرمال) - ۷/۶ گرم آمونیم تیوسیانات (NH_4SCN) را در آب حل و تا حجم یک لیتر رقیق کنید. سپس آن را در مقابل محلول نترات نقره ۱/۰ نرمال استاندارد کنید.

۲-۶- بنزیل الکل عاری از کلر

۳-۶- اسید نیتریک (وزن مخصوص ۱/۴۲) - HNO_3 غلیظ

۴-۶- محلول استاندارد نترات نقره (۱/۰ نرمال) - ۱۷ گرم نترات نقره (AgNO_3) را در آب حل و تا حجم یک لیتر رقیق کنید. این محلول استاندارد اولیه است.

۵-۶- محلول شناساگر ولهارد - ۱۰ گرم فریک آمونیم سولفات ($\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) را در ۱۰۰ میلی لیتر آب حل کنید و به آن یک میلی لیتر HNO_3 بیفزایید.

۷- روش آزمایش

۱-۷- ۱۰ میلی لیتر از محلول نمونه (قسمت ۵ را ببینید) را با ۳ تا ۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اسیدی کنید. سپس حجم مشخصی محلول نترات نقره ۱/۰ نرمال که بیشتر از مقدار لازم برای رسوب دادن کلر است به آن بیفزایید. سپس تا جوش حرارت دهید تا رسوب کلرید نقره (AgCl) لخته شود. تا درجه حرارت اتاق آن را خنک کنید و ۳ تا ۵ میلی لیتر بنزیل الکل بیفزایید و خوب بهم زنید.

۲-۷- محلول شناساگر ولهارد به آن بیفزایید و AgNO_3 اضافه را با محلول NH_4SCN ۱/۰ نرمال نتر کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸- محاسبات

۸-۱ - درصد کل یونهای کلرید مطابق زیر محاسبه می شود:

$$\text{درصد کلرید} = \frac{[(aN - a'N') \times 0.355] \times 100}{bW}$$

که در این رابطه:

a = میلی لیتر AgNO_3 افزوده شده

a' = میلی لیتر NH_4SCN لازم برای تیتراسیون

N = نرمالیه محلول AgNO_3

N' = نرمالیه محلول NH_4SCN

b = میلی لیتر محلول برداشته شده از ۵۰۰ میلی لیتر محلول صاف شده اولیه

W = گرم نمونه بکار رفته

اندازه گیری کلرید کلسیم

۹- معرفیها

۹-۱ - شناساگر کلسین

۹-۲ - محلول استاندارد کلرید کلسیم - ۱۵ گرم استاندارد اولیه کربنات کلسیم را در ۳۰۰ میلی لیتر آب بریزید و همراه با بهم زدن به آرامی اسید کلریدریک غلیظ (HCl) به آن اضافه کنید. وقتی که کربنات کلسیم حل شد آن را خنک کنید و در بالون یک لیتری به حجم برسانید و کاملاً آن را هم بزنید تا مخلوط شود. ۲۵ میلی لیتر از این محلول را در بالون ۵۰۰ میلی لیتری بریزید و به حجم برسانید. یک میلی لیتر از محلول رقیق شده دوم معادل ۰/۰۰۰۸۳۲ گرم کلرید کلسیم است.

۹-۳ - محلول EDTA استاندارد - ۳/۷۹۲ گرم دی سدیم دی هیدروژن اتیلن دی آمین تترا استات دوآبه را در آب حل کنید و در بالون یک لیتری با آب به حجم برسانید. این محلول را با ۵۰ میلی لیتر محلول کلرید کلسیم تیتر کنید تا استاندارد شود.

۹-۴ - محلول هیدروکسیل آمین هیدروکلرید ۱۰٪ - ۱۰ گرم هیدروکسیل آمین هیدروکلرید ($\text{NH}_2\text{OH.HCl}$) را در ۹۰ میلی لیتر آب حل کنید.

۹-۵ - سیانید پتاسیم

۹-۶ - محلول استاندارد هیدروکسید سدیم (۲ نرمال) - ۸۰ گرم هیدروکسید سدیم (NaOH) را در ۳۰۰ میلی لیتر آب حل کنید و در بالون یک لیتری به حجم برسانید.

۹-۷ - شکر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۰- روش آزمایش

۱- ۱۰-۱۰ میلی لیتر از محلول صاف شده (قسمت ۵ را ببینید) یا حدود ۶ گرم از نمونه اصلی را در یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی لیتری بریزید و به آن ۲۰۰ میلی لیتر آب اضافه کنید.

۲- ۱۰-۱۰ میلی لیتر محلول هیدروکسیل آمین و یک گرم شکر نیز اضافه کنید و هم بزنید تا حل شود. سپس ۴۰ میلی لیتر محلول NaOH دو نرمال و ۰/۱ گرم سیانید پتاسیم و حدود ۰/۲ گرم شناساگر بیفزایید.

۳- ۱۰- با محلول استاندارد EDTA آن را تیترو کنید تا تغییر رنگ سبز به ارغوانی مشاهده شود.

۱۱- محاسبات

۱- ۱۱- درصد کلرید کلسیم ($CaCl_2$) مطابق زیر محاسبه می شود:

$$\text{Let } F = \frac{g \text{ CaCl}_2 / \text{mL EDTA} = \frac{50 \text{ mL} \times 0.000832 \text{ g CaCl}_2 / \text{mL}}{\text{mL EDTA (در استاندارد کردن)}}$$

$$\text{CaCl}_2 \text{ درصد} = (a \times F \times 100) / bw$$

که در این رابطه:

a = میلی لیتر محلول EDTA لازم برای تیترو کردن نمونه

b = میلی لیتر محلول برداشته شده از ۵۰۰ میلی لیتر محلول صاف شده اولیه

w = گرم نمونه بکار رفته

اندازه کلرید منیزیم

۱۲- معرفیها

۱- ۱۲- محلول بافر با $PH = 10$ - ۶۵/۵ گرم کلرید آمونیم را در ۳۰۰ میلی لیتر آب حل کنید. ۵۷۰ میلی لیتر هیدروکسید آمونیم (NH_4OH) (وزن مخصوص ۰/۹) به آن بیفزایید و تا حجم یک لیتر با آب رقیق کنید.

۲- ۱۲- محلول شناساگر اریوکروم بلاک T - ۴/۵ گرم هیدروکسیل آمین هیدروکلرید ($NH_2OH.HCl$) را در ۱۰۰ میلی لیتر متانول حل کنید و سپس ۰/۵ گرم اریوکروم بلاک T بیفزایید و مخلوط کنید.

۱۳- روش آزمایش

۱- ۱۳- ۱۰ میلی لیتر از محلول صاف شده (قسمت ۵ را ببینید) را با پیپت بردارید و یا ۶ گرم از نمونه اصلی را در یک ارلن مایر ۵۰۰ میلی لیتری بریزید و حدود ۲۰۰ میلی لیتر آب به آن اضافه کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲-۱۳-۱۰ میلی لیتر هیدروکسیل آمین هیدروکلرید ۱۰٪، ۲۰ میلی لیتر بافر، ۱/۰ گرم سیانید پتاسیم و ۵ قطره شناساگر به آن بیفزایید و آن را با EDTA تیترو کنید تا رنگ از قرمز به آبی تغییر کند.

۱۴- محاسبات

۱-۱۴- درصد کلرید منیزیم ($MgCl_2$) مطابق زیر محاسبه می شود:

$$\text{Let } F = \frac{g \text{ CaCl}_2 / \text{mL EDTA} = \frac{50 \text{ mL} \times 0.000832 \text{ g CaCl}_2 / \text{mL} \times 0.158}{\text{mL EDTA (در استاندارد کردن)}}$$

$$\text{CaCl}_2 \text{ درصد} = [(a' - a) \times F \times 100] / bw$$

که در این رابطه:

a' = میلی لیتر محلول EDTA لازم برای تیترو کردن کلسیم و منیزیم

a = میلی لیتر محلول EDTA لازم برای تیترو کردن کلسیم

b = میلی لیتر محلول برداشته شده از ۵۰۰ میلی لیتر محلول صاف شده اولیه

w = گرم نمونه به کار رفته

اندازه گیری کلریدهای قلیایی

۱۵- روش آزمایش

۱-۱۵- از اختلاف بین کل کلریدها و کلرید کلسیم و منیزیم، کلریدهای قلیایی محاسبه می شوند.

۱۶- محاسبات

۱-۱۶- درصد کلریدهای قلیایی مطابق زیر محاسبه می شوند.

$$\text{NaCl درصد} = (a \times 1/648) - (b \times 1/53) - (c \times 1/227)$$

که در این رابطه:

a = درصد کل کلریدها،

b = درصد کلرید کلسیم،

c = درصد کلرید منیزیم،

۱۷- دقت و صحت

۱-۱۷- یک سری آزمایشات برنامه ریزی شده داخل آزمایشگاهی به منظور ایجاد دقت و صحت در مقادیر

اندازه گیری شده باید انجام شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

روش اندازه گیری کلورهای محلول در آب (قابل اجراء در آزمایشگاه شیمی فیزیک)
با توجه به ASTM : D ۱۴۱۱

بعد از رسیدن نمونه به آزمایشگاه ابتدا آنرا در اون 105°C کاملاً خشک نمائید و سپس چنانچه مصالح درشت دانه باشد باید آنرا خرد کرد تا از الک نمره ۴ ($4/75\text{mm}$) عبور نماید. آنگاه حدود ۳۰۰ گرم از مصالح را بعد از کوارتر کردن انتخاب کرده و آسیاب نموده تا از الک نمره ۵۰ عبور کند یعنی ذرات ریزتر از $0/3$ میلی متر شوند و سپس ۲۰ گرم از این مواد را بدقت توزین نموده و در بطری های مخصوص بریزید آنگاه ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر به آن اضافه نمائید و مدت $\frac{1}{4}$ ساعت بطری حاوی نمونه و آب را شیکر نمائید بعد از این مدت آنرا بوسیله قیف بوختر صاف کنید. 50°C از این محلول را جهت اندازه گیری کلورها انتخاب کنید.

الف - تعیین میزان کلورها به طریقه ول هارد (Volhard)
مواد لازم:

- ۱ - محلول استاندارد آمونیم تیوسیانات ($0/1\text{N}$)
- ۲/۶ گرم از آمونیم تیوسیانات (NH_4SCN) را در آب کاملاً حل کنید و سپس حجم محلول را به یک لیتر برسانید و آنرا با محلول نترات نقره ($0/1\text{N}$) استاندارد نمائید.
- ۲ - الکل بنزیلیک - عاری از کلورها.
- ۳ - محلول نترات نقره استاندارد ($0/1\text{N}$)
- ۱۷ گرم از نترات نقره ای که بمدت یکساعت در اون 130°C مانده و سرد شده است را وزن کنید و بعد آنرا در آب مقطر حل نموده و به حجم یک لیتر برسانید.
- ۴ - محلول اندیکاتور ول هارد (Volhard)
- ۱۰ گرم فریک آمونیم سولفات را وزن نموده ($\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)2.12\text{H}_2\text{O}$) در ۱۰۰ میلی لیتر آب و ۱ میلی لیتر اسید نیتریک (HNO_3) حل نمائید.

روش آزمایش

50°C از عصاره حاصل را انتخاب نموده (با پیپت حسابدار) و حجم مشخصی از نترات نقره (AgNO_3) $0/1$ نرمال به آن اضافه کنید (این عمل بوسیله بورت و دقیق انجام گیرد) رسوب سفید رنگ AgCl ظاهر میشود. این محلول را بجوشانید تا رسوب لخته ای کلور نقره (بنفش کم رنگ) حاصل شود. و سپس محلول را سرد کنید تا به درجه حرارت اطاق برسد بعد ۳ تا ۵ سی سی الکل بنزیلیک به آن اضافه کنید و خوب بهم بزنید و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آنگاه محلول اندیکاتور ول هارد را به آن اضافه کنید. و اضافه نیترات نقره را با محلول تیوسیانات N / ۱ تیترا نمایندید (تغییر رنگ از بی رنگ به قرمز گل به ای است)
محاسبات :

$$\text{درصد کلرید} = \frac{[(aN - a'N') \times 0.0355]}{bW} \times 100$$

که در آن :

a = میلی لیتر محلول نیترات نقره اضافه شده به محلول،

a' = میلی لیتر محلول NH_4SCN که برای تیتراسیون بکار رفته است،

N = نرمالیت محلول نیترات نقره ($AgNO_3$) ،

N' = نرمالیت محلول تیوسیانات (NH_4SCN) ،

b = میلی لیتر محلول آزمایش شده که از ۵۰ میلی لیتر عصاره برداشته شده است و

W = وزن نمونه بکار رفته در آزمایش.

(ب) روش موهر (Mhor)

مواد لازم :

۱ - نیترات نقره که $1cc$ آن معادل با یک میلی گرم کلر باشد.

$4/78$ گرم از نیترات نقره خشک را که بمدت یکساعت در اون $13^{\circ}C$ حرارت دیده و خنک شده است را در آب مقطر کاملاً حل کرده و حجم آنرا به یک لیتر برسانید سپس با کلرور سدیم آنرا استاندارد کنید.

۲ - کلرور سدیم ($NaCl$)

$1/656$ گرم از کلرور سدیم خشک را که بمدت یکساعت در اون $10.5^{\circ}C$ مانده و در دسیکاتور خنک شده است را وزن کرده و در آب مقطر حل کنید آنگاه حجم آنرا به یک لیتر برسانید.

۳ - کرومات پتاسیم - $KCrO_4$

۱۰ گرم از کرومات پتاسیم $KCrO_4$ را در $100ml$ آب مقطر حل کنید و در قطره چکان نگهداری کنید.

روش آزمایش

$50cc$ از محلول عصاره را بوسیله پی پت جابدار دقیق برداشته و در ارلن بریزید چند قطره کرومات پتاسیم به آن اضافه کنید و سپس در مقابل نیترات نقره با بورت دقیق آنرا تیترا کنید. لازم به یادآوری است که در طول زمانیکه تیتراسیون انجام میشود باید از یک شاهد آب مقطر استفاده کرد.

محاسبات - عدد قرائت شده از بورت را در $0/01$ ضرب کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$\alpha \times 0.01 = \text{درصد کلریدها}$$

که در آن:

$$\alpha = \text{عدد قرائت شده از روی بورت}$$

۹۰- ASTM: D1556 آزمایش وزن مخصوص و دانسیته خاک در محل به روش ماسه - مخروط

۱- هدف

- ۱-۱- این روش آزمایش برای تعیین دانسیته خاک در محل و با اندازه گیری وزن مخصوص خاک با وسیله مخروط ماسه بکار می رود.
- ۱-۲- این روش در خاکهایی قابل اجرا است که مقدار مصالح درشت در آن (یا سنگ) به قطر بیشتر از $1/8$ اینچ (۳۸ میلی متر) آن کم باشد.
- ۱-۳- این روش آزمایش همچنین برای اندازه گیری دانسیته در محل و وزن مخصوص خاکهای دست نخورده و یا طبیعی بکار می رود. مشروط بر اینکه فضای خالی طبیعی خاکها حفرات داخل خاک، آنقدر کوچک باشد که ماسه مورد استفاده برای این آزمایش در داخل آن نرود ضمناً خاک یا سایر مواد مورد مورد آزمایش بایستی با اندازه کافی چسبندگی داشته باشد تا به هنگام حفر چاله دانسیته دیواره آن خراب نشود و پایداری آن چنان باشد که پس از استقرار دستگاه آزمایش تغییر شکل ندهد.
- ۱-۴- این روش آزمایش برای خاکهای آبی، اشباع شده و یا خاکهای خیلی خیری که به هنگام حفر چاله دانسیته، تغییر شکل میدهد و همچنین در مصالح دانه ای که دارای فضای خالی زیادی بوده و یا مقدار قابل توجهی دانه های درشتتر از $1/8$ اینچ داشته باشد، و یا به هنگام حفر دیواره چاله پایدار نباشد، قابل استفاده و اجراء نیست.
- ۱-۵- اگر مصالح حاوی مقدار قابل توجهی مصالح درشتتر از $1/8$ اینچ باشد، و یا موقعی که حجم چاله بزرگتر از $1/4$ فوت مکعب (یا ۲۸۳۰ سانتی متر مکعب) مورد لزوم باشد، روش آزمایش مطابق با D4914 یا D5020 قابل اجراء می باشد.
- ۱-۶- در امور مهندسی معمولاً از کلمه پوند هم به عنوان واحد جرم (lbm) و هم به عنوان واحد نیرو (lbf) استفاده می شود. این کاربرد دوگانه در واقع بیانگر دو سیستم مختلف از واحدها، سیستم مطلق و سیستم وزنی می باشد. از دیدگاه علمی مطلوب نیست که در یک استاندارد ترکیبی از دو مجموعه مجزای سیستم واحدها اینچ پوند به کار گرفته شود. این استاندارد با استفاده از سیستم واحدها وزنی نوشته شده است. در این

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

سیستم پوند (Ibf) یک واحد نیرو می باشد (وزن). به این ترتیب نوشتن فرآشتهای ترازو بر حسب پوند - جرم (Lbm) و یا یادداشت دانسیته محاسبه شده بر حسب Lbm/ft^3 شباهتی با روش بکار رفته در این آزمایش ندارد.

۱-۷- در حین آزمایش ممکن است با مصالح زیان آور و یا وسائل غیر ایمن سروکار داشته باشید که در این استاندارد به آنها اشاره ای نشده باشد بنابراین تهیه و رعایت مسائل ایمنی و بهداشتی به عهده استفاده کننده از این روش آزمایش می باشد.

۳- منابع مورد مطالعه و مربوط

۳-۱- استانداردهای ASTM :

D۶۵۴ - تعاریف و علائم مربوط به خاک و سنگ

D۶۹۸ - آزمایش تراکم (رابطه دانسیته - رطوبت) با کوبه ۵/۵ پائندی (۲/۴۹ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر)

D۱۵۵۷ - آزمایش تراکم (رابطه دانسیته - رطوبت) با کوبه ۱ پائندی (۲/۵۴ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر)

D۲۳۱۶ - آزمایش اندازه گیری رطوبت خاک، سنگ، مخلوط خاک و سنگ در آزمایشگاه

D۲۲۵۳ - آزمایش تعیین شاخص دانسیته حداکثر خاک با استفاده از سیز لوزان

D۲۲۵۴ - آزمایش تعیین شاخص دانسیته حداقل خاک و محاسبه دانسیته نسبی

D۲۶۴۳ - آزمایش تعیین رطوبت خاک با استفاده از گرمخانه میکروویو

D۲۷۱۸ - تصحیح وزن مخصوص و رطوبت خاکهای درشتدانه

D۲۷۵۳ - مشخصات لازم برای انتخاب ترازوها و قیاسها مسورد کاربرد آزمایشهای خاک و سنگ

D۲۹۱۴ - آزمایش دانسیته و وزن مخصوص خاک و سنگ در محل با استفاده از روش جایجایی ماسه

D۲۹۴۲ - آزمایش تعیین رطوبت خاک در محرابا استفاده از کسباز کاربید کلسیم

D۲۲۵۹ - آزمایش تعیین رطوبت خاک با استفاده از حرارت دادن مستقیم

D۵-۳۰ - آزمایش تعیین دانسیته و وزن واحد حجم خاک و سنگ در محل با استفاده از روش جایجایی آب

۳- اصطلاحات

۳-۱- تعاریف: تمامی تعاریف این دستورالعمل طبق اصطلاحات DF53 میباشد.

۴- خلاصه روش

۴-۱- چاله‌ای با وسایل دست‌در خاک مورد آزمایش حفر و تمامی مواد داخل آنرا در ظرف مناسبی نگهداری و وزن کنید. سپس چاله را با ماسه‌ای که دانسیته آن مشخص است پر کرده و حجم چاله را تعیین کنید. دانسیته تر خاک از تقسیم وزن خاک چاله به حجم چاله محاسبه می‌گردد. درصد رطوبت مصالح چاله تعیین شده و وزن خشک مصالح و دانسیته خشک در محل با استفاده از وزن مرطوب خاک، درصد رطوبت و حجم چاله محاسبه میشود.

۵- مشخصات و کاربرد

۵-۱- این آزمایش برای اندازه‌گیری دانسیته خاکهای کوبیده شده به هنگام اجرای خاکریزها بکار میرود این آزمایش میتواند به عنوان معیاری از کوبیدگی خاکبر حسب دانسیته و یا درصد تراکم نسبت به آزمایش تراکم DF95 ، D1557 بکار رود.

۵-۲- این آزمایش برای تعیین دانسیته در محل خاک، رسوبات طبیعی، مصالح شن، مخلوطهای خاکی و سایر مواد مشابه بکار میرود.

۵-۳- معمولاً این آزمایش برای خاکهای غیر اشباع کاربرد دارد و برای خاکهای نرم و شکننده (خاکهای که به آسانی خرد میشوند) و یا در محل‌هایی که آب به داخل چاله دانسیته تراوش می‌کند، مورد استفاده ندارد. در خاکهایی که به آسانی تغییر شکل می‌دهند و یا در اثر لرزش به هنگام آزمایش در اثر رفتن آمد افراد در نزدیکی چاله تغییر حجم میدهند، دقت آزمایش کم میشود (توجه-۱)

توجه-۱- وقتی بر روی خاک نرم و یا خاکی که نزدیک به حالت اشباع است لرزش انجام گردد، روش بارگذاری بر روی سطح و افرادیکه آزمایش را انجام میدهند، ممکن است در حجم چاله دانسیته حفر شده تغییری بوجود آید. برای جلوگیری از این عمل از یک صفحه فلزی به ابعاد مناسبی توان استفاده نمود. از آنجا که جلوگیری از تغییر حجم چاله همواره امکان‌پذیر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نیست، نتایج آزمایشات، می‌تواند با دانسیته اشباع تئوریکو یا از منحنی تراکم که در آن در حد رطوبت - دانسیته خشک و خط فضای خالی مطرح شده باشد می‌توان استفاده نمود و عمل مقایسه را انجام داد. چنانچه دانسیته در محل خاک کو بییده شده بیشتر از ۹۵٪ اشباع باشد، احتمال خطا و یا تغییر حجم چاله در مدت آزمایش وجود خواهد داشت.

ع- ابزار آزمایش

ع-۱- وسیله آزمایش مخروط - ماسه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

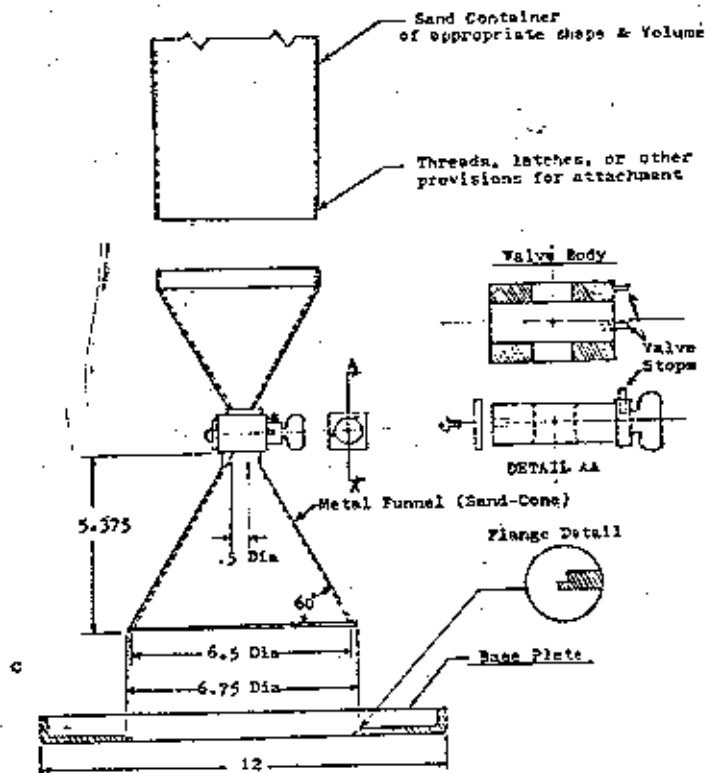
ع-۱-۱- یک جار یا ظرف ماسه (قابل نصب و جدا شدن به قسمت‌های کیفی شکل) با گنجایش بیش از حجم چاله دانسیته (بطوریکه ماسه داخل آن بیشتر از مقدار لازم برای پر کردن حجم چاله آزمایش باشد).

ع-۱-۲- در بین دو قیف مطابق شکل یک بشر استوانه‌ای سوراخ دار به قطر ۵/۰ اینچ (یا ۱۳ میلی‌متر) تعبیه شده است و با چرخاندن آن عبور ماسه آزاد یا متوقف می‌گردد. قسمتهای کیفی شکل بخاطر جلوگیری از تغییر حجم و خرابی از فنر سخت ساخته شده است. زاویه دیواره قیف با سطح پایه به منظور ریزش یکنواخت ۶٪ پیش بینی شده است.

ع-۱-۳- یک صفحه فلزی پایه برای مستقر کردن وسیله آزمایش بر روی آن به ابعاد و مطابق شکل که در وسط آن سوراخ دایره‌ای تعبیه شده و قیف بزرگتر بر روی آن قرار می‌گیرد. این صفحه پایه می‌تواند بصورت چهار گوش یا دایره باشد. در هر حال ابعاد صفحه پایه بایستی حداقل ۳ اینچ بزرگتر از قطر قیف باشد. سطح زیر صفحه بایستی صاف و سخت بوده و ضخامت صفحه بایستی آنچنان باشد که به هنگام کار خم نشود. اطراف صفحه بایستی لبه‌ای بسنجه ضخامت ۳/۳۷ - تا ۵/۰ اینچ (معادل ۱ تا ۱۳ میلی‌متر) داشته باشد.

ع-۱-۴- جرم ماسه لازم برای پر کردن ظرف قبل از انجام آزمایش طبق روش ضمیمه ۹۱ اندازه گیری می‌گردد.

ع-۱-۵- ابعاد و اجزاء وسیله آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است. این اندازه‌ها حداقل ابعاد لازم برای آزمایش در مصالحی است که حداکثر اندازه دانه آن ۱/۵ اینچ و حجم تقریبی چاله ۱/ فوت مکعب (۲۸۳ سانتیمتر مکعب) باشد اگر در عمل آزمایش مقدار کمی دانه‌های درشت‌تر از حد اشاره شده فوق وجود داشته باشد، محل آزمایش را می‌توانید تغییر دهید. و اگر مقدار درشت‌دانه‌ها زیاد باشد، ابعاد وسیله آزمایش بایستی



NO SCALE

Metric Equivalents	
in.	mm
.5	12.5
5.375	136.5
6.5	165.1
6.75	171.5
12	304.8

شکل ۱ - وسایل دانسیته

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بزرگتر انتخاب گردد و در این حالت شرط لازم آن است که متناسب اجزاء و اصول روش اندازه گیری حجم ماسه مراعات گردد. وقتی حجم چاله بیشتر از ۲/ فوت مکعب مورد لزوم بود، آزمایش را طبق روش D۴۹۱۴ انجام دهید.

۴- ماسه - ماسه بایستی تمیز، خشک، غیرسیمانته و از نظر دانه بندی و دانسیته یکدست باشد. علاوه بر شرایط فوق ضریب یکنواختی دانه بندی ماسه (Cu = D60/D10) بایستی کمتر از ۲ و حداکثر اندازه دانه های آن کوچکتر از ۲ میلیمتر (الک شماره ۱۰) و مقدار ریز دانه های عبوری از الک شماره ۶۰ (۲۵۰ میکرون) کمتر از ۳٪ وزن آن باشد. یکنواخت بودن ماسه سبب میشود که به هنگام آزمایش با انتار کردن دانه های آن تکمیک نشود. برای آنکه دانسیته ماسه تحت شرایط رطوبت محیطی تغییر نکند، لازم است ماسه عاری از مواد ریزدانه و حتی ماسه های ریزدانه باشد. ماسه طبیعی باید گرد گوشه یا نیم گرد گوشه و با دوام باشد. ماسه های شکسته و یا زاویه دار، جریان روانی ندارند و باعث خطا در آزمایش دانسیته میشوند.

بمقتور کنترل دانه بندی و دانسیته بر روی هر گونی یا ظرف محتوی ماسه ۵ نمونه بایستی مطابق ضمیمه A2 مورد آزمایش قرار گیرد. تغییرات نتایج آزمایش دانسیته انجام شده بایستی کمتر از ۱٪ میانگین باشد. قبل از استفاده عملی از ماسه بایستی آنرا خشک نمود و سپس اجازه دهید در حرارت محیط کار مدتی باقی بماند. ماسه کار شده را موقعی میتوان بکار برید که مطمئن شوید با خاک آلوده نشده باشد. سپس دانه بندی آنرا کنترل و اجازه دهید خشک شود و دوباره دانسیته آنرا کنترل نمایید. (توجه - ۴).

آزمایش کنترل دانسیته ماسه هر ۱۴ روز یکبار و یا بر حسب تغییرات رطوبت محیط بایستی مجدداً انجام گردد (توجه - ۵)

توجه - ۲ - بعضی از ماسه ها شکسته شده حاصل از تولید سنگ شکن (مثل ماسه بالاست) در عمیل و تکرار کسار برد، استفاده خوبی داشته اند. بطور کلی قبل از استفاده از ماسه های گوشه دار، لازم است تکرار پذیری ماسه در آزمایشگاه مورد سنجش و کنترل قرار گیرد.

توجه - ۳ - خیلی از موسسات برای نگهداری ماسه از ظروف مقاوم در مقابل رطوبت استفاده می کنند. ماسه بایستی در محل خشک و عاری از هوا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نگهداری شود. در محلهای مرطوب استفاده از منابع گرمایی بمنظور خشک نگه داشتن ماسه مفید است.

توجه ۴- بعنوان یک قانون عمومی، آلودگی ماسه بعد از آزمایش مطلوب نیست.

توجه ۵- اغلب ماسهها جاذب رطوبت هوا میباشند و مقدار کمی رطوبت دانسیته ماسه را عوض می کند. در محلهایی که شدیداً "مرطوب و بیابا در جاهایی که تغییرات رطوبت آن زیاد است، کنترل دانسیته بایستی در فواصل کمتر از ۱۴ روز انجام گردد.

۳-۴- ترازو یا قبان- وسیله توزین بایستی ۵۰ گرم را توزین نماید. و یا عبارت دیگر جرم ماسه و خاک چاله دانسیته را بتواند توزین نماید ترازو یا قبان با حداقل ظرفیت ۲ کیلوگرم و درجه بندی قابل قرائت به میزان ۵ گرم برای توزین ماسه و خاک چاله وقتی از وسیله آزمایشی مطابق شکل (۱) که مناسب میباشد.

۴-۴- خشکن- دستگاهی لازم برای تعیین مقدار رطوبت بایستی مطابق با مشخصات ASTM روش های D۲۳۱۶ ، D۲۶۲۲ ، D۲۹۵۹ ، D۲۹۴۴ باشد.

۵- وسایل و ملزومات- قلمو چکش، قاشق، ... بهنگام حفر چالسیسه دانسیته، میخ های بلند برای پایدار نمودن صفحه پایه، ظرف های دربدار، کیسه های پلاستیکی برای نگهداری خاک چاله و تهیه نمونه برای تعیین رطوبت، ماسه و دانسیته، برس کوچک (قلم مو)، ماشین حساب دفترچه، قلم آزمایش

۷- روش کار

۷-۱- محل مناسبی که معرف منطقه مورد آزمایش باشد، انتخاب، دانسیته در محل را بشرح ذیل انجام دهید:

۷-۱-۱- پس از اطمینان از سالم بودن کیف وسیله آزمایش و شل نمودن سر آن، آنرا بر روی صفحه فلزی پایه قرار دهید سپس در محزون دستگاه آزمایش، مقدار مشخصی ماسه که دانسیته آن قبلاً تعیین شده بریزید.

۷-۱-۲- سطح مورد آزمایش را سطحی نمائید و در محلهایی که خاک نرم است از پایه فلزی استفاده نمائید.

۷-۱-۳- پایه فلزی را بر روی سطح زمین قرار دهید و مطمئن شوید که سطح زیر آن بلاخص اطراف سوراخ آن کاملاً به زمین چسبیده باشد. و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

هیچگونه تغییری بهنگام آزمایش بوجود نیاید. در صورت لزوم بدون آنکه خاک دستخورده شود اطراف پایه فلزی را با کوبیدن میخ یا سایر پیش‌بینی‌های دیگر محکم کنید.

۷-۱-۴- در مواردیکه عمل‌تسطیح بطور کامل عملی نباشد یا اینکه فضای خالی در زیر صفحه باقی بماند، بایستی اول این حجم اندازه‌گیری شود. برای اینکار ابتداء شیر دستگاه را باز کنید تا ماسه در این فضاهاى خالی قرار گیرد. و جرم این مقدار ماسه را تعیین کنید. سپس به میزان ماسه مصرفی مجدداً "به ماسه داخل مخزن وسیله آزمایش اضافه نمائید. ماسه مانده در محل آزمایش را با قلم‌موشی کنار بزنید (توجه-۶)

توجه-۶- بهنگام آزمایش میتوانید دو دستگاه مجزا داشته باشید و در این صورت دیگر نیازی به ترمیم ماسه استفاده شده و یا کالیبراسیون مجدد نیست. روش مشروحه در بند (۷-۱-۴) ممکن است برای هر نقطه مورد آزمایش چنانچه دقت زیادی لازم است تکرار گردد. ولی در اکثر موارد و بالاخص چنانچه سطح نسبتاً صاف باشد ضرورتی ندارد.

۷-۱-۵- خاک‌زیر سوراخ پایه فلزی را با دقت حفر نمائید بطوریکه هیچگونه دست‌خوردگی یا تغییر شکل در چاله دانسیته بوجود نیاید. به منظور جلوگیری از خطاء هر چه ممکن است حجم چاله را بزرگتر انتخاب شده است. حداقل حجم چاله با توجه به درستی داده‌ها در جدول (۱) درج شده است. دیواره چاله با شیب ملایم بطرف کف آن حفر میگردد. همچنین کف چاله مسطح‌یا کمی گرد انتخاب میگردد. در مصالح شنی دقت بیشترى لازم است و ممکن است بصورت مخروطی حفر گردد. تمامی خاک‌های بدست آمده از چاله دانسیته را در ظرفی که حافظ رطوبت است جمع‌آوری و شماره چاله را روی آن یادداشت نمائید. خاک بدست آمده‌ها را تعیین جرم آن و اخذ نمونه برای تعیین رطوبت محفوظ نگهدارید.

۷-۱-۶- اطراف سوراخ وسط پایه فلزی را کاملاً تمیز نمائید و قیف دستگاه آزمایش را بر روی آن (در محلیکه قبلاً دستگاه را کالیبره نموده‌اید) مستقر نمائید (ضمیمه A1) بهنگام آزمایش هیچگونه لرزش از طریق افراد و وسایل نباید وجود آید. شیر قیف را باز کنید تا ماسه داخل چاله جریان یابد و تمامی حجم چاله و قیف روی آن را به اضافه فضای زیر پایه فلزی را پر نمائید. در این حالت نباید هیچگونه لرزش به دستگاه آزمایش اعمال شود. پس از اطمینان از

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

متوقف شدن ریزش ماسه، شیر مربوطه را در وضعیت بسته قرار دهید.
 ۷-۱-۷- وزن دستگاه آزمایش را با باقیمانده ماسه داخل آن
 اندازه گیری کنید سپس جرم ماسه مصرف شده را تعیین نمایید.
 ۷-۱-۸- وزن خاک مرطوب بدست آمده از چاله دانسیته را تعیین کنید. اگر
 تصحیح درشت دانه هامورد نظر باشد، وزن درشت دانه های مانده روی الک
 مناسب را تعیین نمایید و بر طبق روش D۴۷۱۸ مقدار آن تصحیح شود
 در این مرحله دقت شود که رطوبت خاک تغییر نکند.

جدول - ۱ - حداقل حجم چاله یا توجه به حداکثر اندازه دانه ها

حداکثر اندازه ذرات		حداقل حجم چاله	
فوت مگعب	سانتیمتر مگعب	میلیمتر	اینچ
۰/۰۵	۱۲۲۰	۱۲/۵	۰/۵
۰/۰۷۵	۲۱۲۰	۲۵	۱
۰/۱	۲۸۲۰	۵۰	۲

۷-۱-۹- خاک بدست آمده از چاله را خوب مخلوط کرده و نمونه معرفی جهت
 تعیین رطوبت خاک انتخاب کنید، ضمناً " نمیتوانید تمامی خاک را
 برای این منظور استفاده نمایید.

۷-۱-۱۰- رطوبت خاک را مطابق روش های D۲۳۱۶ ، D۴۶۴۳ ، D۴۹۴۴ ،
 D۴۹۵۹ اندازه گیری نمایید.

۷-۲- نمونه مورد استفاده برای تعیین رطوبت بایستی به مقدار کافی
 زیاد بوده و آنچنان انتخاب شوند که معرف تمامی خاک چاله باشد.
 تا با دقتی معادل ۱٪ اندازه گیری شود.

۸- محاسبه

۸-۱- جرم بر حسب گرم و حجم بر حسب سانتیمتر مکعب محاسبه میشود. در
 صورتیکه واحدهای دیگر مورد لزوم باشد، اعداد در فاکتورهای مناسب
 ضرب میگردد. جهت دستیابی به جزئیات بیشتر و زمینه کاربورد سیستم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آحاد اینج- بوند به قسمت ۱- مراجعه کنید.
۳-۸- حجم چاله دانسیته به طریق زیر تعیین میگردد.

$$V = (M1-M2) P1$$

۷- حجم چاله دانسیته بر حسب سانتیمتر مکعب
M1 - جرم ماسه مصرفی برای پر کردن چاله، قیف، پایه فلزی بر حسب
گرم (ضمیمه ۲-۲-۴-۱)
M2 - جرم ماسه برای پر کردن قیف دستگاه و حجم زیر پایه فلزی بر
حسب گرم
P1 - دانسیته ماسه بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب (ضمیمه ۲-۲-۵-۱)
۳-۸- وزن خاک خشک بدست آمده از چاله را بصورت زیر تعیین کنید.

$$M4 = 100M3 (W+100)$$

۷ - درصد رطوبت خاک چاله دانسته (بند ۱-۱-۷)
M3 - جرم خاک مرطوب چاله دانسته بر حسب گرم یا ضربدر ۰.۰۲۳-۵ بر
حسب پاوند
۳-۸- دانسیته تر و یا خشک خاک بصورت زیر تعیین میشود.

$$Pm = M3/V$$

$$Pd = M4/V$$

۷- حجم چاله دانسیته بر حسب سانتیمتر مکعب (از بند ۳-۸)
M3 - جرم خاک مرطوب چاله دانسته، گرم (از بند ۱-۷-۱)
M4 - جرم خاک خشک چاله دانسته، گرم (از بند ۳-۸)
Pm - دانسیته تر محل مورد آزمایش یا وزن واحد حجم خاک مرطوب بر حسب
گرم بر سانتیمتر مکعب و چنانچه بر حسب بوند بر فوت مکعب ضرورت
داشته باشد.

$$Ym = Pm \times 62/23$$

۵-۸- برخی مواقع دانسیته در محل بر حسب درصد دانسیته دیگری محاسبه
میشود. برای مثال بر حسب دانسیته بدست آمده از آزمایشهای سنگ

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

طبق روشهای D698، D1559، D2253، D2254 انجام شده است. این رابطة از تقسیم عدد دانسیته در محل به عدد دانسیته آزمایشگاهی بریدر دست می آید محاسبه دانسیته نسبی در استاندارد D2254 آمده است تصحیح درشت دانه ها چنانچه مورد نظر باشد طبق D2718 انجام میگردد.

۹- گزارش

- ۹-۱- حداقل اطلاعات زیر بایستی در گزارش منعکس باشد.
 - ۹-۱-۱- محل آزمایش، ارتفاع، ضخامت لایه و بالاخره هر اطلاعاتی که محل و آزمایش را دقیقتر مشخص نماید.
 - ۹-۱-۲- حجم چاله دانسیته بر حسب سانتیمتر مکعب یا فوت مکعب
 - ۹-۱-۳- دانسیته خاکتر بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب یا فوت مکعب
 - ۹-۱-۴- دانسیته خاک خشک Pd بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب
 - ۹-۱-۵- وزن واحد حجم $(\rho \times 9/8.07)$ کیلو نیوتن بر متر مکعب یا $(Pd \times 42/43)$ پوند بر فوت مکعب،
- اعداد یا تقریباً: / کیلو نیوتن بر متر مکعب یا پوند بر فوت مکعب گزارش شود.
- ۹-۱-۶- درصد رطوبت خاک محل آزمایش بر حسب درصد خاک خشک یا ذکر روش آزمایش مورد استفاده
 - ۹-۱-۷- مشخصات وسیله آزمایش کالیبراسیون حجم
 - ۹-۱-۸- دانسیته حقیقی ماسه مورد استفاده بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب یا پوند بر فوت مکعب
 - ۹-۱-۹- تشریح نظری خاکها مصالح طراحی شده
 - ۹-۱-۱۰- جرم و درصد مصالح درشت دانه همراه با اندازه الک مورد استفاده (اگر مورد عمل قرار گرفته باشد).
 - ۹-۱-۱۱- تفسیری در مورد آزمایش
 - ۹-۱-۱۲- اگر دانسیته خشک محل بر حسب درصد نسبت به دانسیته دیگری گزارش شود مطابق شرح ذیل:
 - ۹-۱-۱۲-۱- روش آزمایشگاهی مورد عمل
 - ۹-۱-۱۲-۲- مقادیر دانسیته و درصد رطوبت مورد مقایسه
 - ۹-۱-۱۳- مشخصات و یا معیاری که از قبل برای نتایج تعیین شده است.
- ۱۰- دقت و خطا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱-۱- میزان دقت - بدلیل خواص ذاتی مصالح سنگی و خاکها، ساخت چندین نمونه یکسان با خواص فیزیکی مشابه امکان پذیر نیست و یا اینکه ستفمن هزینه زیادی خواهد بود. هر گونه تغییراتی که در نتایج و اطلاعات مشاهده گردد به همان اندازه که ناشی از تغییر نمونه ها باشد ناشی از چگونگی عملکرد تکنسین آزمایش نیز می باشد کمیته فرعی D1A/0A هر گونه پیشنهادی در رابطه با بهبود میزان دقت آزمایش را ارجح می نهد.

۱-۲- میزان خطا - هیچ مقدار مرجع پذیرفته شده ای در رابطه با ایمن آزمایش موجود نیست لذا نمی توان خطایی برای آن تعیین نمود.

۱-۳- اگر هیچگونه آزمایش round robin انجام نشده باشد. کمیته فرعی D1A/0A پیشنهاد کرد مقدار تخمینی از نتایج قابل دسترسی دو آزمایش که بطور صحیح و توسط تکنسین های ورزیده بر روی یک نوع از مصالح و در یک زمان و مکان انجام شده باشد تمایز اختلافی بیسببی از محدوده ۲ پوند بر فوت مکعب (۲/۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مکعب) داشته باشند. آزمایشاتی که توسط تکنسین های ناوارد بر روی یکسبوع از مصالح انجام شده باشند می توان انتظار داشت که اختلاف بزرگتری حاصل شود.

۱-۱- واژه های مهم

۱-۱-۱- واژه های مهم طبق روش آزمایش D2582 بخرج ذیل میباشد: آزمایش های قابل قبول، درجه کوبیدگی، آزمایش های دانسیته خاکریز، دانسیته برای کنترل در محل، آزمایش های در محل، دانسیته در محل، دانسیته خشک در محل، دانسیته نسبی، مخروط ماسه، تراکم خاک، آزمایش های خاک، وزن مخصوص.

پیوستها

A1 - کانسیوراسیون دستگاه مخروط - ماسه

A1 - 1 - مقدمه

A1 - 1 - 1 - در این ضمیمه اندازه گیری جرم ماسه داخل قیف و صفحه پایه دستگاه مخروط ماسه شرح داده میشود.

A1 - 1 - 2 - جرم ماسه داخل دستگاه و صفحه پایه، بستگی به دانسیته ماسه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دارد نتیجه آنکه این روش کالیبراسیون دستگاه موقعی انجام می‌گردد که در دانسیته ماسه تغییری بوجود آمده باشد.

A۲ - ۲- روش کالیبراسیون

A۱ - ۱-۲-۱- کالیبراسیون دستگاه آزمایش به دو روش زیر انجام می‌گردد:

A۱ - ۱-۱-۲- روش A - تعیین جرم ماسه کالیبره شده در داخل قیف صفحه پایه

A۲ - ۲-۱-۲- روش B - تعیین حجم ماسه لازم بر روی پر کردن قیف و صفحه پایه
A۱ - ۲-۱-۲- نظر باینکه مقدار جرم ماسه داخل مخزن دستگاه آزمایش و صفحه پایه وابسته به دانسیته ماسه می‌باشد بنابراین هر گاه دانسیته ماسه تغییر کرد اندازه گیری جرم بایستی مجدداً انجام شود.

A۱ - ۲-۲- تمام اندازه گیری‌های جرم با ۱ گرم تقریباً انجام شود.

A۱ - ۲-۲- روش A

A۱ - ۱-۳-۲- مخزن دستگاه آزمایش را با ماسه خشک و بهمان شرایط کسبه هنگام آزمایش قرار دارد پر کنید.

A۱ - ۲-۳-۲- جرم دستگاه آزمایش را که با ماسه پر شده تعیین نمایید.

A۱ - ۳-۳-۲- صفحه پایه را در جای مسطح و تمیز قرار دهید. دستگاه را از سمت قیف بر روی شیار لبه سوراخ صفحه پایه قرار دهید. علامتی بر روی قیف و لبه نگهدارید که بعداً "نقطه" آزمایش نیز در همان محل قرار گیرد.

A۱ - ۴-۳-۲- شیر دستگاه را تا حاشیه جریان ماسه باز نگهدارید سپس بدون آنکه به دستگاه و پایه مسطح آن ضربه یا لرزش وارد شود، شیر را ببندید.

A۱ - ۵-۳-۲- بعد از بستن شیر جرم ظرف و ماسه داخل آنرا تعیین کنید سپس جرم ماسه داخل قیف و صفحه پایه را از اختلاف وزن اولیه و وزن آخر (توزین این مرحله) بدست آورید.

A۱ - ۶-۳-۲- این عملیات را حداقل سه بار تکرار نمایید. حداکثر اختلاف عددی بین هر مرحله آزمایش، میانگین نبایستی از ۱٪ بیشتر باشد. میانگین اعداد بدست آمده را در آزمایشات تکرار کنید.

A۱ - ۴-۳- روش B (انتخابی)

A۱ - ۱-۴-۲- وقتی بیش‌بینی میشود که تعداد زیادی آزمایش مورد عمل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قرار گیرد، ممکن است تعیین حجم دستگاه و پایه فلزی مفید باشد. در این صورت در حرا نیز بایستی حجم ماسه داخل چانه دستگاه تعیین گردد. برای آنکه حجم چانه بدست آید. اختلاف حجم اولیه منهای ثانویه را بدست آورید.

A1 - 2-4-2 - جرم ماسه لازم در هر کردن قیف دستگاه و صفحه پایه را مطابق با بند A1 - 2-2 - و مراحل بندهای A1 - 2-2 - تا A1 - 2-2 - 6 برای هر محموله ماسه انجام دهید.

A1 - 2-4-2 - برای محاسبه حجم قیف دستگاه و صفحه پایه (بند A1 - 2-2 - 6) جرم های تعیین شده را بر عدد دانسیته ماسه (که طبق بند A2 تعیین شده) تقسیم کنید. حداقل به یار این کار تکرار شود و میانگین اعداد را بدست آورید. حداکثر تغییرات عددی حجم بین هر اندازه گیری و میانگین اعداد بایستی کمتر از 1% باشد. ضمناً میانگین اعداد بدست آمده را به هنگام آزمایش بکار برید.

نمونه A1 - 1 - همواره دستگاه آزمایش را بازرسی کنید که صدمه اش به آن وارد نشده باشد. برای آنکه هر گونه صدمه یا تغییر در شکل ظاهری دستگاه در میزان حجم تاثیر داشته و بایستی عدد حجم مورد کنترل قرار گیرد. A2 - کالیبراسیون دانسیته ماسه

A2 - 1 - مقدمه

A2 - 1 - 1 - این ضمیمه روشی برای اندازه گیری دانسیته ماسه (کالیبراسیون) مورد استفاده در این آزمایش ارائه میدهد.

A2 - 1 - 2 - از نتیجه کالیبراسیون عدد میانگین دانسیته ماسه محاسبه و برای تعیین حجم چانه بکار میرود.

A2 - 2 - وسایل مورد نیاز

A2 - 1 - 2 - ظرف استوانه ای - ظرفی بطور تقریباً هم حجم و هم اندازه چانه انتخاب کنید بطوریکه ارتفاع ریزش ماسه دستگاه آزمایش مستقر بر روی آن برابر با ارتفاع چانه حفر شده در محل باشد. استفاده از ظروف کالیبراسیون به حجم ۳۳۳/ فوت مکعب (۹۴۴ سانتیمتر مکعب) و ۷۵۰/ فوت مکعب (۲۱۴۴ سانتیمتر مکعب) با آئین نامه استاندارد D698 و حجم ۱/ فوت مکعب

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

فوت مکعب معادل با ۲۸۲ سانتیمتر مکعب مشخصات D۲۲۵۳ مورد قبول است. اینکار را با قالب‌های گچی معادل با حجم چاله همراه با قالب‌گیری سیمانی، هم‌سپون پس از آب‌بندی قالب انجام داد. در این حالت است اندازه‌گیری حجم مطابق با روش D۲۲۵۳ انجام می‌گردد.

A۲-۱-۱-۲- با استفاده از آب اندازه‌گیری حجم ظرف، با تقریب ۱٪ طبق روش D۲۲۵۳ انجام می‌گردد.

A۲-۲-۲- و نیزه مخروط ماسه- به‌نظام آژهایش در حفره از وسیله‌ای هم اندازه و با طرح مشابه مورد بحث در این استاندارد استفاده کنید.

A۲-۳-۱- تجربه نشان داده است که جریان ماسه از شیرهای با اندازه‌های مختلف، در عدد دانسیته تاثیر می‌گذارد. بنابراین هر دستگاهی برای اندازه‌گیری ماسه بایستی کالیبره شود.

A۲-۳-۲- ترازو یا قیان- ترازو بایستی آنقدر ظرفیت داشته باشد که ظرف محتوی ماسه به حجم $\frac{1}{5}$ فوت مکعب (۱۴۳۰ سانتیمتر مکعب) را توزین نماید. ظرفیت ترازو بایستی ۵۰ پوند (۲۰ کیلوگرم) و طبق مشخصات استاندارد D۲۲۵۳ تکرار پذیری برابر $\frac{0.1}{100}$ پوند یا ۵ گرم باشد.

A۲-۳-۳- صفحه فلزی که دارای عرض حدود ۵۰ cm و حداقل ضخامت ۳ میلی‌متر و ضول تقریبی $\frac{1}{5}$ برابر قطر ظرف ماسه می‌باشد.

A۲-۳-۴- اندازه‌گیری دانسیته حقیقی ماسه

A۲-۳-۱- مخزن دستگاه را با ماسه پر کنید. ماسه بایستی خشک و هم شرایط محل آزمایش باشد.

A۲-۳-۲- جرم دستگاه را بدون ماسه تعیین کنید.

A۲-۳-۳- روش A (توصیه شده)

A۲-۳-۱- وقتی ظرف کالیبراسیون (استوانه‌اش) هم اندازه قطر سوراخ صفحه پایه باشد، دستگاه آزمایش را که قبلاً با ماسه پر شده همراه با صفحه پایه بر روی ظرف کالیبراسیون قرار دهید.

A۲-۳-۲- شیر دستگاه آزمایش را کاملاً باز کنید تا ماسه ظرف کالیبراسیون را پر کند. وقتی ریزش ماسه متوقف شد شیر را ببندید.

A۲-۳-۳- جرم دستگاه آزمایش همراه با ماسه باقی‌مانده در آن را تعیین نمایید. در این صورت جرم ماسه مانده در قیف و صفحه پایه و ظرف استوانه‌ای کالیبراسیون معلوم می‌شود. ماسه داخل ظرف کالیبراسیون را محاسبه کنید. برای انجام این عمل جرم ماسه داخل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قیف و سطح پایه را از مقداری که قبلاً تعیین نموده‌اید کسر نمایند.
(مثل ضمیمه A1)

A2 - ۳-۳-۴ روش B (در صورت لزوم)

A2 - ۳-۳-۱- دستگاه آزمایش را بر روی ظرف کالیبراسیون پیمان قاصه عمق چانه قرار دهید. شیر را باز تا ظرف کالیبراسیون از مایه پر شود (و کمی بیشتر) سپس شیر را ببندید. چند ضربه به بدنه ظرف بزنید و دقت شود که مایه متراکم نگردد. زیادی مایه مانده روی ظرف را بسه آرامی کنار بزنید، تا سطح صافی ایجاد گردد هر گونه ضربه اضافی و یا متراکم کردن مایه باعث خطای آزمایش می‌شود.

A2 - ۳-۳-۲ مایه‌های چسبیده به اطراف ظرف کالیبراسیون را پاک و جرم ظرف و مایه داخل آن را تعیین کنید. حجم مایه داخل ظرف را حساب کنید (جرم ظرف خالی از حجم کل کم کنید).

A2 - ۳-۳-۵ حداقل آزمایش را سه بار تکرار و میانگین اعداد را بدست آورید. حداکثر اختلاف هر کدام از اندازه گیری‌ها با میانگین بایستی کمتر از ۱٪ باشد. اگر نتایج تکرار آزمایش همچنان بیش از ۱ درصد با مقدار میانگین اختلاف داشته باشند نشانگر آن است که دانسیته مایه یکنواخت نیست و برای تامین یکنواختی باید مورد ارزیابی مجدد قرار گیرد. مقدار متوسط بدست آمده در روابط محاسباتی آزمایش مسسورد استفاده قرار می‌گیرد.

A2 - ۳-۴ محاسبه

A2 - ۳-۱- دانسیته مایه بشرح زیر تعیین می‌شود.

$$P1 = M5/V1$$

P1 - دانسیته مایه گرم بر سانتیمتر مکعب (ضریب ۹/۸۰۷ بر حسب گیاه و نیوتن بر متر مکعب یا ضریب بر حسب پوند بر فوت مکعب)

M5 = جرم مایه برای پر کردن ظرف کالیبراسیون بر حسب گرم (A2 - ۳-۳-۲)

V1 = حجم ظرف کالیبراسیون بر حسب سانتیمتر مکعب (A2 - ۳-۱-۱)

ASTM: D1557-91

مذخعات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی اصلاح شده
(۵۶۰۰۰ پوند نیرو - فوت پوند مکعب) (۲۷۰۰ کیلو نیوتن متر بر متر مکعب)

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش با استفاده از روشهای تراکم آزمایشگاهی، رابطه بین درصد رطوبت و وزن مخصوص خشک خاک (منحنی تراکم) که در یک قالب به قطر ۴ اینچ (۱۰۱/۶ یا ۱۵۲/۴ میلی متر) با کوبه ای ۱۰ پوندی (۴۴/۵ نیوتن) که از ارتفاع ۱۸ اینچی (۴۵۷ میلی متر) رها شده و ایجاد انرژی تراکمی ۵۶۰۰۰ فوت پوند بر فوت مکعب (۲۷۰۰ کیلو نیوتن متر بر متر مکعب) نماید، متراکم شده است تا تعیین می کند.

توجه ۱- خاکها و مخلوطهای حاکی، به عنوان خاکهای طبیعی ریزدانه یا درشتدانه یا ترکیبات و مخلوطهای طبیعی خاک، یا مخلوطهای طبیعی و خاکهای مخلوط شده یا مصالحی نظیر لای، شن، یا سنگ خرد شده در نظر گرفته می شوند.

توجه ۲- تجهیزات و روشها، مشابه با آن چیزی است که توسط هیئت مهندسان ایالات متحده در ۱۹۴۵ اعمال شده است. گاهی به آزمایش انرژی اصلاح شده (به ۳-۲-۳ مراجعه شود) آزمایش تراکم اصلاح شده پروکتور نیز اطلاق می شود.

۲-۱ این روش تنها برای خاکهایی اعمال می شود که ۳۰٪ یا کمتر از این مقدار از وزن آن روی الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی متر) باقی بماند. توجه ۳- سیرای تعیین روابط بین وزن مخصوص و درصد رطوبت خاکهایی که ۳۰٪ یا کمتر از این مقدار از وزن مصالح آن روی الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی متر) باقی می ماند با وزن مخصوص و درصد رطوبت بخشی که از الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی متر) عبور می کند، به دستور العمل D24718 مراجعه شود.

۳-۱ سه روش مختلف وجود دارد. روش مورد استفاده در مشخصات مصالح مورد آزمایش معرفی شده است. اگر هیچ روشی معین نشده بود، انتخاب بر اساس دانه بندی مصالح خواهد بود.

۱-۳-۱ روش A

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۱-۱-۳-۱ قالب - به قطر ۴ اینچ (۱۰۱/۶ میلی‌متر)
۲-۱-۳-۱ مصالح - از الک شماره ۴ بگذرند.
۳-۱-۳-۱ لایه‌ها - پنج لایه
۴-۱-۳-۱ ضربه‌های هر لایه - ۲۵ تا
۵-۱-۳-۱ کاربرد - در صورتی بکار می‌رود که ۲۰٪ یا وزن کمتری از مصالح روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) باقی بماند.
۶-۱-۳-۱ دیگر کاربردها - اگر این روش معین نشده بود، مصالحی که دارای این شرایط دانه‌بندی هستند با روشهای B یا C آزمایش می‌شوند.
۲-۳-۱ روش B :
- ۱-۲-۳-۱ قالب - به قطر ۴ اینچ (۱۰۱/۶ میلی‌متر).
۲-۲-۳-۱ مصالح - از الک ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) عبور کنند.
۳-۲-۳-۱ لایه‌ها - پنج لایه
۴-۲-۳-۱ ضربه‌های هر لایه - ۲۵ تا
۵-۲-۳-۱ کاربرد - در صورتی بکار خواهد رفت که بیش از ۲۰٪ وزنی مصالح روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) باقی بماند و ۲۰٪ وزنی یا کمتر از مصالح روی الک ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) باقی بماند.
۶-۲-۳-۱ دیگر کاربردها - اگر این روش معین نشده بود، مصالحی که دارای این شرایط دانه‌بندی هستند ممکن است با استفاده از روش C آزمایش شوند.
۳-۳-۱ روش C :
- ۱-۳-۳-۱ قالب - به قطر ۶ اینچ (۱۵۲/۴ میلی‌متر)
۲-۳-۳-۱ مصالح - از الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی‌متر) عبور کنند
۳-۳-۳-۱ لایه‌ها - پنج لایه
۴-۳-۳-۱ ضربه‌های هر لایه - ۵۶ تا
۵-۳-۳-۱ کاربرد - در صورتی بکار خواهد رفت که بیش از ۲۰٪ وزنی مصالح روی الک ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) و کمتر از ۳۰٪ وزنی مصالح روی الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی‌متر) باقی بماند.
۴-۳-۱ قالب ۶ اینچی (۱۵۲/۴ میلی‌متر) با روشهای A یا B به کار نمی‌رود.
توجه ۴- هنگامی که مصالح با انرژی تراکمی یکسان، اما قالبهایی با اندازه‌های متفاوت آزمایش شوند، نتایج کمی متفاوت خواهند بود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۱ اگر نمونه آزمایشی بیش از ۵٪ وزنی، حاوی ذرات درشت (ذرات بیش از اندازه) باشد و مصالح در آزمایش منظور نشده باشد، بایستی یا اصلاحاتی در وزن مخصوص و در صورت رطوبت نمونه صورت گیرد یا این اصلاحات با استفاده از دستورالعمل D۴۷۱۸ در دانسیته در محل نمونه آزمایشی صورت پذیرد.

۵-۱ این روش عموماً "تولید حداکثر وزن مخصوص خشک معینی برای خاکهایی که دارای زهکشی غیر آزاد هستند خواهد کرد. اگر این روش برای خاکهای با زهکشی آزاد بکار رود، حداکثر وزن مخصوص آن معین نخواهد بود، و کمتر از مقدار حاصله از روشهای آزمایش D۴۲۵۳ خواهد بود.

۶-۱ مقادیری که بر حسب واحدهای اینچ-پوند هستند به عنوان استاندارد در نظر گرفته می شوند و مقادیری که به واحدهای SI بیان می شوند تنها برای تامین اطلاعات می باشند.

۶-۱-۱ در حرفه مهندسی، غیر از محاسبات دینامیکی ($F=Ma$)، استفاده از واحدهای جرم و نیرو بجای یکدیگر، معمول می باشد. با این کار مفهوم دو سیستم جزای واحدها، یعنی سیستم مطلق و سیستم نقلی با هم ترکیب می شوند. البته از نظر علمی استفاده از ترکیب دو سیستم مجزا در یک استاندارد مطلوب نیست. اما در این روش که با استفاده از واحدهای اینچ-پوند (سیستم وزنی) نوشته شده است، پوند (lbf) برای تناسب واحدها است و به مقصود استفاده نبوده و از نظر علمی صحیح است. تبدیلهای به سیستم SI در دستورالعمل E۳۸۰ داده شده است. استفاده از ترازو برای شیب پوند جرم (lbm)، یا شیب جرم حجمی به lbm/ft^3 خلاف این استاندارد نخواهد بود.

۷-۱ این استاندارد مدعی رعایت ایمنی تمام مشکلاتی که در ارتباط با استفاده آن ممکن است پیش بیاید نیست. بنابراین بر عهده استفاده کننده این استاندارد است که تدابیر ایمنی و سلامت مناسبی را تشبیه کرده و تعیین کند که قابلیت اعمال قوانین معمول تا چه حد بر استفاده از این استاندارد مقدم است.

۲- منابع مرجع

۱-۲ استانداردهای ASTM :

C۱۲۷ روش آزمایش چگالی و جذب آب مصالح درشت دانه

C۱۳۶ روشی برای الک کردن مصالح ریزو درشت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- D۴۲۲ روش آنالیز اندازه ذرات خاک
- D۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات موجود در آنها
- D۶۹۸ روش آزمایش مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی استاندارد [۱۲۴۰۰ فوت-پوند بر فوت مکعب (۶۰۰ کیلو نیوتن-متر بر متر مکعب)]
- D۸۵۴ روش آزمایش چگالی ویژه خاکها
- D۲۱۶۸ روش آزمایش کالیبراسیون چکش مکانیکی آزمایشگاهی متر اتم کننده خاک
- D۲۲۱۶ روش آزمایش برای تعیین درصد رطوبت خاک، سنگ و مخلوطهای خاکی در آزمایشگاه
- D۲۴۸۷ روش آزمایش برای طبقه بندی خاکها برای مقاصد فنی
- D۲۴۸۸ دستورالعمل توصیف خاکها (روشهای بصری - دستی)
- D۴۲۲۰ دستورالعملهای در مورد نگهداری و انتقال نمونه های خاک
- D۴۲۵۳ روشهای آزمایش حداکثر شاخص دانسیته خاکها با استفاده از میز ویبره
- D۴۷۱۸ دستورالعمل تصحیح وزن مخصوص و درصد رطوبت خاکهایی که حاوی ذرات درشت می باشند
- D۴۷۵۳ خصوصیات ارزیابی، انتخاب و ویژگی ترازوها و مقیاسهایی که برای آزمایش خاک و سنگ بکار می رود
- E۱ خصوصیات ترمومترهای ASTM
- E۱۱ خصوصیات الکهای دارای سیم بافته فلزی برای مقاصد آزمایشی
- E۳۱۹ دستورالعمل ارزیابی ترازوهای مکانیکی تک کفه
- E۳۸۰ دستورالعمل کاربرد سیستم بین المللی واحدها (SI)
- ۳- اصطلاحات
- ۱-۳ تعاریف- برای تعاریف عمومی به اصطلاحات D۶۵۳ مراجعه شود.
- ۲-۳ توصیف اصطلاحات ویژه این استاندارد:
- ۱-۲-۳ انرژی اصلاح شده- اصطلاحی برای انرژی تراکمی ۵۶۰۰ فوت-پوند بر فوت مکعب (۲۷۰۰ کیلو نیوتن-متر بر متر مکعب) که توسط تجهیزات و روشهای این آزمایش اعمال می شود.
- ۲-۲-۳ حداکثر وزن مخصوص خشک اصلاح شده d_{max} به پوند بر فوت مکعب (کیلو نیوتن بر متر مکعب) حداکثر مقداری که توسط منحنی تراکم، با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

استفاده از انرژی اصلاح شده، برای آزمایش تراکم معین می‌شود.
۳-۲-۳ درصد رطوبت بهینه اصلاح شده W_o به % - درصد رطوبتی که در آن خاک با استفاده از انرژی تراکمی اصلاح شده، تا حداکثر وزن مخصوص خشک متراکم می‌شود.

۳-۲-۴ ذرات بیش از اندازه (ذرات درشت‌دانه)، PC به % - قسمتی از کل نمونه که در اجرای آزمایش تراکم بکار نمی‌رود. این قسمت، بخشی از نمونه خواهد بود که روی الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر)، یا الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی‌متر) باقی می‌ماند.

۳-۲-۵ جزء آزمایش (جزء ریزتر)، Pf به % - قسمتی از کل نمونه که در اجرای آزمایش تراکم بکار می‌رود، ممکن است ذراتی باشند که در روش A از الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر) عبور می‌کنند، گذشته الک ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) در روش B، یا گذشته الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی‌متر) در روش C.

۴- خلاصه روش آزمایش

۴-۱- خاکی با درصد رطوبت برگزیده‌ای در پنج لایه داخل قالبی به ابعاد مشخص قرار می‌گیرد، که هر لایه توسط ۲۵ یا ۵۶ ضربه با کوبه ۱۰ پوند (۴۴/۵ نیوتن) که از فاصله ۱۸ اینچی (۴۵۷ میلی‌متری) فرود می‌آید و در معرض انرژی کامل تراکمی حدود ۵۶۰۰۰ فوت-پوند بر فوت مکعب (۲۷۰۰ کیلو نیوتن-متر بر متر مکعب) قرار می‌گیرد، متراکم می‌شود و نتایج وزن مخصوص خشک تعیین می‌گردد. این روش برای تعداد مناسبی درصد رطوبت‌ها تکرار می‌شود تا رابطه‌ای بین وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت خاک تثبیت گردد. هنگامی که این داده‌ها ترسیم می‌شوند، نمایانگر منحنی هستند که به عنوان منحنی تراکم شناخته می‌شود. مقادیر درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک اصلاح شده از روی این منحنی تراکم تعیین می‌گردد.

۵- اهمیت و کاربرد

۵-۱- خاکی که به عنوان خاکریز فنی (خاکریزها- فونداسیون، اساس راه) قرار می‌گیرد، به حالتی متراکم می‌شود تا خواص مهندسی مطلوبی نظیر، مقاومت برشی، تراکم پذیری یا نفوذ پذیری به دست آورد. همچنین خاکهای فونداسیون را نیز برای بهبود خواص مهندسی‌شان متراکم می‌کنند. آزمایشهای تراکم آزمایشگاه فنی، اصولی را برای تعیین

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

درصد تراکم و درصد رطوبت که با آن می‌توان به خواص مهندسی مورد نیاز رسید فراهم می‌نمایند و اصولی را برای کنترل ساخت فراهم می‌نمایند تا از رسیدن به تراکم و درصد رطوبت مورد نیاز اطمینان حاصل شود.

۲-۵ در ضمن طراحی یک خاکریز مهندسی، برش، تحکیم، نفوذ پذیری، یا دیگر آزمایشها، نیاز به آماده سازی نمونه‌های آزمایشی، از طریق متراکم کردن در وزن مخصوص و درصد رطوبت‌های مختلف می‌باشد. دستورالعمل متداول آن است که نخست درصد رطوبت بهینه (W_0) و حداکثر وزن مخصوص خشک (d_{max}) از طریق آزمایش تراکم تعیین شود. نمونه‌های آزمایشی در درصد رطوبت برگزیده (W)، خشکیا تر بهینه (W_0) یا بهینه (W_0) و در یک وزن مخصوص خشک برگزیده‌ای که مربوط به درصدی از حداکثر وزن مخصوص خشک (d_{max}) است متراکم می‌شوند. انتخاب مقادیر ذکر شده فوق بر اساس تجربیات گذشته، یا دامنه مقادیری خواهد بود که برای تعیین درصد ضروری تراکم بررسی شده است.

۶- وسایل

۶-۱ مجموعه قالب- قالبها به شکل استوانه بوده، از فلز سخت ساخته شده‌اند و دارای ابعاد و ظرفیتی هستند که در بند ۶-۱-۱ یا ۶-۱-۲ و اشکال او ۲ به نمایش در آمده است. دیواره‌های قالب ممکن است یک تکه دو تکه، یا مخروطی باشد. نوع "دو تکه‌ای" آن شامل دو بخش نیم دایره یا لوله که در طول آن شکاف دارد که می‌تواند محکم بهم بسته شده و تشکیل استوانه‌ای را می‌دهند که دارای ملزومات این بخش می‌باشند. نوع "مخروطی" آن از داخل مخروطی شکل یکنواخت بوده است و قطر آن بیش از ۲۰٪ اینچ بر فوت ($16/7$ میلی‌متر بر متر) ارتفاع قالب نیست. هر قالب دارای یک صفحه پایه و یک مجموعه سر قالب الحاقی است، که هر دو از فلز سخت ساخته شده‌اند و به گونه‌ای هستند که محکم بسته می‌شوند و به سادگی از قالب جدا می‌شود. سر قالب الحاقی دارای ارتفاعی است که بالاتر از ارتفاع قالب در حداقل ۲ اینچ ($50/8$ میلی‌متری) است که شامل یک بخش بالایی خواهد بود که مجموعاً "تشکیل قیفی" را خواهند داد که حداقل یک استوانه راست 0.75 اینچ (19 میلی‌متری) زیر آن قرار دارد. سر قالب الحاقی با جدار داخلی قالب جفت می‌شود. ته پایه و ته ناحیه تورفته‌ای که پذیرای قالب استوانه‌ای است، مسطح خواهند بود.

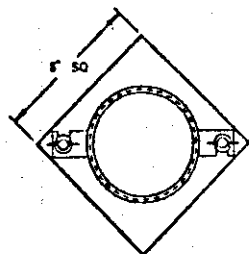
۶-۱-۱ قالب ۴ اینچ- قالبی است که میانگین قطر داخلی آن $4/000 \pm 0/016$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

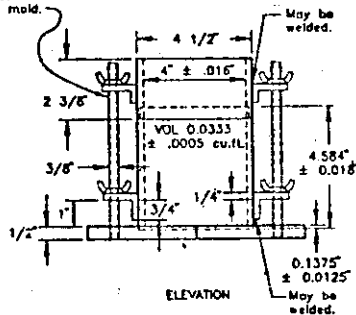
اینچ (۴±۰/۱۰۱/۶) ارتفاع آن (۰/۱۸±۰/۰۵۸۲۴) اینچ (۵±۰/۱۱۶/۴) میلی متر) و حجم آن (۰/۰۰۰۵±۰/۰۳۳۳) فوت مکعب (۱۴±۰/۶۴۴) سانتی متر مکعب) است. مجموعه قالب با حداقل ویژگیهای لازم در شکل ۱ نشان داده شده است.

۱-۶ قالب، ۶ اینچ - قالبی است که میانگین قطر داخلی آن (۰/۰۲۶±۰/۰۰۰۶) اینچ (۰/۷±۰/۱۵۲/۴) ارتفاع آن (۰/۱۸±۰/۰۵۸۲۴) اینچ (۵±۰/۱۱۶/۴) میلی متر) و حجم آن (۰/۰۰۰۹±۰/۰۰۷۵) فوت مکعب (۲۵±۰/۲۱۲۴) سانتی متر مکعب) است. مجموعه قالب با حداقل ویژگیهای لازم در شکل ۲ نشان داده شده است.

As an option to the full length stud, a 2 1/2 x 3/8 stud may be used. Then as an alternative construction, the collar may be held down with a slotted bracket attached to the collar and a pin in the mold.



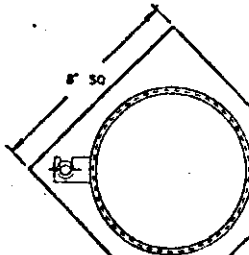
PLAN



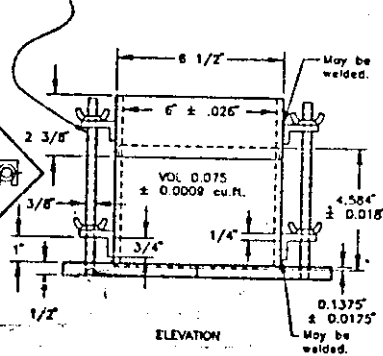
ELEVATION

شکل ۱ - قالب استوانه‌ای ۴ اینچ

As an option to the full length stud, a 2 1/2 x 3/8 stud may be used. Then as an alternative construction, the collar may be held down with a slotted bracket attached to the collar and a pin in the mold.



PLAN



ELEVATION

شکل ۲ - قالب استوانه‌ای ۶ اینچ

۱-۶ کوبه - کوبه یا دستی کار می‌کند همانطور که بعداً در بند ۲-۶ توضیح داده خواهد شد، یا مطابق توضیحات بند ۲-۶ مکانیکی کار می‌کند. کوبه از فاصله ۰/۰۵±۰/۱۸ اینچ (۱/۶±۰/۲۵۷) میلی متر) بالای سطح نمونه بطور آزاد فرود خواهد آمد. وزن کوبه ۰/۰۲±۰/۱۰ پوند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴/۵۲±۰/۰۱ کیلوگرم) خواهد بود که وزن کوبه‌های مکانیکی از این قاعده مستثنی بوده و مطابق روش آزمایش D2168 تنظیم می‌گردد (به توجه ۵ مراجعه شود). رویه ضربه‌زننده کوبه، گرد و مسطح خواهد بود مگر در مواردی که در بند ۲-۲-۲-۳ یادآوری شده، با قطر جدیدی که ۲/۰۰۰±۰/۰۰۵ اینچ (۵۰/۸۰±۰/۱۳ میلی‌متر) است. اگر رویه ضربه‌زننده کوبه فرسوده یا به اندازه‌ای متورم شود که قطر به ۲/۰۰۰±۰/۰۱ اینچ (۵۰/۸۰±۰/۲۵ میلی‌متر) افزایش یابد، بایستی کوبه را عوض کرد.

توجه ۵- در واحدهای اینچ - پوند این فرض که وزن کوبه برابر با وزن تعیین شده آن با استفاده از ترازوی کیلوگرمی یا پوندی خواهد بود، امری متداول و قابل قبول می‌باشد و ۱ پوند برابر با ۱ پوند جرمی یا ۰/۴۵۳۶ کیلوگرم، یا ۱ نیوتن برابر با ۰/۲۲۴۸ پوند جرمی یا ۰/۱۰۲۰ کیلوگرم است.

۲-۳-۶ کوبه دستی- این کوبه مجهز به یک لوله راهنما است و طول این لوله به اندازه ایستکه سقوط آزاد شافت کوبه و سر آن محدود نخواهد شد. ۴ سوراخ خروجی در هر سر آن (کلا ۸ سوراخ) قرار دارد که به مراکز ۳/۴±۱/۱۶ اینچی (۱۹±۱/۶ میلی‌متری) از هر طرف فاصله ۹۰ درجه از همدیگر قرار گرفته‌اند. حداقل قطر سوراخهای خروجی ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر) خواهد بود. ممکن است سوراخها یا شکافهای دیگری نیز در لوله راهنما جا داده شود.

۲-۳-۶ کوبه مکانیکی یا رویه مدور - این کوبه به صورت مکانیکی عمل خواهد کرد و به گونه‌ای است که پوشش یکنواخت و کامل سطح نمونه را فراهم می‌آورد. فاصله بین کوبه و سطح داخلی قالب کوچکترین فاصله ۰/۱۰±۰/۰۳ اینچ (۲/۵±۰/۸ میلی‌متر) خواهد بود. کوبه مکانیکی دارای تجهیزات کالیبراسیون روشهای آزمایشی D2168 خواهد بود. کوبه مکانیکی مجهز به اسباب مکانیکی مثبتی است که به هنگام کار نکردن کوبه را نگه می‌دارد.

۲-۳-۶ کوبه مکانیکی با رویه دایره - هنگامی که از قالب ۶ اینچی (۱۵۲/۴ میلی‌متری) استفاده می‌شود احتمال دارد کوبه رویه دایره‌ای به جای کوبه رویه مدور بکسار رود. سطح تماس با نمونه به شکل قطاع دایره‌ای به شعاع ۲/۹۰±۰/۰۲ اینچ (۷۳/۷±۰/۵ میلی‌متر) خواهد بود. این کوبه طوری عمل خواهد کرد که راس قطاع دایره در مرکز نمونه قرار گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳-۶ خارج کننده نمونه (دلخواهی) - یکجک، چهارچوب یا وسیله دیگری که به منظور خارج نمودن نمونه های متراکم شده از قالب درست شده باشد.
۴-۶ ترازو - یک ترازوی از گروه Gp5 که دارای شروط مشخصه D۴۷۵۳ برای ترازویی با قابلیت قرائت یک گرم باشد.

۵-۶ خشک کن - گرمخانه ای که بصورت ترموستاتی کنترل می شود و ترجیحا از نوع forced-draft بوده و قابلیت نگهداری دمای یکنواخت 23.0 ± 0.5 درجه فارنهایت (11.0 ± 0.5 درجه سانتیگراد) را در سرتاسر محفظه خشک کننده دارد.

۶-۶ تیغه صاف کن - یک راست لبه فلزی سخت، به طول مناسب که کمتر از ۱۰ اینچ (۲۵۴ میلی متر) نباشد. کسل طول راست لبه با رواداری $0.005 \pm 1/8$ اینچ ($0.1 \pm$ میلی متر) طراحی شده است. اگر ضخامت لبه تراشیده بیش از ۱/۸ اینچ (۳ میلی متر) است، اریب می شود.

۶-۷ الکما - الکهای ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی متر)، ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی متر)، و شماره ۴ (۴/۷۵ میلی متر)، که مطابق با شروط مشخصه E11 می باشند.

۸-۶ ابزارهای مخلوط کننده - ابزارهای متفرقه نظیر ظرف مخلوط کن، قاشق، ماله، کاردک، آبپاش یا وسیله مکانیکی مناسبی برای آنکه نمونه خاک را با افزایش های آب کاملاً مخلوط کرد.

۷- نمونه آزمایشی

مقدار نمونه مورد لزوم برای روشهای A و B تقریباً "۳۵ پوند (۱۶ کیلوگرم) است و برای روش C تقریباً "۶۵ پوند (۲۹ کیلوگرم) خاک خشک است. بنابراین، نمونه صحرائی بایستی به ترتیب حداقل وزن مرطوب ۵۰ پوند (۲۳ کیلوگرم) و ۱۰۰ پوند (۴۵ کیلوگرم) را داشته باشد.
۳-۷ در صد مصالح باقی مانده روی الکهای شماره ۴ (۴/۷۵ میلی متر)، ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی متر)، یا ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی متر) را که برای انتخاب روشهای A، B، یا C مناسب هستند تعیین کنید. این کار را بر روی قسمت نماینده از کل نمونه انجام دهید و درصدهایی را که از الکهای مورد نظر عبور کرده با روشهای آزمایش D۴۲۲ یا روش C۱۳۶ تعیین کنید. تنها محاسبه درصدهایی برای الکهای الکما ضروری است که اطلاعات آن مورد نظر می باشد.

۸ - آماده سازی وسایل

۸-۱ بر اساس استفاده از روشهای A، B، یا C، قالب تراکم مناسب را

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

انتخاب کنید. وزن آن را تا دقت به گرم تعیین و ثبت کنید. قالب، پایه و سرفالب الحاقی را به همدیگر ببندید. از متحد بودن جدار داخلی قالب و سرفالب الحاقی قالب اطمینان حاصل کنید. در صورتی که لازم بود تنظیم کنید.

۲-۸ کنترل کنید که آیا مجموعه کوبه در شرایط کارآیی خوبی است و قسمتهای آن از بین نرفته یا فرسوده نشده است. تنظیمها یا مرمتهای ضروری را انجام دهید. اگر تنظیم یا مرمتی صورت گرفت، بایستی کوبه را مجدداً کالیبره کرد.

۹- کالیبراسیون

۹-۱ ابزارهای زیر را قبل از اولین کاربرد، بعد از تعمیر یا اتفاقات دیگری که ممکن است روی نتایج آزمایش اثر بگذارد، در فواصل ۱۰۰۰ نمونه آزمایشی، یا سالیانه، هر کدام که نخست رخ داد کالیبره کنید:

۹-۱-۲ ترازو - مطابق با مشخصات D۴۷۵۳ ارزیابی نمایید
۹-۱-۳ قالبها - حجم آنها را مطابق با آنچه در ضمیمه A آمده تعیین نمایید.

۹-۱-۴ کوبه دستی - فاصله سقوط آزاد، وزن کوبه، و رویه کوبه طبق بند ۲-۶ اصلاح گردد. شرایط کوبه راهنما نیز مطابق با بند ۲-۶ اصلاح شود.

۹-۱-۵ کوبه مکانیکی - کوبه مکانیکی طبق روشهای آزمایشش D۲۱۶۸ کالیبره و تنظیم میگردد. بعلاوه، فاصله بین کوبه و رویه داخلی قالب طبق بند ۲-۶ اصلاح خواهد شد.

۱۰- روش آزمایش

۱۰-۱ خاکها :

از خاکی که قبلاً در آزمایشگاه متراکم شده است مجبداً استفاده نکنید.

۱۰-۱-۱ هنگامی که استفاده از این روش آزمایش برای خاکهای حاوی هالوزنهای آبدار، یا تجربیات گذشته در مورد خاک خاصی معرف آن باشد که با هوا خشک کردن، نتایج را متغیر خواهد کرد، از روش آماده سازی مرطوب استفاده کنید (بند ۲-۱۰ ملاحظه شود).

۱۰-۱-۲ نمونه های خاک را مطابق بند ۲-۱۰ (ترجیحاً) یا بند ۳-۱ برای آزمایش آماده کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱-۲ روش آماده سازی مرطوب (ترجیحی) - بدون آنکه از قبل نمونه را خشک کنید آنرا بسته به روشهای A، B، یا C که بکار می‌برید از الکهای شماره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر)، ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر)، یا ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی‌متر) عبور دهید. درصد رطوبت خاک مخلوط شده را تعیین کنید.

حداقل چهار نمونه (ترجیحا پنج نمونه) آماده کنید که درصد رطوبت آن به گونه‌ای باشد که در درصد رطوبت بهینه تخمین زده شده باشد. نخست نمونه‌ای که دارای درصد رطوبت نزدیک به بهینه باشد، با افزودنمای آزمایشی آب و مخلوط کردن آماده کنید (به توجه به مراجع شود). درصد رطوبتهایی را برای بقیه نمونه‌ها انتخاب کنید که حداقل دو نمونه مرطوب و دو نمونه خشک نسبت به رطوبت بهینه فراهم شود و درصد رطوبت همان نیز در حدود ۲٪ تغییر کنند. برای آنکه با دقت منحنی تراکم وزن مخصوص خشک معین شود، حداقل دو درصد رطوبت در جهت خشک و مرطوب بهینه ضروریست (به بند ۱-۵ مراجعه شود). بعضی خاکها با درصد رطوبت بهینه خیلی بالا یا منحنی تراکم نسبتا "مسطح" نیاز به افزایشات رطوبت بیشتری دارند تا به یک حداکثر وزن خشک کاملاً معینی دست یافت. بایستی افزایشات رطوبت بیش از حد نباشد.

معمولا با تشرین، احتمال قضاوت بصری در نقطه‌ای نزدیک به درصد رطوبت بهینه میسر می‌باشد. بطور نمونه، می‌توان خاکسی را که در حالت درصد رطوبت بهینه است به صورت کلوخه در آورد و هنگامی هم که فشار دست برداشته می‌شود از هم نمی‌پاشد، اما اگر به آن فشار وارد کنیم بوضوح به دو قسمت تقسیم می‌شود. در درصد رطوبت طرف خشک بهینه، خاک تمایل به خرد شدن دارد. در رطوبت بهینه، خاک تمایل به بهم چسبیدن به صورت یک توده متصل چسبناک دارد. درصد رطوبت بهینه کمی کمتر از حد خمیری است.

۱-۲-۲ برای متراکم کردن خاک با استفاده از روشهای A یا B تقریبا ۵ پوند (۲/۳ کیلوگرم) خاک الک شده برای هر نمونه بکار ببرید و برای روش C، ۱۳ پوند (۵/۹ کیلوگرم) خاک الک شده بکار ببرید. برای حصول به درصد رطوبتهای نمونه آنطور که در بند ۱-۲-۱ انتخاب شده، مفادیر مورد نیاز آبر را به طریق زیر اضافه یا کم کنید: برای اضافه کردن آب، آن را طی عمل مخلوط به داخل خاک اسپری کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

برای جذب آب، اجازه دهید خاک در هوای محیط یا در ابزار خشک کنی که دمای نمونه را بیش از ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) افزایش ندهد خشک شود. طی عمل خشک کردن، مکرراً خاک را بهم بزنید تا رطوبت در خاک پخش شود. کاملاً هر نمونه را بهم بزنید تا از توزیع رطوبت در سرتاسر آن اطمینان یابید و سپس آن را در یک ظرف دردار جداگانه قرار دهید و اجازه دهید قبل از تراکم بر اساس جدول ۱ مدتی بماند. به منظور انتخاب زمان توقف، خاک با استفاده از روش آزمایش D2487، دستورالعمل D2488 یا اطلاعات نمونه‌های دیگر که از منبع مصالح یکسانی بدست آمده، طبقه‌بندی خواهد شد. برای آزمایش داوری، از طریق روش آزمایش D2487 طبقه‌بندی صورت می‌گیرد.

۱-۳-۱۰ روش آماده‌سازی خشک - اگر نمونه به اندازه‌ای مرطوب باشد که قابل شکنندگی نباشد، درمد رطوبت را با در معرض هوا قرار دادن نمونه تا هنگامی که مصالح شکننده شود، کاهش دهید. خشک کردن ممکن است با هوا باشد یا با استفاده از ابزارهای خشک کنی که دمای نمونه را بیش از ۱۴۰ درجه فارنهایت (۶۰ درجه سانتیگراد) افزایش ندهد. کاملاً مصالح دانه‌ای را خرد کنید به طریقی که از شکسته شدن خود دانه‌ها خودداری شود. مصالح را از الک مناسب عبور دهید. نمره ۴ (۴/۷۵ میلی‌متر)، ۳/۸ اینچ (۹/۵ میلی‌متر)، یا ۳/۴ اینچ (۱۹ میلی‌متر) هنگامی که مصالح را با عبور دادن از الک ۳/۴ اینچ، برای تراکم در قالب اینچی آماده می‌کنید، مصالح دانه‌ای را به اندازه‌ای خرد کنید که حداقل از الک ۳/۸ اینچ عبور کنند تا توزیع رطوبت در سرتاسر خاک برای هم‌زدن‌های بعدی تسهیل یابد.

۱-۳-۱۰ حداقل چهار نمونه (ترجیحاً پنج نمونه) مطابق بند ۱-۲-۱۰ آماده کنید.

۱-۳-۱۰ برای متراکم کردن خاک با استفاده از روش‌های A یا B تقریباً ۵ پوند (۲/۳ کیلوگرم) خاک الک شده برای هر نمونه و برای روش C، ۱۳ پوند (۵/۹ کیلوگرم) خاک الک شده بکار ببرید. آنقدر آب به نمونه اضافه کنید که درمد رطوبت آن به مقادیر برگزیده بند ۱-۳-۱۰ برسد. روش آماده‌سازی نمونه را مطابق آنچه در بند ۱-۲-۱۰ برای خشک کردن خاک یا افزودن آب به خاک مشخص شده بود دنبال کنید و هر نمونه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آزمایشی را عمل آورید.

۱-۴ تراکم - در صورت ضرورت بعد از عمل آوری هر نمونه را به طریق زیر متراکم سازید:

۱-۴-۱ وزن قالب یا قالب و صفحه پایه را تعیین و ثبت کنید.

۱-۴-۲ قالب و سر قالب را به صفحه پایه بسته و محکم کنید. قالب روی یک پی محکم یکنواخت باقی خواهد ماند، نظیر یک استوانه یا قطعه بتن با وزنی که کمتر از ۲۰۰ پوند (۹۱ کیلوگرم) نباشد.

جدول یک - زمان توقف مورد نیاز نمونه‌های مرطوب شده

طبقه بندی	حداقل زمان ماندن، ساعت
GW ، GP ، SW ، SP	نیازی ندارد
SM ، GM	۳
انواع دیگر خاکها	۱۶

صفحه چپ را به پی طبق، محکم کنید. روش بستن به پی طبق طوری است که مجموعه قالب، سر قالب و صفحه پایه بعد از آنکه تراکم کامل شد، به راحتی برداشته می‌شوند.

۱-۴-۳ نمونه را در پنج لایه متراکم کنید. بعد از تراکم بایستی ضخامت لایه‌ها تقریباً "با هم برابر باشد. قبل از تراکم، خاک سستو شل را داخل قالب قرار داده و آن را به صورت یک لایه یکنواخت پخش کنید. سپس به آرامی به آن ضربه بزنید تا از حالت پفاکردگی یا شلی خارج شود، این کار را با کوبه دستی تراکم یا استوانه‌ای به قطر ۲ اینچ (۵ میلی‌متر) انجام دهید. بعد از تراکم چهار لایه نخست هر خاکی که در جوار دیواره‌های قالب متراکم نشده بود یا بالای سطح متراکم شده قرار داشت بتراشید. این خاک تراشیده شده را با یک مقدار خاک دیگر برای لایه بعدی آماده کنید. برای تراش، از یک چاقو یا وسیله مناسب دیگر می‌توان استفاده کرد. کل مقدار خاک بکار رفته آنقدر خواهد بود که لایه متراکم شده پنجم کمی بداخل سر قالب

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کشیده شود، اما بیش از $1/4$ اینچ (۶ میلی‌متر) نباشد. اما اگر لایه پنجم بیش از این مقدار از سر قالب بالا زده بود، بایستی نمونه دور انداخته شود. هنگامی نمونه دور انداخته می‌شود، که آخرین ضربه کوبه برای پنجمین لایه منجر به آن شود که ته کوبه پایین‌تر از سر قالب تراکم قرار گیرد.

۱-۴-۴ در قالب ۴ اینچی (۱۰۱/۶ میلی‌متری) هر لایه را با ۲۵ ضربه و در قالب ۶ اینچی (۱۵۲/۴ میلی‌متری) با ۵۶ ضربه متراکم کنید.

توجه ۷- هنگامی که نمونه‌هایی از درصد رطوبت بهینه را متراکم می‌کنید، سطح ناهموار متراکم شده رخ می‌دهد که قضاوت آزمایش‌کننده به عنوان بلندی میانگین، لازم می‌باشد.

۱-۴-۵ به هنگام کار با کوبه دستی، دقت کنید که لوله راهنما به هنگام بالا رفتن کوبه، به طرف بالا حرکت نکند. لوله راهنما را با زاویه ۵ درجه از خط افق محکم نگه دارید. ضربه‌ها را با سرعت یکنواخت تقریباً "۲۵ ضربه در دقیقه اعمال کنید و بطوری این کار را انجام دهید که پوشش کامل و یکنواختی روی سطح نمونه فراهم آید.

۱-۴-۶ بدنیال تراکم آخرین لایه، سر قالب و صفحه پایه را از قالب جدا کنید، مگر در موردی که در بند ۱-۴-۷ ذکر شده است. برای تراشیدن خاک مجاور سر قالب از یک چاقو استفاده کنید تا قبل از برداشتن سر قالب خاک دور آن شل شود، و از خراب شدن خاک زیر سر قالب جلوگیری شود.

۱-۴-۷ نمونه متراکم شده را با دقت در قسمت‌های ته و بالای قالب با یک راست لب تراش دهید تا در قسمت‌های ته و بالای قالب نیز یک سطح صاف بدست آید. تراش اولیه نمونه در قسمت بالای قالب با یک چاقو از گسیختگی زیر سر قالب جلوگیری خواهد کرد. هر سوراخی را که روی سطح نمونه قرار دارد با خاک مصرف نشده یا تراشیده شده از نمونه‌ها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

جدول ۲ معادله‌های واحدها به متر برای شکل‌های او۱

اینچ	میلیمتر
۰/۰۱۶	۰/۴۱
۰/۰۲۶	۰/۶۶
۰/۰۳۲	۰/۸۱
۰/۰۲۸	۰/۷۱
۰/۵	۱۲/۷۰
۲/۵	۶۳/۵۰
۲/۶۲۵	۶۶/۷۰
۴	۱۰۱/۶۰
۴/۵	۱۱۴/۳۰
۲/۵۸۴	۱۱۶/۴۳
۴/۷۵	۱۲۰/۶۰
۶	۱۵۲/۴۰
۶/۵	۱۶۵/۱۰
۶/۶۲۵	۱۶۸/۳۰
۶/۷۵	۱۷۱/۴۰
۸/۲۵	۲۰۸/۶۰
فوت مکعب	سانتیمتر مکعب
(۰/۰۳۳۳) ۱/۳۰	۹۴۳
۰/۰۰۰۵	۱۴
[(۰/۰۷۵) ۱]/(۱۳/۳۳۳)	۲۱۲۴
۰/۰۰۱۱	۳۱

پر کنید و با انکشت بداخل سوراخ فشار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دهید و مجدداً با راست لبه روی قالب را صاف کنید. هنگامی که حجم قالب بدون صفحه پایه تعیین شد، عملیات مناسب بعدی را روی ته نمونه تکرار کنید. در مورد خاکهای خیلی مرطوب یا خشک، اکثر صفحه پایه برداشته شود، خاک یا آب ممکن است از دست رود. برای این موقعیتها، صفحه پایه را متصل به قالب باقی بگذارید و وقتی که صفحه پایه متصل ماند، بایستی حجم قالب با صفحه پایه متصل به آن به جای صفحه پلاستیکی یا شیشه‌ای که در ضمیمه A (بند A۱ - ۴ - ۱) ذکر شده کالیبره شود.

۱-۴-۸. وزن نمونه و قالب را با تقریب گرم تعیین و ثبت کنید. هنگامی که صفحه پایه متصل شد، وزن نمونه قالب و صفحه پایه را با تقریب گرم تعیین و ثبت کنید.

۱-۴-۹. مصالح را از قالب خارج کنید. با استفاده از کل نمونه (روش ترجیحی) یا قسمت نماینده، درصد رطوبت نمونه را بدست آورید. هنگامی که کل نمونه به کار میرود، برای تسهیل در خشک شدن، آن را خرد کنید. در غیر این صورت، با برش دادن نمونه متراکم شده به صورت محوری، بطوریکه از مرکز آن بگذرد و ۵۰۰ گرم آن از رویه‌های برش خورده بردارید. درصد رطوبت را بر اساس روش آزمایشی D۲۲۱۶ بدست آورید.

۱-۵. بدنبال تراکم آخرین نمونه، وزن مخصوصهای مرطوب را با هم مقایسه کنید تا مطمئن شوید که یک‌الگوی مطلوب از داده‌های حاصله در هر طرف درصد رطوبت بهینه برای منحنی تراکم وزن مخصوص خشک بدست خواهد آمد. رسم وزن مخصوص مرطوب و درصد رطوبت هر نمونه متراکم شده میتواند به انجام ارزیابی بالا کمک کند. اگر الگوی مطلوب حاصل نشد، نیاز به نمونه‌های متراکم شده اضافی خواهد بود. عموماً، یک مقدار درصد رطوبت بیش از درصد رطوبت که حداکثر وزن مخصوص مرطوب را معین میکند کفایت تا از داده‌هایی که در سمت مرطوب درصد رطوبت بهینه برای حداکثر وزن مخصوص خشک وجود دارد اطمینان حاصل شود.

۱- محاسبات

۱-۱-۱. وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت هر نمونه متراکم شده را همانطور که در بند ۱-۱-۳ و ۱-۱-۴ توضیح داده شده است محاسبه کنید. مقادیر را

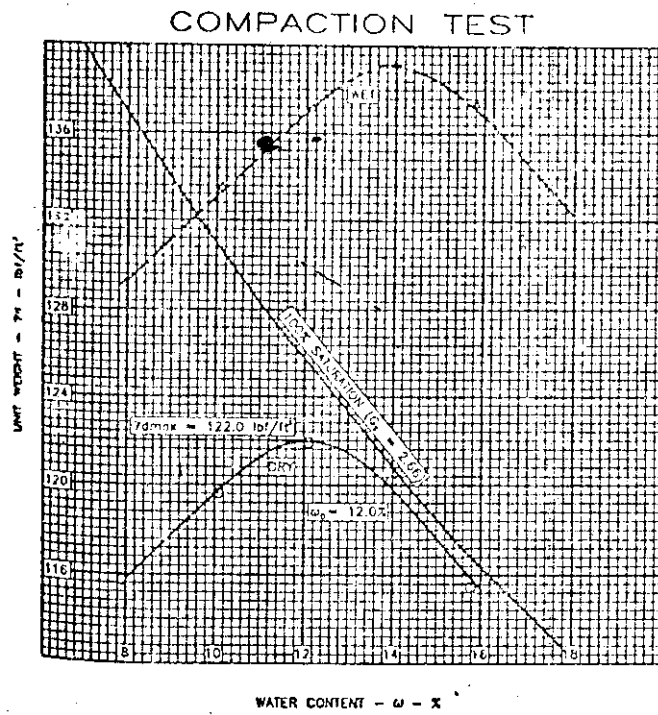
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

رسم کنید و منحنی تراکم را به عنوان یک منحنی ملایم از نقاط رسم کنید (به مثال شکل ۳ مراجعه شود). وزن مخصوص خشک را تا حدود ۰/۱ پوند بر فوت مکعب (۲/۳ کیلو نیوتن بر متر مکعب) و درصد رطوبت را تا حدود ۰/۱٪ رسم کنید. از روی منحنی تراکم، درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک را تعیین کنید. اگر بیش از ۵٪ وزنی ذرات درشت از نمونه برداشته شده، با استفاده از دستورالعمل D4۲۱۸ درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک کل مصالح را محاسبه کنید. این اصلاح احتمالا برای وزن مخصوص در محل تا برای نمونه آزمایشی آزمایشگاهی صورت میگیرد.

۲-۱۱ منحنی اشباع ۱۰۰٪ را رسم کنید. همانطور که در بند ۵-۱۱ توضیح داده شده است مقادیر درصد رطوبت برای شرایط ۱۰۰٪ اشباع را محاسبه کنید (به مثال شکل ۳ مراجعه شود).

توجه ۸- منحنی اشباع ۱۰۰٪ کمی به رسم منحنی تراکم است. برای خاکهایی که بیش از تقریبا "۱۰٪ حاوی ریزدانه در درصد رطوبت بالای بهینه هستند، عموما "دو منحنی به سختی بموازات هم با جهت رطوبت منحنی تراکم بین ۹۲٪ تا ۹۵٪ اشباع در می آیند. از نظر تسویری، نمی توان منحنی تراکم را بر اساس منحنی اشباع ۱۰۰٪ رسم کرد. اگر این کار انجام شود، در چگالی ویژه، اندازه گیریها، محاسبات، روشهای آزمایش یا در ترسیم خطا وجود خواهد داشت.

توجه ۹- گاهی اوقات منحنی اشباع ۱۰۰٪ منحنی خلاء صفر یا منحنی اشباع کامل اطلاق می شود.



شکل ۳ - مثالی از رسم منحنی تراکم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳-۱۱ درصد رطوبت، W - بر اساس روش آزمایش D2216 محاسبه می‌شود.
 ۴-۱۱ وزن مخصوص خشک- دانسیته مرطوب (معادله ۱) دانسیته خشک
 (معادله ۲)، و سپس وزن مخصوص خشک (معادله ۳) به طریق زیر محاسبه
 می‌شود:

$$P_m = 1000(M_t - M_{md}) / V \quad (1)$$

که در آن:

P_m = جرم حجمی مرطوب نمونه متراکم شده، مگا گرم بر متر مکعب،
 M_t = وزن نمونه مرطوب در قالب، کیلوگرم،
 M_{md} = وزن قالب تراکم، کیلوگرم، و
 V = حجم قالب تراکم، متر مکعب (به ضمیمه A مراجعه شود).

$$P_d = P_m / (1 + W/100) \quad (2)$$

که در آن:

P_d = وزن مخصوص خشک نمونه متراکم شده، مگاگرم بر متر مکعب، و
 W = درصد رطوبت، %

$$\gamma_d = 62/43 P_d \quad \text{بر حسب پوند بر فوت مکعب}$$

(۳)

$$\gamma_d = 9/8.07 P_d \quad \text{بر حسب کیلو نیوتن بر متر مکعب}$$

که در آن:

γ_d = وزن مخصوص خشک نمونه متراکم شده است.
 ۵-۱۱ برای محاسبه نقاطی برای رسم منحنی اشباع ۱۰۰% یا منحنی خلاء صفر
 مقادیری از وزن مخصوص خشک را بر گزینید، مقادیر درصد رطوبت
 متناظر با شرایط اشباع ۱۰۰% را بطریق زیر محاسبه کنید:

$$W_{sat} = \left\{ \frac{(\gamma_w) G_s - \gamma_d}{(\gamma_d) (G_s)} \right\} \times 100 \quad (4)$$

که در آن:

W_{sat} = درصد رطوبت برای اشباع کامل، %،
 γ_w = وزن مخصوص آب، ۶۲/۴۳ پوند بر فوت مکعب (۹/۸.۰۷ کیلو نیوتن
 بر متر مکعب)

γ_d = وزن مخصوص خشک خاک، و

G_s = چگالی ویژه خاک است.

توجه ۱۰ - می‌توان چگالی نمونه آزمایشی را بر اساس داده‌های

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آزمایشی که از روی دیگر نمونه‌هایی با طبقه‌بندی و منبع خاکی یکسان حاصل شده تخمین زد. در غیر این صورت، آزمایش چکالی ویژه (روش آزمایش DA۵۴) ضروری است.

۱۲- گزارش

۱۲-۱- بایستی اطلاعات زیر را گزارش کرد:

۱۲-۱-۱- روش بکار رفته (A، B یا C).

۱۲-۱-۲- روش آماده‌سازی بکار رفته (مضطوب یا خشک).

۱۲-۱-۳- درصد رطوبت دریافتی، اگر تعیین شده بود.

۱۲-۱-۴- درصد رطوبت بهمینه اصلاح شده، با تقریب ۰/۵٪.

۱۲-۱-۵- حداکثر وزن مخصوص خشک اصلاح شده، با تقریب ۰/۵ پوند بر فوت مکعب.

۱۲-۱-۶- توصیف کوبه (دستی یا مکانیکی)

۱۲-۱-۷- داده های مربوط به الک خاک هنگامی که برای تعیین روش بکار رفته (A، B، یا C) قابل اعمال باشد.

۱۲-۱-۸- توصیف مصالح بکار رفته در آزمایش از طریق دستورالعمل

۲۴۸۸D یا طبقه‌بندی آنها بوسیله روش آزمایش ۲۴۸۷D.

۱۲-۱-۹- چکالی ویژه و روش تعیین آن.

۱۲-۱-۱۰- منشاء مصالح مورد استفاده در آزمایش، برای مثال، پروژه، محل، عسق و مانند اینها.

۱۲-۱-۱۱- رسم منحنی تراکم که نشان‌دهنده نقاط تراکم بکار رفته برای تشبیه منحنی تراکم، و منحنی اشباع ۱۰۰٪، نقطه حداکثر وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت بهمینه.

۱۲-۱-۱۲- داده‌های مربوط به اصلاحات ذرات درشت‌دانه، اگر استفاده شده باشد، شامل ذرات بیش از اندازه خرده‌های بزرگ (ذرات درشت‌دانه) PC به %.

۱۳- صحت و خطا

۱۳-۱- صحت- اطلاعات ارزیابی خواهند شد تا صحت این روش آزمایش تعیین شود، بعلاوه اطلاعات از استفاده‌کنندگان این روش در خواست می‌شود.

۱۳-۲- خطا - احتمال حصول اطلاعات در مورد خطا وجود ندارد زیرا هیچ روش دیگری برای تعیین مفادیر حداکثر وزن مخصوص خشک اصلاح

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شده و درآمد رطوبت بهینه اصلاح شده وجود ندارد.

۱۴- لغات راهنما

۱۴-۱ مشخصات تراکم، دانسیته، تراکم ضربه‌ای با استفاده از انرژی اصلاح شده. آزمایشهای آزمایشگاهی. آزمایش پروکتور اصلاح شده. متحنی های رطوبت- دانسیته، تراکم خاک.

ضمیمه

(اطلاعات اجباری)

A1 - حجم قالب تراکم

A1 - ۱ هدف

A1 - ۱-۱ این ضمیمه در مورد روش تعیین حجم قالب تراکم توضیح می‌دهد.

A1 - ۲-۱ حجم قالب از طریق روش پر کردن با آب تعیین می‌شود و با روش اندازه‌گیری خطی کنترل می‌گردد.

A1 - ۲ ابزارها

A1 - ۲-۱ بعلاوه ابزارهایی که در بخش ۶ فهرست شد، اقلام زیر نیز مورد نیاز است:

A1 - ۲-۱-۱ پرگار مدرج - دامنه اندازه‌گیری آن حداقل از صفر تا ۶ اینچ (۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر) است و قابلیت قرائت آن تا ۰.۰۱/ اینچ (۰.۲/ میلی‌متر) می‌باشد.

A1 - ۲-۱-۲ میکرومتر داخلی - دامنه اندازه‌گیری آن حداقل از ۲ تا ۱۲ اینچ (۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر) و قابلیت قرائت آن حداقل تا ۰.۰۱/ اینچ (۰.۲/ میلی‌متر) می‌باشد.

A1 - ۲-۱-۳ صفحات پلاستیکی یا شیشه‌ای - دو صفحه پلاستیکی یا شیشه‌ای تقریباً ۸ اینچ مربع \times ۱/۴ اینچ ضخامت (۲۰۰ میلی‌متر مربع \times ۶ میلی‌متر)

A1 - ۲-۱-۴ ترمومتر - دامنه آن صفر تا ۵۰ درجه سانتیگراد، درجه بندیهای آن ۰.۵/ درجه سانتیگراد، متشکل از ملزومات مشخصه E1 می‌باشد.

A1 - ۲-۱-۵ روغن ترمز یا آببند مشابه دیگری.

A1 - ۲-۱-۶ تجهیزات ستفرقه - سرنگ حیابی، حوله و غیره.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸۱-۳-۱ احتیاطهای لازم

۸۱-۳-۱-۱ این روش در جایی که دور از جریان هوایا نوسانات شدید دما باشد انجام می شود.

۸۱-۴-۱ روش

۸۱-۴-۱-۱ روش با آب پر کردن

۸۱-۴-۱-۱-۱ یک لایه نازک روغن با ملایمت به ته قالب تراکم بمانید و آن را روی یکی از صفحات پلاستیکی یا شیشه ای قرار دهید. روی قالب نیز یک لایه نازک روغن بمانید. دقت کنید که روغن بداخل قالب نفوذ نکند. اگر استفاده از صفحه پایه ضروری بود، همانطور که در بند ۱۰-۴-۷ ذکر شد، قالب روغن زده را روی صفحه پایه قرار داده و آن را با میخهای محکم کننده ببندید.

۸۱-۴-۱-۲ وزن قالب روغن زده و هر دو صفحات پلاستیکی یا شیشه ای را تا حدود ۰.۱ پوند (یک گرم) تعیین و ثبت کنید. هنگامی که صفحه پایه به جای صفحات پلاستیکی یا شیشه ای بکار می رود، وزن قالب، صفحه پایه و یکی از صفحات پلاستیکی یا شیشه ای را که روی قالب بکار می رود تا حدود ۰.۱ پوند (۱ گرم) تعیین و ثبت کنید.

۸۱-۴-۱-۳ قالب و صفحه پلاستیکی یا شیشه ای پایینی را روی یک سطح محکم و مسطحی قرار دهید. قالب را تا کمی بالاتر از زهوار آن از آب پر کنید.

۸۱-۴-۱-۴ دومین صفحه را روی سطح قالب بلغزانید بطوریکه قالب کاملاً پر از آب باقی بماند و حبابهای هوا به آن وارد نشود. اگر لازم بود با سرنگ حبابی آب به آن اضافه یا کم کنید.

۸۱-۴-۱-۵ هر گونه آب اضافی را از خارج قالب و صفحات خشک کنید.

۸۱-۴-۱-۶ جرم قالب، صفحات و آب را با تقریباً ۰.۱ پوند (۱ گرم) تعیین و ثبت کنید.

۸۱-۴-۱-۷ دمای آب داخل قالب را تا حدود ۱ درجه سانتیگراد تعیین و ثبت کنید. دانسیته مطلق آب را از روی جدول A۱-۱ تعیین و ثبت کنید.

۸۱-۴-۱-۸ جرم آب قالب را با کم کردن مقداری که در بند A۱-۴-۱-۲ بدست آمده از مقداری که در بند A۱-۴-۶ بدست آمده محاسبه کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

A1-4-1-9 حجم آب را با تقسیم کردن جرم آببر دانسیته آن تا حدود ۰/۰۰۱ فوت مکعب (یکسانتیمتر مکعب) محاسبه کنید.

A1-4-1-10 هنگامی که صفحه پایه بکار میرود، برای کالیبراسیون حجم قالب مراحل بندهای A1-4-1-3 تا A1-4-1-9 را تکرار کنید.

A1-4-2 روش اندازه گیری خطی:

A1-4-2-1 با یک پرگار مدرج یا میکرومتر داخلی، ۶ بار قطر قالب را در قسمت بالا و ۶ بار در قسمت پایین اندازه بگیرید، فاصله هر یک از اندازه گیریهای بالایی و پایینی بطور مساوی دور محیط قالب میباشد. مقادیر را تا حدود ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۲ میلی متر) ثبت کنید.

A1-4-2-2 با استفاده از پرگار مدرج، ارتفاع داخلی قالب را با سه اندازه گیری که در فواصل مساوی دور محیط قالب انجام میدهند، مشخص کنید. مقادیر را تا حدود ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۲ میلی متر) ثبت کنید.

A1-4-2-3 میانگین قطر بالایی و پایینی و ارتفاع را محاسبه کنید.

A1-4-2-4 حجم قالب را تا حدود ۰/۰۰۱ فوت مکعب (یک سانتیمتر مکعب) به توسط معادله A1a (در سیستم اینچ - پوند) یا A1b (در سیستم SI) محاسبه و ثبت کنید.

$$V = (\pi) (h) (Dt + Db)^2 / (16) (1728) \quad (A1a)$$

$$V = (\pi) (h) (Dt + Db)^2 / (16) (1000) \quad (A1b)$$

که در آن:

V = حجم قالب، فوت مکعب (سانتیمتر مکعب)،

h = میانگین ارتفاع، اینچ (میلی متر)،

Dt = میانگین قطر بالایی، اینچ (میلی متر)،

Db = میانگین قطر پایینی، اینچ (میلی متر)،

1/1728 = مقدار ثابت برای تبدیل اینچ مکعب به فوت مکعب، و

1/1000 = مقدار ثابت برای تبدیل میلی متر مکعب به سانتیمتر مکعب

A1-5 مقایسه نتایج

A1-5-1 حجم حاصله از هر یک از روشها بایستی در حدود ملزومات بندهای 1-6-1 و 2-6-1 باشد.

A1-5-2 اختلاف بین روشها بایستی بیش از ۰/۵٪ حجم اسی قالب باشد

A1-5-3 اگر این معیارها با هم تلافی نکردند تعیین حجم را تکرار کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

A1-5-4 خطا در حصول توافقی مطلوب بین این دو روش، حتی بعد از چندین آزمایش، معرف آن است که قالب از شکل طبیعی خارج شده است و بایستی تعویض شود.

A1-5-5 حجم تعیین شده از طریق روش با آبر کردن به عنوان مقدار حجمی مقرر برای محاسبه دانسیته مرطوب و خشک کار ببرید. (بند ۱۱-۴ را ملاحظه فرمایید.)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: D 1586 - 84

روش استاندارد آزمایش برای آزمایش نفوذ و نمونه‌گیری از خاک‌ها با لوله شکافدار
(نمونه‌گیر دو کفه‌ای)

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش طرز پیشروی نمونه‌گیر لوله‌ای دو کفه‌ای، برای بدست آوردن نمونه خاک معرف و اندازه‌گیری مقاومت خاک در مقابل نفوذ نمونه‌گیر، را شرح می‌دهد و بطور کلی بعنوان آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) شناخته شده است.

۱-۲- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند، در مسئولیت استفاده‌کننده از این استاندارد است تا دستورالعمل‌های تندرستی و ایمنی مناسب را تهیه نماید و قبل از استفاده قابلیت اجرایی محدودیت‌های تعدیلی را مشخص نماید. برای توضیح احتیاط ویژه بند ۵-۴ را نگاه کنید.

۱-۳- مقادیر بیان شده بر حسب واحدهای اینج - بوند بعنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شود.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D 2487 روش آزمایش برای طبقه‌بندی خاکها جهت مقاصد مهندسی

D 2488 دستورالعمل تشریح و شناسایی خاکها (روش نظری - دستی)

D 2220 دستورالعمل نگاهداری و حمل نمونه‌های خاک

D 4632 روش آزمایش برای اندازه‌گیری انرژی موج تنش مربوط به سیستم‌های آزمایش نفوذپذیری دینامیکی

۳- اصطلاحات

۳-۱- توصیف اصطلاحات ویژه در این استاندارد:

۳-۱-۱- سندان - آن قسمت از مجموعه وزنه کوب که با چکش برخورد می‌نماید و بوسیله آن انرژی چکش به میله‌های حفاری انتقال می‌یابد.

۳-۱-۲- لنگرگیر (قرقره) ^(۱) - چرخ یا استوانه گردان، در سیستم بالابری، قرقره - طناب که متصدی دور تا دور آنرا طنابی می‌پیچد. تا با سفت و شل کردن طناب اطراف استوانه، چکش را بالا برده و پائین اندازد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳-۱-۳ - میل‌های حفاری - میل‌ها در هنگام حفاری گمانه جهت انتقال نیرو و پیچش به مت‌ه حفاری استفاده می‌شوند.

۳-۱-۴ - مجموعه وزنه کوب - وسیله‌ای شامل چکش، میل‌هدایت چکش، ستان و هر نوع سیستم سقوط چکش.

۳-۱-۵ - چکش - آن قسمت از مجموعه وزنه کوب که شامل وزنه ضربه زن 2 ± 140 پوند ($1 \pm 63/5$ کیلوگرم) می‌باشد که پی در پی بالا برده و پائین انداخته می‌شود تا انرژی انجام نمونه‌گیری و نفوذ را فراهم آورد.

۳-۱-۶ - سیستم سقوط چکش - آن قسمت از مجموعه وزنه کوب که متصدی بوسیله آن بالا رفتن و پائین افتادن چکش را انجام می‌دهد تا ضربه ایجاد شود.

۳-۱-۷ - میل‌هدایت سقوط چکش - آن قسمت از مجموعه وزنه کوب که در هدایت سقوط چکش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳-۱-۸ - مقدار N - شمارش ضربه، معرف مقاومت خاک در مقابل نفوذ - مقدار N بر حسب ضربه‌ها در فوت گزارش می‌شود و برابر با مجموع تعداد ضربه‌های مورد نیاز می‌باشد تا نمونه‌گیر را در عمق مربوطه در فاصله ۶ تا ۱۸ اینچ (۱۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر) فرو برد.

۳-۱-۹ - ΔN - تعداد ضربه‌های بدست آمده در فواصل هر ۶ اینچ (۱۵۰ میلی‌متر) نفوذ نمونه‌گیر می‌باشد (بند ۷-۳ را نگاه کنید)

۳-۱-۱۰ - تعداد دورهای طناب - زاویه تماس کل بین طناب و فرقه در شروع کم شدن طناب متصدی تا سقوط چکش، تقسیم بر 36° (شکل ۱ را نگاه کنید).

۳-۱-۱۱ - میل‌های نمونه‌گیری - میل‌هایی که مجموعه وزنه کوب را به نمونه‌گیر وصل می‌کنند. میل‌های حفاری اغلب برای این منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۱-۱۲ - SPT - اختصار برای آزمایش نفوذ استاندارد، اصطلاحی که با آن معمولاً مهندسين به این روش مراجعه می‌نمایند.

۴ - اهمیت و کاربرد

۲۱

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۱- این روش آزمایش نمونه‌ای را، بمنظور شناسایی و آزمایشهای آزمایشگاهی مناسب مربوط به خاک فراهم نموده و نمونه‌ای مناسب را که ممکن است در اثر نمونه‌گیری تغییر شکل برش زیاد دستخوردگی در آن موجب گردد، را فراهم می‌آورد.

۴-۲- این روش آزمایش بطور گسترده‌ای در پروژه‌های اکتشافی ژئوتکنیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. رابطه‌های محلی زیادی و رابطه‌های انتشار یافته و وسیعی که شمارش ضربه SPT یا مقدار N و رفتار مهندسی کارهای خاکی و پی‌ها را مرتبط می‌سازد، موجود می‌باشند.

۵- دستگاهها

۵-۱- تجهیزات حفاری - هر نوع وسیله حفاری، که در زمان نمونه‌گیری حفیره غیر ریزشی تمیز مناسبی را قبل از جای‌گیری نمونه گیر فراهم آورد و انجام آزمایش نفوذ را روی خاک دست‌نخورده تضمین نماید قابل قبول می‌باشد. قطعات تجهیزات بشرح زیر، برای حفاری گمانه در بعضی از شرایط زیر سطح مناسب می‌باشند.

۵-۱-۱- مته‌های لاروب، خردکننده و چرخنده^(۲) - با قطر کمتر از ۶/۵ اینچ (۱۶۲ میلی‌متر) و بیشتر از ۲/۲ اینچ (۵۶ میلی‌متر) در ارتباط با روش‌های حفاری دورانی حفیره غیر ریزشی یا حفاری بالوله پیش‌رو می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. بمنظور پرهیز از دستخوردگی خاک زیرین، مته‌های با تخلیه پائینی مجاز نیست، فقط مته‌های تخلیه کناری مجاز می‌باشند.

۵-۱-۲- مته‌های مخروط - غلطک^(۳) - با قطر کمتر از ۶/۵ اینچ (۱۶۲ میلی‌متر) و بیشتر از ۲/۲ اینچ (۵۶ میلی‌متر) در ارتباط با روش‌های حفاری دورانی حفیره غیر ریزشی یا حفاری بالوله پیش‌رو هرگاه تخلیه مابعد حفاری مایل باشد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

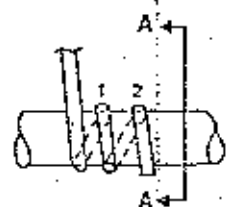
۵-۱-۳- مته‌های پرده‌دار ممتد تنه توخالی^(۴) - یا مجموعه با بدون مجموعه تیغه مرکزی ممکن است در حفاری گمانه مورد استفاده قرار گیرد. قطر داخلی مته‌های تنه توخالی باید کمتر از ۶/۵ اینچ (۱۶۲ میلی‌متر) و بزرگتر از ۲/۲ اینچ (۵۶ میلی‌متر) باشد.

2 - drag, chopping and Fishtail Bits

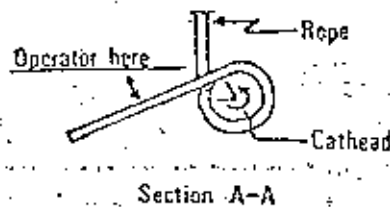
3 - Roller - Con Bits

4 - Hollow - Stem Continuous Flight Augers

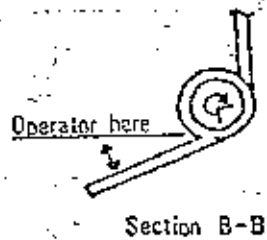
دفتر پژوهش و تحقیقات علمی



(a) counterclockwise rotation
approximately 13 1/4 turns



(b) clockwise rotation
approximately 2 1/4 turns



Section B-B'

شکل ۱ - توصیف تعداد دور طناب و زاویه برای چرخش (a) در جهت عقربه‌های ساعت و (b) در جهت عقربه‌های ساعت

۱ - ۴ - ۵ - متدهای دستی و سطلی، پرده‌دار مستد، یک پارچه (۵) - با قطر کمتر از ۶/۵ اینچ (۱۶۲ میلی‌متر) و بزرگتر از ۲/۲ اینچ (۵۶ میلی‌متر)، با اگر در اثنای نمونه‌گیری خاک در اطراف گمانه روی نمونه‌گیری یا میله‌های نمونه‌گیری فرو نریزد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲ - ۵ - میله‌های نمونه‌گیری - میله‌های حفاری فولادی با درز جت آب باید مورد استفاده قرار گیرد تا نمونه‌گیر دوکفه‌ای به مجموعه وزنه کوب وصل نماید. میله نمونه‌گیری باید سختی (ممان اینرسی) مساوی یا بیشتر از میله دیوار موازی A باشد (میله‌ای فولادی که قطر خارجی ۱ ۵/۸ اینچ (۴۱/۲ میلی‌متر) و قطر

5 - Solid , Continuous Flight , Bucket and Hand Augers

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

داخلی ۱ (۲۸/۵ میلی متر) دارد.

توجه ۱ - پژوهش اخیر و آزمایش مقایسه‌ای نشان می‌دهد که میله نمونه مورد استفاده با سختی حدود تغییرات از میله اندازه «A» با میله اندازه «N» تا اعماق حداقل ۱۰۰ فوت (۳۰ متر) معمولاً اثر جزئی بر مقادیر N دارد.

۵-۳- نمونه گیر دوکفه‌ای (۴) - نمونه گیر باید با ابعاد نشان داده شده در شکل ۲ ساخته شود. پاشته پیشرو (۷) باید از فولاد سخت باشد و هنگامیکه داندانه‌دار یا از شکل طبیعی خارج می‌شود باید تعمیر یا جایگزین شود. استفاده از مهره‌ها در ایجاد فطر داخلی ثابت $\frac{3}{8}$ اینچ (۳۵ میلی متر) مجاز می‌باشد، اما اگر مورد استفاده قرار گیرد باید در گزارش نفوذ ذکر شود. استفاده از سبد نگهداری نمونه مجاز است، اما اگر مورد استفاده قرار گیرد باید در گزارش نفوذ ذکر شود.

توجه ۲ - وقتی که مهره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد هم تئوری و هم اطلاعات آزمایش نشان می‌دهد که مقدار N ممکن است بین ۱۰ تا ۳۰ درصد افزایش یابد.

۵-۴- مجموعه وزنه کوب :

۵-۴-۱- چکش و سندان - چکش باید دارای 2 ± 140 پوند ($1 \pm 63/5$ کیلوگرم) وزن و توده فلزی صلب توپر باشد. چکش باید به سندان برخورد نماید و هنگامیکه رها می‌شود فولاد یا فولاد تماس حاصل نماید. یک میله هدایت سقوط چکش برای مسیر ساختن سقوط آزاد باید مورد استفاده قرار گیرد. چکش‌های مورد استفاده با روش قرفه و طناب باید حداقل ۲ اینچ (۱۰۰ میلی متر) ظرفیت فوق بالابری بدون مانعی دارا باشد. بدلائلی ایمنی، استفاده از یک مجموعه چکش با یک سندان درونی تشویق می‌شود.

توجه ۳ - پیشنهاد می‌شود که میله هدایت سقوط چکش علامت گذاری دائمی شود تا متصدی یا بازرس را قادر به قضاوت ارتفاع سقوط چکش بنماید.

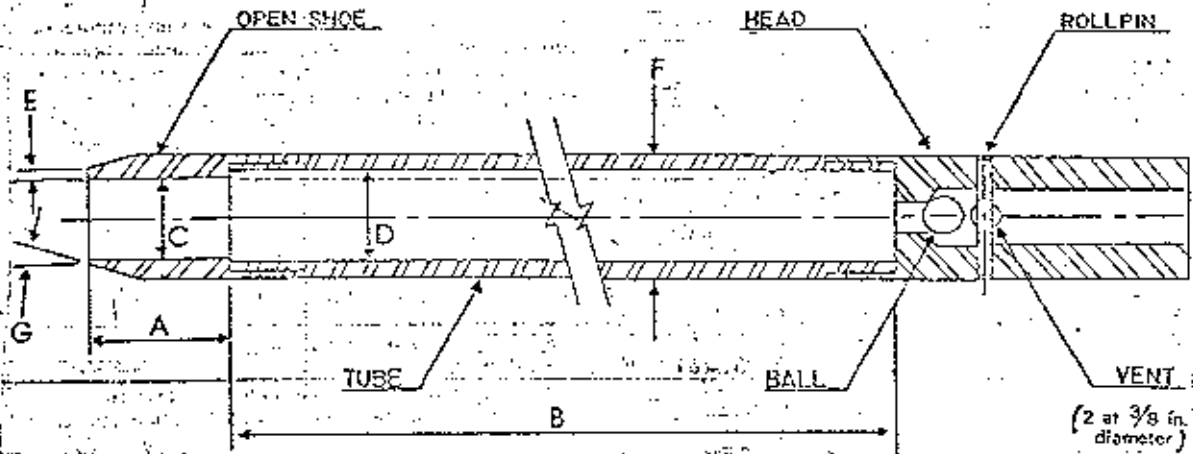
۵-۴-۲- سیستم سقوط چکش - سیستم‌های سقوط چکش اتوماتیک و تیمه اتوماتیک، لغزشی، قرفه طنابی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر اینکه دستگاه بالابر هنگام دوتاره یکا را نداشتن و بلند کردن چکش باعث نفوذ نمونه گینگردد.

۵-۵- تجهیزات فرعی - لوازمی مانند برچسب‌ها، ظروف نمونه، ورقه‌های اطلاعات و وسایل اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی مطابق با مقررات پروژه و سایر استانداردهای ASTM باید تهیه شود.

6 - Split - Barrel Sampler 7 - Driving Shoe

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

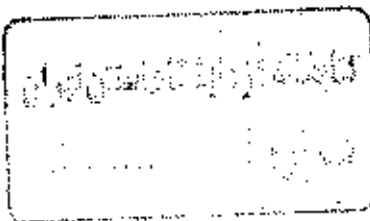
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



- A = 1.0 to 2.0 in. (25 to 50 mm)
- B = 18.0 to 30.0 in. (0.457 to 0.762 m)
- C = 1.375 ± 0.005 in. (34.93 \pm 0.13 mm)
- D = $1.50 \pm 0.05 - 0.00$ in. (38.1 \pm 1.3 - 0.0 mm)
- E = 0.10 ± 0.03 in. (2.54 \pm 0.25 mm)
- F = $2.00 \pm 0.05 - 0.00$ in. (50.8 \pm 1.3 - 0.0 mm)
- G = 15.0° to 23.0°

The 1 1/2 in. (38 mm) inside diameter split barrel may be used with a 16-gauge wall thickness split liner.

The penetrating end of the drive shoe may be slightly rounded. Metal or plastic retainers may be used to retain soil samples.



شکل ۲ - نمونه گیر دوکفه‌ای

۶- روش حفاری

- ۶-۱- گمانه‌زنی باید طوری پیش رود تا نمونه‌گیری متناوب یا ممتد را ممکن سازد. نقاط و فواصل آزمایش معمولاً توسط مهندسین پروژه با زمین‌شناس قید می‌گردد. بطور تفرقه، فواصل انتخاب شده در لایه‌های همگن جهت آزمایش ۵ فوت (۱/۵ متر) یا کمتر و مکان‌های نمونه‌گیری در هر تغییر لایه می‌باشد.
- ۶-۲- هر روش حفاری که حفره پایدار و تمیز مناسبی را قبل از دخول نمونه‌گیر فراهم آورد و مطمئن سازد که آزمایش نشود واقعاً روی خاک دست‌نخورده انجام می‌شود قابل قبول می‌باشد. ثابت شده است هر یک از روش‌های زیر برای بعضی از شرایط زیر سطح قابل قبول می‌باشد. هنگام انتخاب روش مورد استفاده حفاری شرایط پیش‌بینی شده زیر سطح باید مورد توجه قرار گیرد.
- ۶-۲-۱- روش حفاری دورانی حفره غیرریزشی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶-۲-۲- روش آگر تته تو خالی پره دار ممتد

۶-۲-۳- روش گمانه زنی شستشویی

۶-۲-۴- روش مته توپر پره دار ممتد

۶-۳- بعضی از روش های حفاری، گمانه های غیر قابل قبلی را موجب می گردند. روند بیرون ریختن با فشار از وسط نمونه گیر لوله ای باز و سپس نمونه گرفتن هنگامیکه به عمق مورد نظر رسیده شود مجاز نمی باشد. روش آگر توپر پره ای ممتد، برای گمانه زنی زیر سطح آب یا زیر بستر محدود کننده فوقانی در لایه غیر چسبنده محدود شده ای که تحت فشار آرتیزین می باشد، نباید مورد استفاده قرار گیرد. قبل از نمونه گیری لوله نمی تواند زیر سطح نمونه گیری پیش برده شود. گمانه زنی یا مته های تخلیه پائینی مجاز نمی باشد. برای پیشروی گمانه جهت فقط نمونه گیری با الحاق نمونه گیر قبلی با نمونه گیر SPT، مجاز نمی باشد.

۶-۴- در تمام مدت حفاری، برداشت میله های حفاری و نمونه گیری، سطح مایع حفاری داخل گمانه یا اگرهای تته تو خالی باید نزدیک یا بالای سطح آب زیرزمینی در محل تگه داشته شود.

۷- نمونه گیری و روش آزمایش

۷-۱- بعد از اینکه گمانه زنی به سطح نمونه گیری مورد نظر رسید و تراشه های اضافی برداشته شد، با ترتیب عملیات زیر برای آزمایش آماده نمائید:

۷-۱-۱- نمونه گیر دوکفه ای را به میله های نمونه گیری وصل نمائید و بداخل گمانه پائین ببرید. نگذارید نمونه گیر روی خاک مورد نمونه گیری بیفتد.

۷-۱-۲- چکش را در بالا قرار دهید و سندان را به سر میله های نمونه گیری وصل نمائید. این عمل می تواند، قبل از اینکه میله های نمونه گیری و نمونه گیر بداخل گمانه پائین رونده، انجام شود.

۷-۱-۳- وزن مرده نمونه گیر، میله ها، سندان و وزنه کوب را روی تگه گمانه قرار دهید و ضربه ای نشاننده اعمال نمائید. اگر تراشه های اضافی در تگه گمانه موجود است، نمونه گیر و لوله های نمونه گیری را از گمانه بیرون آورید و تراشه ها را بیرون بیاورید.

۷-۱-۴- میله های حفاری را در سه افزایش متوالی ۶ اینچی (۱۵/۰ متر) افزایش علامت گذاری نمائید بطوریکه جنو رفتن نمونه گیر در اثر ضربه چکش برای هر ۶ اینچ (۱۵/۰ متر) افزایش به آسانی قابل مشاهده باشد.

۷-۲- نمونه گیر را با ضربه های چکش ۱۴۰ پوندی (۶۳/۵ کیلوگرم) بکوبید و تعداد ضربه های اعمال شده در هر افزایش ۶ اینچ (۱۵/۰ متر) را شمارش نمائید تا اینکه یکی از موارد زیر اتفاق بیفتد:

۷-۲-۱- جمعاً ۵۰ ضربه در طول هر یک از سه افزایش ۶ اینچ (۱۵/۰ متر) تشریح شده در بند ۷-۱-۴

دقت پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اعمال شده باشد.

۷-۲-۲- جمعاً ۱۰۰ ضربه اعمال شده باشد.

۷-۲-۳- در اثنای اعمال ۱۰ ضربه متوالی چکش هیچ پیش روی قابل رؤیت نباشد.

۷-۲-۴- نمونه گیر ۱۸ اینچ (۴۵/۰ متر) کامل پیش برده می شود بدون محدود کردن رویداد شمارش ضربات مانند آنچه در بندهای ۷-۲-۱ و ۷-۲-۲ و ۷-۲-۳ شرح داده شده است.

۷-۳- تعداد ضربات مورد نیاز در انجام نفوذ ۶ اینچ (۱۵/۰ متر) یا کسری از آن را یادداشت نمائید. کوبیدن ۶

اینچ نخستین بعنوان نشاننده پیشرو محسوب می گردد. مجموع تعداد ضربات مورد نیاز برای دومین و سومین ۶

اینچ نفوذ، مقاومت نفوذ استاندارد یا مقدار لازم نامیده می شود. اگر نمونه گیر همانطوریکه در بندهای ۷-۲-۱،

۷-۲-۲ یا ۷-۲-۳ مجاز گردیده است، کمتر از ۱۸ اینچ (۴۵/۰ متر) نفوذ کند، تعداد ضربات در هر افزایش ۶

اینچ کامل و در هر افزایش جزئی باید در گزارش گمانه یادداشت شود. برای افزایش های جزئی، عمق نفوذ تا دقت

یک اینچ با اضافه تعداد ضربات باید یادداشت شود. اگر نمونه گیر در اثر وزن استاتیک میله های حفاری یا وزن

میله های حفاری بملاوه وزن استاتیک چکش به زیر ته گمانه فرو روده، این اطلاعات باید در گزارش گمانه

یادداشت شود.

۷-۴- بالا بردن و انداختن چکش ۱۴۰ پوندی (۶۳/۵ کیلوگرم) باید با استفاده یکی از دو روش زیر انجام

شود.

۷-۴-۱- با استفاده از سیستم سقوط چکش لغزنده اتوماتیک یا نیمه اتوماتیک که چکش ۱۴۰ پوندی

(۶۳/۵ کیلوگرم) را بلند کند و بگذارد تا 1 ± 30 اینچ (میلی متر $25 \pm 76/0$ متر) بدون مانع سقوط کند.

۷-۴-۲- کشیدن طنابی متصل به چکش با استفاده از قرقه و فنیکه روش طناب و قرقه مورد استفاده قرار

می گیرد، سیستم و عملیات باید مطابق زیر انجام شود:

۷-۴-۲-۱- قرقه باید اساساً عاری از زنگ زدگی، روغن و گریس باشد و دارای قطری در حدود ۶ تا ۱۰

اینچ (۱۵۰ تا ۲۵۰ میلی متر) باشد.

۷-۴-۲-۲- قرقه باید در یک حداقل سرعت دوران RPM ۱۰۰ کار کند، با سرعت تقریبی دوران باید

در جدول گزارش گمانه زنی گزارش شود.

۷-۴-۲-۳- همانطوریکه در شکل ۱ نشان داده شده است، در اثنای آزمایش نفوذ بیش از $\frac{1}{4}$ دور طناب

روی قرقه نمی تواند مورد استفاده قرار گیرد.

توجه ۴- متصدی معمولاً باید یا $\frac{3}{4}$ یا $1 \frac{1}{4}$ دور طناب مورد استفاده قرار دهد و بستگی به پایان یافتن یا

نیافتن طناب بالا ($\frac{3}{4}$ دور) دارد. بطور کلی دانسته و مورد قبول واقع شده که $\frac{3}{4}$ دور یا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بیشتر بطور قابل ملاحظه‌ای از ستون چکش جلوگیری می‌کند و نباید در انجام آزمایش مورد استفاده قرار گیرد. طناب فرقه باید در وضعیت نسبتاً خشک، تمیز و بدون سائیدگی نگهداری شود.

۷-۴-۲-۴ - برای هر ضربه چکش باید ۳۰ اینچ (۷۶/۰ متر) بالا بردن و پایین انداختن توسط متصلی اعمال گردد. عملیات کشیدن و انداختن طناب باید بطور موزون بدون در دست داشتن طناب در موقع اوج قدرت، اجرا شود.

۷-۵ - نمونه گیر را به سطح آورده و باز کنید. درصد بازیافت یا طول بازیافته نمونه را یادداشت نمایید. نمونه‌های خاک بازیافته را از نظر ترکیب، رنگ، چینه‌بندی، و وضعیت تشریح کنید. سپس یک یا بیشتر بخش‌های معرف نمونه را باون کوبیدن یا از شکل طبیعی انداختن هر چینه‌بندی ظاهری، داخل ظرف‌های (شیشه‌های همان گناب) رطوبت‌ناپذیر قابل درزگیری قرار دهید. هر ظرف را درزبندی نمایید تا از تبخیر رطوبت خاک جلوگیری شود. برچسب‌های دربردارنده عنوان کار، شماره گمانه، عمق نمونه و تعداد ضربه در هر افزایش ۶ اینچ (۱۵/۰ متر) به ظروف پیوست نمایید. نمونه‌ها را در مقابل تغییرات خیلی زیاد دما محافظت نمایید. اگر تغییراتی در خاک داخل نمونه گیر وجود دارد، برای هر لایه ظرفی فراهم آورید و محل آنرا در لوله نمونه گیر یادداشت نمایید.

۸- گزارش

۸-۱ - اطلاعات حفاری باید در محل یادداشت شود و باید شامل موارد زیر باشد:

۸-۱-۱ - نام و محل کار،

۸-۱-۲ - اسامی کارکنان،

۸-۱-۳ - نوع و ساخت ماشین حفاری،

۸-۱-۴ - شرایط آب و هوایی،

۸-۱-۵ - تاریخ و زمان شروع و پایان حفاری،

۸-۱-۶ - شماره گمانه و محل (جا و مختصات، اگر موجود و قابل اجراء باشد)،

۸-۱-۷ - ارتفاع سطح، در صورت موجود بودن،

۸-۱-۸ - روش پیشروی و نمیزکردن گمانه،

۸-۱-۹ - روش نگهداری گمانه غیربزشی،

۸-۱-۱۰ - عمق سطح آب و عمق حفاری در زمان کاشی قابل توجهی در مایع حفاری، و زمان و تاریخ

وقتی که فرائت یا یادداشت انجام می‌شود،

۸-۱-۱۱ - محل تغییرات لایه‌ها،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۸-۱-۱۲ - اندازه لوله، عمق بخش لوله گذاری شده گمانه،
 - ۸-۱-۱۳ - تجهیزات و روش پیشروی نمونه گیر،
 - ۸-۱-۱۴ - نوع نمونه گیر و طول و قطر داخلی لوله (استفاده از مهره‌ها را یادداشت ننماید)
 - ۸-۱-۱۵ - اندازه، نوع، و طول بخش میله‌های نمونه‌گیری، و
 - ۸-۱-۱۶ - ملاحظات
 - ۸-۲ - اطلاعات بدست آمده برای هر نمونه در محل باید یادداشت شود و باید شامل موارد زیر باشد:
 - ۸-۲-۱ - عمق نمونه و، اگر مورد استفاده قرار گرفته، شماره نمونه،
 - ۸-۲-۲ - تشریح خاک،
 - ۸-۲-۳ - تغییرات لایه‌ها در داخل نمونه،
 - ۸-۲-۴ - نفوذ نمونه‌گیر و طول‌های بازیافت، و
 - ۸-۲-۵ - تعداد ضربات در هر افزایش ۶ اینچ (۱۵/۰ متر) یا جزئی از ۶ اینچ.
- ### ۹- دقت و انحراف

۹-۱- دقت - تخمین معتبری از دقت آزمایش تعیین نشده است زیرا ترتیب دادن آزمایشهای داخلی آزمایشگاهی (محلی) خیلی گران است. کمیته فرعی ۲۰۰۲ D از پیشنهادات مربوط به تعمیم دقت معتبر استقبال می‌کند.

۹-۲- انحراف - نظر باینکه مصالح معرف برای این روش آزمایش وجود ندارد، نمی‌تواند هیچ اظهار انحرافی صورت پذیرد.

۹-۳ - هنگام استفاده از دستگاه آزمایش نفوذ و متدهای متفاوت برای گمانه‌های مجاور در همان تشکیلات خاک اختلافات ۱۰٪ یا بیشتر در مقادیر N مشاهده شده است. نظریه حاضر بر پایه تجربه محلی نشان می‌دهد که هنگام استفاده از همان دستگاه و متده در همان خاک مقادیر N ممکن است با ضریب تغییراتی در حدود ۱۰٪ تجدید شود.

۹-۴ - استفاده از ابزار معیوب، مانند سندان آسیب دیده یا بسیار سنگین، فرقه زنگ زده، فرقه با سرعت کم، طناب روغنی، کهنه، یا بافه‌های طناب روغنکاری شده بطور ناقص یا فشرده می‌تواند نسبت به اختلافات در مقادیر N بدست آمده بین سیستم‌های دستگاه حفاری عمل کننده سهیم باشد.

۹-۵ - اختلاف بوجود آمده در مقادیر N با دستگاههای حفاری و متصدی‌های مختلف، با اندازه گرفتن آن قسمت از انرژی چکش انتقال یافته به میله‌های حفاری از نمونه‌گیر و تطبیق کردن N بر پایه مقایسه انرژی‌ها، می‌تواند کاهش یابد. روشی برای اندازه‌گیری انرژی و تطبیق مقدار N در روش آزمایش ۴۶۲۳ D ارائه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شماره استند

۱۰ - لغات کاپسیدی

شمارش ضربه - آزمایش در محل - مقاومت نفوذ - نمونه گیری دوکفه ای - آزمایش نفوذ استاندارد

ASTM: D 1587-83

دستورالعمل استاندارد نمونه گیری خاکها با استفاده از لوله های جدار نازک

۱- هدف

۱-۱- این دستورالعمل شامل روشی برای استفاده از لوله جدار نازک در تهیه نمونه های نسبتاً دست نخورده خاک است. نمونه های بدست آمده برای آزمونهای آزمایشگاهی تعیین خصوصیات ساختمانی خاک مناسب هستند. لوله های جدار نازک که در نمونه گیرهای پیستونی، تویی، یا دورانی، مانند دنیسون یا پیت چرمورد استفاده فرار می گیرند، باید با بخشهایی از این دستورالعمل که لوله های جدار نازک را توضیح می دهد مطابقت داشته باشند. (بند ۵-۳)

توجه ۱- این دستورالعمل برای نمونه گیری که در آنها از جداره های داخلی استفاده می شود کاربرد ندارد.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D 2488 دستورالعمل تشریح و تعیین خصوصیات خاکها (روش دستی - بصری)

D 3550 دستورالعمل نمونه گیری از خاکها بوسیله مخزن با جدار حلقوی

D 4220 دستورالعمل های نگهداری و انتقال نمونه های خاک

۳- خلاصه دستورالعمل

۳-۱- با فشار دادن یک لوله فلزی جدار نازک به داخل خاک در محل و برداشتن لوله فلزی پر شده از خاک و موم اندود کردن دو انتهای لوله برای جلوگیری از دست خوردگی یا از دست رفتن رطوبت، یک نمونه نسبتاً دست نخورده تهیه می شود.

۴- اهمیت و موارد استفاده

۴-۱- این دستورالعمل یا دستورالعمل D 3350 هنگامی استفاده می شود که لازم باشد یک نمونه نسبتاً دست نخورده و مناسب برای آزمونهای آزمایشگاهی خصوصیات ساختمانی یا آزمایشهای دیگری که دست خوردگی خاک روی آنها تأثیر می گذارد تهیه شود.

۵- وسایل

۵-۱- تجهیزات حفاری، شامل هر وسیله حفاری است که بتواند یک گمانه تمیز ایجاد کند و خاک مورد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نمونه گیری را دست خورده نکند، و مانع نفوذ نمونه گیر جدار نازک نشود. قطر بازگمانه و قطر داخلی لوله جدار بندی یا مه تو خالی نباید از ۳/۵ برابر قطر خارجی لوله جدار نازک تجاوز کند:

۵-۲- وسایل فروبری نمونه گیر، باید قادر به ایجاد نیروی نفوذ پیوسته و نسبتاً سریع باشد. در مورد تشکیلات سخت ممکن است لازم شود نمونه گیر لوله ای جدار نازک را به خاک بکوبند، گرچه این کار پیشنهاد نمی شود.

۵-۳- لوله های جدار نازک، باید همان طور که در شکل (۱) آمده است ساخته شوند. قطر خارجی این لوله ها باید ۲ تا ۵ اینچ و جنس آنها از فلزی باشد که قدرت کافی برای استفاده در خاک و تشکیلات مورد نظر را داشته باشد. لوله ها باید تمیز و دارای سطحی صاف و بدون رگه های برجسته جوش باشد.

۵-۳-۱- طول لوله ها - به جدول ۱ و بند ۶-۴ مراجعه شود.

جدول ۱ - لوله های نمونه گیر فلزی جدار نازک مناسب (A)

قطر خارجی:		
۵	۳	۲
۱۲۷	۷۶/۲	۵۰/۸
ضخامت جدار:		
۱۱	۱۶	۱۸
گیج (Bwg)		
۰/۱۲۰	۰/۰۶۵	۰/۰۴۹
اینچ		
۳/۰۵	۱/۶۵	۱/۲۴
میلیمتر		
طول لوله:		
۵۴	۳۶	۳۶
اینچ		
۱/۴۵	۰/۹۱	۰/۹۱
میلیمتر		
۱	۱	۱
نسبت فاصله مجاز: %		

A - سه قطر توصیه شده در جدول برای استاندارد کردن است، و بدین منظور است که لوله های نمونه گیر با قطر متوسط یا بزرگتر قابل قبول نیستند. طول لوله ها با توجه به شرایط محلی تعیین می شود.

شرکت سنجشی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۳-۲- رواداری ها، باید در محدوده ذکر شده در جدول ۲ باشد.
جدول ۲- رواداری ابعاد لوله های جدار نازک

رواداری قطراسمی لوله از جدول ۱ (A)

اندازه قطر خارجی	۲	۳	۵
قطر خارجی	+ ۰/۰۰۷	+ ۰/۰۱۰	+ ۰/۰۱۵
	- ۰/۰۰۰	- ۰/۰۰۰	- ۰/۰۰۰
قطر داخلی	+ ۰/۰۰۰	+ ۰/۰۰۰	+ ۰/۰۰۰
	- ۰/۰۰۷	- ۰/۰۱۰	- ۰/۰۱۵
ضخامت جدار	± ۰/۰۰۷	± ۰/۰۱۰	± ۰/۰۱۵
انحناء	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰	۰/۰۳۰
راستی	۰/۰۳۰ بر فوت	۰/۰۳۰ بر فوت	۰/۰۳۰ بر فوت

(A) قطرهای متوسط یا بزرگتر باید متناسب باشند. روادارهای نشان داده شده اساساً روادارهای تجارنی استاندارد برای لوله های مکانیکی فولادی می درز می باشند. فقط دو تا از سه رواداری اولیه را مشخص کنید، یعنی OD و ID یا OD و جدار یا ID و جدار.

۵-۳-۳- نسبت فاصله مجاز داخلی، باید ۱/۱ یا آنچه باشد که مهندس یا زمین شناس در مورد خاک و تشکلات مورد نمونه گیری مشخص می کند. به طور کلی با افزایش خاصیت خمیری خاک مورد نمونه گیری نسبت فاصله مجاز داخلی افزایش می یابد. در شکل (۱) نسبت فاصله مجاز داخلی تعریف شده است.

$$\text{نسبت فاصله مجاز داخلی} = \frac{D_i - D_e}{D_e}$$

D_e = قطر داخلی پیشروی لوله نمونه گیر

D_i = قطر داخلی لوله نمونه گیر

۵-۳-۴- حفاظت از خوردگی - خوردگی ناشی از پیل الکتریکی با واکنش شیمیایی به لوله جدار نازک و نمونه صدمه می زند. شدت خسارت تابعی از زمان و اندرکنش نمونه و لوله است. لوله های جدار نازک باید با پوشش محافظ پوشیده شوند. لوله هایی که نمونه ها بیش از ۷۲ ساعت در آن باقی می مانند، باید پوشش دار باشند. نوع پوشش به مصالح مورد نمونه گیری بستگی دارد. این پوشش ممکن است یک لایه نازک روغن، لاک، اپوکسی، تفلون و غیره باشد. اگر نمونه ها بیش از ۷۲ ساعت اتیار شوند، نوع پوشش باید به وسیله مهندس یا زمین شناس مشخص شود. همچنین مهندس یا زمین شناس باید نوع فلز لوله و روکش لوله ها را تعیین

شرکت سنجشی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کند.

۵-۴- سر نمونه گیر، برای اتصال لوله جدار نازک به وسیله فروبری به کار می رود، و همراه با لوله جدار نازک، نمونه گیر لوله جدار نازک را تشکیل می دهد. سر نمونه گیر باید مجهز به شیر بازبینی مناسب بوده و سطح تهریه به خارج، مساوی سطح درون شیر بازبینی یا از آن بزرگتر باشد. اتصال سر نمونه گیر به لوله باید متمرکز و هم محور باشد تا بتوان از یکنواختی نیروی وارده به لوله از طریق وسیله فروبری مطمئن شد.

۶- روش کسار

۶-۱- گمانه را تا عمق نمونه گیری با روشی که مصالح مورد نمونه گیری دست خورده نشوند، تمیز کنید. اگر به آب زیرزمینی برخورد کردید، سطح مایع در گمانه را باید بالا یا در حد سطح آب زیرزمینی نگهداشت.

۶-۲- استفاده از سر مته هایی از نوع تخلیه انتهایی مجاز نیست. با احتیاط می توان از سر مته های تخلیه جانبی استفاده کرد. برای تمیز کردن گمانه در نمونه گیری نباید از جت آب از طریق نمونه گیر لوله ای استفاده کرد. در حین نمونه گیری، برای جلوگیری از دست خوردگی مصالح باید مواد شل را از مرکز غلاف یا میله توخالی مته با احتیاط خارج کرد.

توجه ۲- سر مته های غلتک دار به شکلهای فواره ای به طرف پایین و فواره ای بخش شونده وجود دارد. سر مته های از نوع فواره ای به طرف پایین غیر قابل قبول، اما مته هایی از نوع بخش شونده قابل قبول هستند.

۶-۳- لوله نمونه را داخل چاه کرده به طوری که ته آن به ته گمانه مستقر شود، نمونه گیر را با حرکت سریع و پیوسته بدون چرخاندن به جلو برانید.

۶-۴- طول پیشروی را از روی مقاومت و وضعیت تشکیلات معین کنید، این طول نباید از ۵ تا ۱۰ برابر اندازه قطر لوله در ماسه ها و ۱۰ تا ۱۵ برابر قطر لوله در رس ها بیشتر باشد.

توجه ۳- به طور کلی وزن نمونه، قابلیت جابجایی آزمایشگاهی، وسایل حمل و نقل و در دسترس بودن تجاری لوله ها، حداکثر طول عملی را که در جدول یک آمده محدود می کند.

۶-۵- اگر تشکیلات نمونه گیری به حدس سخت باشد که فروبری سریع نمونه گیر ممکن نباشد، می توان لوله را کوبید و یا از دستورالعمل D ۳۵۵۰ استفاده کرد. از روشهای دیگری هم که مهندس یا زمین شناس توصیه می کنند می توان استفاده کرد. اگر از روش کوبیدن استفاده می شود، وزنه و طول سقوط چکش و میزان نفوذ را باید در گزارش ذکر کرد. علاوه بر این، باید روی لوله برجسی به عنوان "نمونه کوبیده شده" چسباند.

۶-۶- تحت هیچ عنوان نباید طول پیشروی از طول لوله نمونه منتهای فاصله مجاز برای سر نمونه گیر و حداقل ۳ اینچ برای کنده برنده، بزرگتر باشد.

توجه ۴- بعد از آنکه فشار دادن در خاک به پایان رسید، می توان برای بردن انتهای نمونه لوله را چرخاند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶-۷- نمونه گیر را با دقت به نحوی از خاک جدا کنید که دست خوردگی نمونه حداقل شود.

۷- آماده سازی برای انتقال

۷-۱- پس از خارج کردن لوله، طول نمونه داخل آن را اندازه بگیرید. مصالح دست خورده انتهای بالایی لوله را خارج کنید و دوباره طول نمونه را اندازه بگیرید. انتهای بالایی لوله را موم اندود کنید. حداقل به اندازه یک اینچ از مصالح انتهای پایینی لوله را خارج کنید. این مصالح را برای تشریح نظری خاک طبق دستورالعمل D ۲۴۸۸ مورد استفاده قرار دهید. طول کلی نمونه را اندازه بگیرید. انتهای پایینی لوله را موم اندود کنید. روش دیگر این است که پس از اندازه گیری لوله را می توان بدون خارج کردن خاک از دو انتهای آن موم اندود کرد. این عمل طبق دستورالعمل و تحت نظارت مهندس یا زمین شناس امکان پذیر است.

توجه ۵- خارج کردن نمونه از لوله و بسته بندی آن در محل طبق دستور مخصوص مهندس ژئوتکنیک یا زمین شناس مجاز است.

توجه ۶- در لوله های حاوی نمونه که دو انتهای آنها موم اندود شده است. برخلاف نمونه هایی که در بسته های معمولی هستند باید برای جلوگیری از زهکشی یا حرکت نمونه در داخل لوله، دو طرف لوله را لغاف گذاری کرد.

۷-۲- بلافاصله نمونه را برچسب بزنید و مشخصات آن را بر روی آن ذکر کنید تا موقع انتقال و ابار کردن نکات لازم رعایت شود.

۸- گزارش

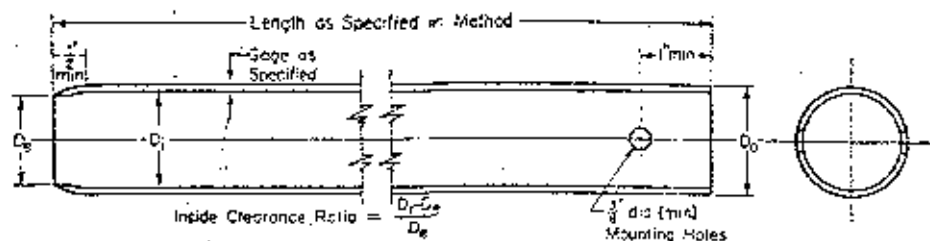
۸-۱- اطلاعات مناسب و لازم به شرح زیر است:

- | | |
|---------|--|
| ۸-۱-۱- | نام و محل پروژه، |
| ۸-۱-۲- | تعداد گمانه ها و محل دقیق آن در پروژه، |
| ۸-۱-۳- | ارتفاع محل یا رجوع به اطلاعات، |
| ۸-۱-۴- | تاریخ و زمان حفاری - شروع و پایان، |
| ۸-۱-۵- | عمق تا بالای نمونه و تعداد نمونه، |
| ۸-۱-۶- | تشریح نمونه گیر: اندازه، نوع فلز و نوع پوشش، |
| ۸-۱-۷- | روش گذاردن نمونه گیر - فشار دادن یا کوبیدن، |
| ۸-۱-۸- | روش حفاری، اندازه گمانه، غلاف و مایع حفاری مورد استفاده، |
| ۸-۱-۹- | عمق تا سطح آب زیرزمینی، تاریخ و زمان اندازه گیری، |
| ۸-۱-۱۰- | هرگونه تأثیر موج یا جریان آب بر سطح آب زیرزمینی، |
| ۸-۱-۱۱- | تشریح خاک طبق دستورالعمل D ۲۴۸۸، |

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۸-۱-۱۲ - طول پیشروی نمونه گیر، و
 ۸-۱-۱۳ - بازیافتی: طول نمونه به دست آمده.
 ۹- دقت و انحراف

۹-۱ - این دستورالعمل داده‌های عددی را بدست نمی‌دهد، لذا بیان دقت و انحراف برای آن وجود ندارد.



- توجه ۱ - حداقل ۲ سوراخ بر روی دو طرف برای نمونه گیر ۲ تا $3\frac{1}{4}$ اینچی.
 توجه ۲ - حداقل ۴ سوراخ به فاصله ۹۰ درجه برای نمونه گیر ۴ اینچی و بزرگتر.
 توجه ۳ - لوله با پیچهایی محکم نگهداشته شده است.
 توجه ۴ - لوله های به قطر خارجی ۲ اینچ یا ضخامت دیواره ۱۸ گیچی مشخص شده است تا معیار نسبت مساحت پذیرفته شده برای نمونه های دست نخورده رعایت شود - این نوع لوله گرانتیست است - لوله های ۱۶ گیچی فراوان هستند.

معادل سیستم متریک

اینچ	میلیمتر
۰/۳۷۵	۶/۷۷
۰/۵	۱۲/۷
۱	۲۵/۴
۲	۵۰/۸
۳/۵	۸۸/۹
۴	۱۰۱/۶

شکل ۱ - مشخصات لوله جدار نازک برای نمونه گیری

ASTM : D ۱۸۸۸ - ۷۸

روشهای استاندارد برای تعیین ذرات معلق، مواد محلول، جامد و یا نامحلول در آب

۱- هدف

این روشها برای تعیین ذرات معلق، مواد محلول و کل مواد به کار می‌روند که گاهی اوقات به آنها مواد معلق، محلول و جامد موجود در آب نیز می‌گویند. برای تعیین کل مواد دو روش به شرح زیر موجود است: روش A - ذرات معلق و مواد محلول در آب که غلظت کل مواد موجود در آنها بیش از ۲۵ PPM است. روش B - ذرات معلق و مواد محلول در آب که غلظت کل مواد موجود در آنها کمتر از ۲۵ PPM است (تبخیر اتوماتیک).

۲- ۱- این روشها در واقع برای تعیین (۱) ترکیباتی از آب است که با صاف کردن جدا می‌شوند و (۲) مواد باقیمانده تبخیر حاصل از خشک شدن نمونه‌های صاف شده و صاف نشده به کار می‌روند. البته مواد تشکیل دهنده آب را همیشه مطابق آنچه تعریف شده، اندازه‌گیری نمی‌کنند. جداسازی ذرات معلق بوسیله صاف کردن نیاز به تعریف دقیق نوع صاف کردن دارد زیرا بعضی از مواد مانند بعضی از کلوئیدها به هیچوجه محلول نیستند و با صافی مورد استفاده، جدا نمی‌شوند و همچنین ترکیبات باقیمانده تبخیر با توجه به مواد معلق و مواد محلول موجود در آب متفاوت هستند.

۳- ۱- وقتی که مواد معلق به طور جداگانه اندازه‌گیری می‌شوند (نمونه صاف می‌شود و باقیمانده آن به طور کمی اندازه‌گیری می‌شود) استفاده از یک صافی غشایی که تمامی ذرات با اندازه بزرگتر از ۰/۴۵ میکرومتر را جدا می‌کند و یا استفاده از الیاف آزیست در یک قوچ امکان پذیر است. اگرچه هنگام گزارش، نتایج استفاده از غشای صافی باید در نظر گرفته شود. در مواقعی که تمامی ذرات شناور در نمونه و یا ذرات بزرگ و متراکم شده که بوسیله تکان دادن شدید هم در نمونه به طور یکنواخت معلق نمی‌شوند، نیازی به منظور کردن آنها به عنوان اجزای تشکیل دهنده آب در آزمایش نیست.

۴- ۱- این روشها شامل مراحل اندازه‌گیری مواد فرار در باقیمانده خشک حاصل از صاف کردن و تبخیر است. این روشها برای تعیین اجزای تشکیل دهنده آب (۱) که در نقطه جوش فرار هستند و (۲) برای "مواد روغنی" که با حلالهای آلی قابل استخراج هستند و یا در دمای خشک کردن باقیمانده حاصل از صاف کردن، فرار هستند، مناسب نیست. برای اندازه‌گیری مورد اخیر از روش ASTM - D 2778، استخراج مواد آلی از آب استفاده می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲- تعاریف

۱- ۲- در این روشها، واژه‌های مواد معلق، مواد محلول، کل مواد و غیره برای تعیین اجزای تشکیل دهنده آب براساس ASTM - D 1129 (واژه‌های مربوط به آب) به شرح زیر تعریف شده است:

۱- ۱- ۲- مواد معلق - این مواد گازهایی هستند در حالت غیر مایع که در آب پخش می‌شوند و یک مخلوط ناهمگن را تشکیل می‌دهند.

۲- ۱- ۲- مواد محلول - این مواد گازهایی هستند که در آب پخش می‌شوند و یک مایع همگن تک‌فاز را تشکیل می‌دهند.

۳- ۱- ۲- کل مواد - مجموع مواد معلق و مواد محلول را می‌گویند.

۴- ۱- ۲- مواد فرار - این مواد در شرایط آزمایش از حالت جامد یا مایع به حالت گاز تبدیل می‌شوند.

۵- ۱- ۲- مواد ثابت - موادی هستند که پس از سوزاندن مواد معلق یا مواد محلول و یا هر دو باقی می‌مانند.

۲- ۲- برای تعریف واژه‌های دیگری که در این روشها، استفاده می‌شود به تعاریف D 1129 مراجعه شود.

۳- مزاحمت‌ها

۱- ۳- بعضی از باقیمانده‌های تبخیر به سرعت رطوبت جذب می‌کنند و به همین دلیل وزن کردن سریع در این روش ضروری است. بعضی از باقیمانده‌ها که شامل موادی مانند کربنات آمونیم هستند در دمای پایین‌تر از 103°C (۲۱۷ درجه فارنهایت) تجزیه می‌شوند. و بعضی دیگر که دارای مایعاتی مانند گلیسرول و اسید سولفوریک هستند در دمای 103°C به همراه نمکهای محلول و یا خود به تنهایی مایع باقی می‌مانند و خشک نمی‌شوند.

۲- ۳- به علت امکان جذب رطوبت، سرعت وزن کردن باقیمانده سوزانده شده بسیار مهم است. همچنین مزاحمت ناشی از کربناتها، مواد آلی، ترکیبات نیتروژن دار نیتريت و نترات، آب هیدراتاسیون (مولکولهای آب ساختمانی موجود در ترکیبات)، کلریدها و سولفاتها ممکن است زیرا در بعضی موارد، هنگامی که باقیمانده در دمای 600°C (۱۱۱۲ درجه فارنهایت) سوزانده می‌شود قسمتی از آنها و یا تمام آنها تجزیه می‌شوند. دمای خاصی که در آن دما تمامی مزاحمتها حذف شود، شناخته نشده است. بنابراین حتی در دمای 600°C که برای انجام آزمایش در این روشها در نظر گرفته شده است، باید نتایج تکرارپذیر بدست آید.

۳- ۳- از آنجا که آب نمونه‌گیری شده در تماس با ظرف حاوی آن است، در مواردی که جنس ظرف از شیشه است باید به احتمال رسوب کردن کاتیونها و یا جذب مواد موجود در آب در سطح این ظروف توجه کرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴- خلوص معرفها

۴-۱- در تمام آزمایشها باید از مواد شیمیایی با درجه خلوص مشخص شده استفاده شود. در غیر این صورت معرفها باید با مشخصات تعیین شده توسط کمیته معرفهای تجزیه‌ای، انجمن شیمی امریکا مطابقت داده شود. چنانچه از معرفهایی با مشخصات دیگری استفاده شود، ابتدا باید اطمینان حاصل کرد که از خلوص بالا برخوردار است و به کار بردن آنها از صحت اندازه‌گیریها کم نمی‌کند.

۴-۲- معرفهایی که برای آب استفاده می‌شود باید براساس مشخصات ASTM - D 1193 باشد. معرفهای آب که برای روش A به کار می‌رود باید در حد معرفهای مرجع باشد ولی برای روش B نیازی نیست که در حد مرجع باشد.

۴-۳- تمامی معرفهایی که برای آزمایشهای آب به کار می‌رود بجز اسید کلریدریک غلیظ (HCL) با وزن مخصوص ۱/۱۹) قبل از استفاده باید صاف شود.

۵- نمونه‌گیری

۵-۱- نمونه را براساس روشهای عملی ASTM که در زیر آمده است، جمع‌آوری کنید.
D - ۱۰۶۶ نمونه‌گیری بخار.

D - ۱۱۹۲ مشخصات وسایل نمونه‌گیری آب و بخار و

D - ۳۳۷۰ روشهای نمونه‌گیری آب

۵-۲- به دلیل اینکه در بعضی از آنها غلظت کل مواد کم است و یا در بعضی دیگر ممکن است محیط بر آنها اثر بگذارد، نمونه‌گیری باید به روشی انجام گیرد که تأثیرات جوی را به حداقل برساند. نوع و اندازه ظرف نمونه باید مطابق با طبیعت و خصوصیات آب نمونه‌گیری شده باشد. (بند های ۱-۱۵ و ۱-۱۸ را ببینید)

۵-۳- در نمونه‌هایی که غلظت کل مواد موجود در آنها حداکثر ۲۵ PPM هستند، چنانچه فقط تعیین کل مواد مورد نظر باشد باید نمونه را فوراً با ۰/۲ میلی لیتر اسید کلریدریک غلیظ در لیتر آب (وزن مخصوص ۱/۱۹) اسیدی کرد تا از نشست کردن آهن روی دیواره‌های ظرف نمونه جلوگیری شود. چنانچه تعیین مواد معلق نیز مورد نظر باشد نمونه را باید هرچه سریعتر صاف نمود و سپس اسیدی کرد (بند ۳-۱۷ را ببینید).

روش A - مواد معلق و محلول در آبهای صنعتی که غلظت کل مواد آنها بیشتر از ۲۵ PPM است

۶- کاربرد

۶-۱- از این روش برای آبهایی استفاده می‌کنند که در اثر تبخیر در دمای $103^{\circ}C$ حداقل ۲۵ میلی گرم در لیتر باقیمانده تولید کنند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷- خلاصه روش آزمایش

۷-۱- کل مواد از تبخیر کردن مقدار مناسبی نمونه تعیین می شود و مواد معلق به کمک عمل صاف کردن از مواد محلول جدا می شود و به طور جداگانه ارزیابی و تعیین می شوند. مواد معلق را خشک و سپس وزن می کنند. مواد محلول از وزن کردن باقیمانده حاصل از تبخیر نمونه صاف شده تعیین می شود. مواد فرار و مواد ثابت از وزن کردن باقیمانده پس از سوزاندن در دمای 600°C بدست می آید.

۸- وسایل و دستگاه

- ۸-۱- مخزن و یا ظرف نمونه - ظرفی به گنجایش ۱ تا ۴ لیتر که در برابر مواد شیمیایی مقاوم باشد.
- ۸-۲- سیستم صافی غشایی - بند ۴-۱۵ را ببینید.
- ۸-۳- ظرف شیشه ای دیواره دار به قطر ۱۵۰ میلی متر.
- ۸-۴- کروزه مخصوص صاف کردن - بند ۶-۱۵ را ببینید.
- ۸-۵- ظرف تبخیر - یک ظرف پلاتینی به قطر ۸۰ تا ۱۰۰ میلی متر با ته گرد و دیواره های صاف به حجم تقریبی ۲۰۰ میلی لیتر. چنانچه آنالیز باقیمانده تبخیر مورد نظر نباشد، بجای ظرف پلاتینی از ظرف چینی نیز می توان استفاده کرد.

۸-۶- گرم کن - یک صفحه داغ (hot plate) الکتریکی با لامپ زیر قرمز، یا حمام بخار برای نگهداری دمای تبخیر نمونه نزدیک نقطه جوش.

۹- معرفیها

- ۹-۱- کلروفورم یا بنزن خالص شده یا نمره USP
 - ۹-۲- اتیل الکل (۹۵٪)
- توجه ۱- به جای اتیل الکل ۹۵٪ می توان از اتیل الکل تقلیبی مطابق با فرمول A ۳ یا ۳۰ اداره درآمدهای داخلی امریکا استفاده کرد.

۹-۳- اسید هیدروکلریک (وزن مخصوص ۱/۱۹) - اسید کلریدریک غلیظ (HCL).

۱۰- روش آزمایش

۱۰-۱- چنانچه فقط تعیین مقدار باقیمانده مورد نظر باشد، مقدار مناسبی از نمونه را که در اثر تبخیر تقریباً ۲۵ میلی گرم باقیمانده تولید کند و اگر باقیمانده باید آنالیز شود مقدار آن حداقل ۱۰۰ میلی گرم باشد را وزن کنید. قبل از برداشتن، نمونه باید کاملاً بهم زده شود و از ورود مواد معلق و یا کلوئیدی که در نمونه پخش نمی شوند جلوگیری شود. چنانچه فقط تعیین کل مواد مورد نظر است مطابق بند ۳-۱۰ عمل کنید و چنانچه تعیین مواد معلق و مواد محلول هر دو مورد نظر است، مطابق بند ۲-۱۰ پیش روید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲ - ۱۰ - مواد معلق - برای تعیین این مواد ترجیحاً باید از یک صافی غشایی مطابق روش کاری که در بند ۱ - ۳ - ۱۷ آمده است استفاده شود بجز اینکه خروج تا ۰/۲ میلی گرم باقیمانده در اثر شستشوی با حلال مجاز است. می توان الیاف آزیست را نیز چنانچه در ۲ - ۳ - ۱۷ آمده است به کار برد ولی استفاده از آزیست مطلوبیت کمتری دارد. در هر دو مورد باید صاف شده را فوراً با ۰/۲ میلی لیتر HCL (وزن مخصوص ۱/۱۹) در هر لیتر آب اسیدی کرد، مگر اینکه نمونه دارای مقادیر مهمی از ترکیبات قلیایی مانند هیدروکسید سدیم (NaOH) باشد که ترکیب آن تحت تأثیر اسید قرار می گیرد و تغییر می کند. اسیدی کردن نمونه موجب جلوگیری از نشست کردن آهن در ظرف نمونه می شود.

۳ - ۱۰ - کل مواد و مواد محلول - مقدار مناسبی از نمونه که برای تعیین کل مواد (۱ - ۱۰) تهیه شده و یا صاف شده بدست آمده از جداسازی مواد معلق (۲ - ۱۰) را به یک مخزن نگهداری نمونه که دارای سرپوش و خروجی قابل کنترل باشد، منتقل کنید. ظرف تبخیر را قبلاً یک ساعت در درجه حرارت 25 ± 600 درجه سانتی گراد حرارت دهید و پس از خنک شدن در دسیکاتور آن را وزن کنید. ظرف تبخیر را تا ارتفاع $\frac{1}{4}$ اینچی (۶/۳ میلی متری) سر آن با نمونه داخل مخزن پر کنید. ظرف را حرارت دهید تا نمونه تبخیر شود ولی اجازه ندهید که نمونه بجوشد. قبل از خشک شدن به طور متناوب نمونه را از مخزن به ظرف تبخیر اضافه کنید تا اینکه مخزن خالی شود. چند بار مخزن را با آب شستشو دهید و آب شستشو را به محتویات ظرف تبخیر اضافه کنید. سپس باقیمانده مواد موجود در ظرف را تا نزدیک خشک شدن تبخیر کنید. ظرف تبخیر را در اون $103^{\circ}C$ قرار دهید تا تبخیر کامل شود. سپس ظرف و محتویات را یک ساعت در دمای $103^{\circ}C$ خشک کنید (بند ۱ - ۳ را ببینید) و پس از خنک شدن در دسیکاتور آن را وزن کنید. عمل خشک کردن (در فواصل زمانی یک ساعت)، خنک کردن و وزن کردن را تکرار کنید تا اینکه افت وزنی نسبت به وزن قبلی بیش از ۰/۴٪ نباشد. وزن مواد باقیمانده را به عنوان « وزن کل مواد » (یا اگر نمونه صاف شده است « مواد محلول ») گزارش کنید. محتویات ظرف را به مدت ۳۰ دقیقه در دمای 25 ± 600 بسوزانید و پس از خنک کردن در دسیکاتور، دوباره وزن کنید. (بند ۲ - ۳ را ببینید). افت وزنی را به عنوان « وزن مواد فرار » (یا « مواد محلول فرار ») و وزن مواد باقیمانده سوزانده شده را به عنوان « وزن مواد ثابت » (یا « مواد محلول ثابت ») گزارش کنید.

۱۱ - محاسبات

نتایج هر یک از موارد را بر حسب قسمت در میلیون (PPm) مطابق زیر محاسبه کنید:

$$PPm = \left(\frac{W_x}{V} \right) \times 1000$$

که:

$$W_x = \text{وزن مواد محلول فرار موجود (گرم)}$$

$$W_1 = W_x = \text{کل مواد موجود (گرم)}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$\begin{aligned} W_1 &= \text{مواد معلق موجود (گرم)} \\ W_2 &= \text{مواد محلول موجود (گرم)} \\ W_3 &= \text{مواد فرار موجود (گرم)} \\ W_4 &= \text{مواد معلق فرار موجود (گرم)} \\ W_5 &= \text{مواد ثابت موجود (گرم)} \\ W_6 &= \text{مواد معلق ثابت موجود (گرم)} \\ W_7 &= \text{مواد محلول ثابت موجود (گرم)} \\ V &= \text{لیتر نمونه مصرفی} \end{aligned}$$

۱۱-۲ - هنگامی که مواد معلق و مواد محلول به طور جداگانه اندازه گیری می شوند، کل مواد را می توان با افزودن مواد فرار و مواد ثابت به یکدیگر، محاسبه کرد.

۱۱-۳ - چنانچه از الیاف آزبست جهت صاف کردن مواد معلق استفاده شده است، لازم است که این موضوع هنگام گزارش مواد معلق و مواد محلول قید شود. در غیر این صورت فرض بر استفاده از صافی غشایی است.

۱۲- دقت

۱۲-۱ - هیچ دستورالعملی نمی تواند دقت این روش را افزایش دهد. دقت در این روش تحت تأثیر طبیعت و مقدار نمونه ای است که در آزمایش وارد می شود. همچنین خشک کردن و سوزاندن بر ترکیبات اصلی موجود در نمونه مؤثر است.

روش B - مواد معلق و مواد محلول در آبهای صنعتی که غلظت کل مواد آنها ۲۵ PPM یا کمتر است.

(تبخیر اتوماتیک)

۱۳- کاربرد

۱۳-۱ - این روش در ابتدا برای بخارهای متراکم شده، آبهای مقطر و دمینراله که غلظت کل مواد آنها ۵ PPM یا کمتر است به کار می رود. ولی به علت کیفیت و خصوصیات ویژه تبخیر اتوماتیک از این روش برای تمامی آبهایی که غلظت کل مواد آنها تا ۲۵ PPM است نیز استفاده می شود. این روش مخصوصاً در مواقعی که به باقیمانده زیاد جهت تجزیه های شیمیایی نیاز است، مطلوب می باشد.

۱۴- خلاصه روش

۱۴-۱ - کل مواد با استفاده از تبخیر اندازه گیری می شود و مواد معلق و مواد محلول بوسیله صاف کردن جدا می شوند و به طور جداگانه تعیین می شوند. مواد معلق خشک شده و بوسیله عمل استخراج مواد روغنی آن جدا می شود و پس از خشک کردن مجدد، وزن می شوند. با استفاده از ظرفی که سطح آن قابل کنترل است، محلول زیرصافی را که حاوی مواد محلول است تا خشک شدن تبخیر می کنند. برای رسیدن به صحت مطلوب در اندازه گیری و تهیه نمونه برای تجزیه های دیگر، مقدار مناسبی از نمونه را تبخیر می کنند. باقیمانده را خشک کرده و وزن می کنند. مواد فرار در هر یک از سه تقسیم بندی فوق در اثر سوزاندن جدا می شود و سپس کل مواد، مواد معلق، مواد محلول، مواد فرار و مواد ثابت از روی وزنه های بدست آمده مختلف محاسبه می شوند.

۱۵- وسایل و دستگاه

۱- ۱۵- مخزن نمونه - ظرف فلزی درپوش دار ۲۰ لیتری (۵ گالنی) که در برابر خوردگی مقاوم است و یا ظرف پلاستیکی مناسب و یا ظرف شیشه‌ای مقاوم در برابر مواد شیمیایی که دارای لوله‌های اتصال است. اکثر آبپایی که غلظت کل مواد آنها کم است. اسیدیته آنها بین ۶ تا ۹ است. به همین دلیل برای این گونه آبها باید ظرفهایی از جنس فلز نئوروکربن، پلی اتیلن و یا شیشه ضد مواد شیمیایی به کار برد.

۲- ۱۵- سیستم تبخیر اتوماتیک - محافظ گردوغبار، وسیله‌ای که سطح تراز ایجاد کند، گرم‌کن و ظرف تبخیر سیستمهای متداول در بندهای ۱- ۲- ۱۵ و ۲- ۲- ۱۵ توضیح داده شده است.

۱- ۲- ۱۵- سیستم تبخیر A (شکل ۱)

۱- ۱- ۲- ۱۵- محافظ گردوغبار - یک محافظ شیشه‌ای که در برابر حرارت مقاوم است و دارای گرم‌کن حلقه‌ای است که سطح حلقه‌ها با فلز ضد اسید (آلیاژهای مس و نیکل) پوشانده شده است، ظرف تبخیر پلاتینی، آنتن و جعبه تقسیم که از ورود نمونه آب به سطح جلوگیری می‌کند. فضای بسته‌ای لازم است تا از تراکم بخار روی محافظ جلوگیری شود. محافظ گردوغبار با درپوش قیفی، پوشانده می‌شود تا از ریختن مواد خارجی هنگام عبور هوای مرطوب به داخل ظرف جلوگیری شود. یک سکوی آلومینیمی ته باز که زیر پوشش شیشه‌ای نیز در دارد جهت محافظت از دو صافی استوانه‌ای برای تأمین هوای صاف شده ورودی در نظر گرفته شده است. برای بستن فاصله بین محافظ شیشه‌ای و سکو باید از یک درزبند یا مواد صافی استفاده شود.

۲- ۱- ۲- ۱۵- دستگاه تبخیرکننده که در شکل ۱ در زیر سرپوش شیشه‌ای نشان داده شده است. گرم‌کن به وسیله دو اهرم از جنس فولاد ضدزنگ که از طریق سیستم کنترل الکترونیکی زمان سنج به مدار منبع وصل است، روی ظرف تبخیر قرار گرفته است. ظرف پلاتینی با یک صفحه آلومینیمی محافظت می‌شود. این صفحه آلومینیمی دارای پیچ تنظیم است که به کمک آن فاصله بین ظرف و گرم‌کن قابل تنظیم است. از یک لوله ورودی برای اضافه کردن نمونه به ظرف پلاتینی استفاده می‌شود.

۳- ۱- ۲- ۱۵- مدار کنترل الکترونیکی - نمودار آن در شکل ۱ آمده است. کنترل سطح آب در ظرف پلاتینی تحت تأثیر یک الکتروود مقاومتی یا آنتن صورت می‌گیرد. الکتروود یا آنتن را می‌توان از یک سیم پیچ صاف پلاتینی ساخت (۱۶ تا ۲۰ دور) آنتن از اهرمی از جنس فولاد ضد زنگ آویزان است که ارتباط مدار کنترل الکترونیکی را از طریق یک جعبه تقسیم برقرار می‌کند. تغییر سطح آب شیر قطع و وصل را فعال می‌کند. به این صورت که اگر بعد از ۴۵ ثانیه سطح آب در ظرف پلاتینی به سطح حد بالایی کنترل شونده نرسید، بعد از رسیدن سطح آب به سطح پایینی کنترل شونده به کمک کلید زمانی جریان به گرم‌کن حلقه‌ای قطع می‌شود. هدف استفاده از کلید زمانی جلوگیری از خشک شدن ظرف در دمای بالاتر از دمای مشخص شده 103°C است که در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

این حالت نمونه اضافه شده از بین می رود. هنگامی که جریان نمونه قطع می شود زمان سنج ۲۵ ثانیه ای به طور خودکار گرمکن را خاموش می کند و برای روشن نگه داشتن گرمکن جهت تکمیل عمل تبخیر در زمان مشخص شده یک زمان سنج اضافی وارد عمل می شود. این زمان سنج برای مدت معینی سطح آب در ظرف را پایین نگه می دارد و در نتیجه جایجایی دوروند آزمایش را میسر می سازد. سیم الکتروود پلاتینی طوری قرار گرفته است که نوک آن در دست بالای سطح آزاد آب هر ظرف پلاتینی معلق است. این الکتروود به صورت یک کنترل کننده کمکی سطح بالایی آب عمل می کند تا کاهش در ظرفیت سیستم پیش نیاید.

۲-۲-۱۵ - سیستم تبخیر B (شکلهای ۲ و ۳ و ۴)

۱-۲-۲-۱۵ - محافظ گردوغبار - این قسمت از یک ظرف شیشه ای زنگی شکل و مقاوم در برابر حرارت تشکیل شده است که مشابه آن در سیستم تبخیر A نیز بکار رفته است و شامل محافظی است که بالای آن کاملاً بسته نیست.

۲-۲-۲-۱۵ - دستگاه تبخیرکننده - همانطوریکه در شکل ۴ نشان داده شده است از یک سطح تراز (مشابه ترازو) تشکیل شده است که در یک بازوی آن وزنه هایی معادل وزن بازوی دیگر قرار گرفته است و در بازوی دیگر قسمت محافظ گردوغبار قرار دارد و روی بازویی که وارد محافظ گردوغبار شده است، ظرف پلاتینی نمونه قرار دارد. علاوه بر این در این قسمت، یک اتصال گرمکن وجود دارد که شامل سیمهای اتصال و یک گرمکن حلقه ای است که سطح حلقه ها با فلز ضد اسید پوشانده شده است و مشابه آن در سیستم تبخیر A به کار می رفت. همچنین یک شیر سلنوئیدی که قطر خارجی آن $\frac{1}{8}$ اینچ (۳/۲ میلی متر) با اتصال لوله ای از جنس فولاد ضد زنگ وجود دارد که از طریق آن نمونه وارد قسمت محافظت شده و سپس وارد ظرف پلاتینی می شود. افزایش نمونه به طور خودکار انجام می گیرد و یک سوئیچ تراز که در بازوی مقابل قرار دارد موجب به کار افتادن شیر نمونه می شود. این شیر توسط دستگاه کند کننده حرکت (بالشتک روغنی) مرطوب و کنترل می شود. در صورت دلخواه می توان یک زمان سنج نصب کرد تا حجم آب تبخیر شده را گزارش کند. کالیبراسیون این سیستم با استفاده از یک مخزن نمونه کالیبره شده و اندازه گیری زمان افزایش و سرعت تبخیر نمونه صورت می گیرد. این کالیبراسیون باید در شرایط اتمسفری مشابه محل نمونه گیری واقعی انجام گیرد.

۳-۲-۲-۱۵ - نمودار سیم کشی - در شکل ۳ نشان داده شده است.

۳-۱۵ - وسیله نمونه گیری (شکل ۵ را ببینید) - یک سیم پیچ خنک کننده که دارای لوله سرریز و شیر سلنوئیدی که جهت انتقال نمونه از منبع آب به ظرف تبخیر نمونه است. (سیم پیچ خنک کننده، فقط هنگامی لازم است که دمای نمونه بالاتر از دمای اتاق باشد).

۴-۱۵ - دستگاه صافی غشایی - یک قیف از جنس شیشه بوروسیلیکات یا فولاد ضد زنگ با سطح

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

صاف و سوراخدار از همان جنس و صافی با منافذ $0/45$ میکرومتر که در آن قرار می‌گیرد.

۵-۱۵ - ظرف شیشه‌ای - به قطر 150 میلی متر

۶-۱۵ - کروزه صافی - یک کروزه قوچ شامل یک لایه از الیاف آزیست به ضخامت 5 میلی متر که بخوبی در سطح کروزه پهن شده است و در اثر مکش ملایم آزیست شستشو داده شده با اسید تهیه شده است.

۷-۱۵ - ظرف تبخیر - یک ظرف پلاتینی به قطر 80 تا 100 میلی متر به حجم تقریبی 200 میلی لیتر با دیواره‌های صاف و ته گرد

۱۶ - معرفیها

۱-۱۶ - قسمت ۹ را ببینید.

۱۷ - روش آزمایش

۱-۱۷ - حجم مناسبی از نمونه را بردارید به طوری که اگر فقط تعیین مواد مورد نظر است میزان باقیمانده تبخیر حدود 25 میلی گرم باشد و اگر باقیمانده تبخیر باید تجزیه شود حدود 100 میلی گرم باشد.

۲-۱۷ - چنانچه مواد معلق و مواد محلول هر دو مورد نظر است مطابق بند ۳-۱۷ پیش روید و چنانچه فقط کل مواد مورد نظر است از روش کار بند ۴-۱۷ شروع کنید.

۳-۱۷ - مواد معلق - ذرات موجود در آب با یک صافی غشایی که اندازه منافذ و خلل و فرج آن $0/45$ میکرومتر است، جدا می‌شوند (بند ۱-۳-۱۷ را ببینید). روش دیگر استفاده از الیاف متوسط آزیست با خلل و فرجی به اندازه 5 میکرومتر است که در بند ۲-۳-۱۷ توضیح داده شده است.

۱-۳-۱۷ - صافی غشایی - $1 + \Pi$ صفحه کاغذ صافی سفید که اندازه منافذ آن قبلاً توضیح داده شده است را در یک ظرف شیشه‌ای به قطر 150 میلی متر قرار دهید. Π برابر تعداد دفعاتی است که آزمایش انجام می‌شود. ظرف و کاغذ صافیها را در یک $103^{\circ}C$ به مدت 15 دقیقه و یا در دسیکاتور خلأ به مدت 30 دقیقه قرار دهید. چنانچه از آون استفاده شده است. پس از خشک شدن صافیها را در مجاورت هوا تا دمای معمولی اتاق خنک کنید و سپس هر یک از آنها را تا دقت $0/1$ میلی گرم وزن کنید. برای ایجاد تعادل بیشتر استفاده از یک منبع نشرکننده پرتو α پلونیوم جهت از بین بردن تأثیرات الکتریسته ساکن، مطلوب است. صافیها را با خودکار علامت‌گذاری کنید و یک صافی اضافه را با علامت C به معنای کنترل مشخص کنید. روش صاف کردن را مطابق بندهای ۱-۳-۱ تا ۵-۳-۱۷ ادامه دهید.

۱-۳-۱-۱ - یک کاغذ صافی وزن شده را روی سطح نگهدارنده صافی قرار دهید و قسمت قیف مانند دستگاه را در بالای صافی ببندید. دستگاه صاف‌کننده را روی فلاسکی با اندازه مناسب قرار دهید و نمونه را داخل قیف بریزید. سپس به کمک خلأ ناشی از پمپ خلأ و یا خرطوم آبی، نمونه را از طریق صافی به درون فلاسک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بکشید و صاف کنید. چنانچه بطری نمونه جهت جمع آوری نمونه لازم است کل محتویات بطری نمونه را صاف کنید. بطری را با مقداری از آب صاف شده (آب درون فلاسک) بشویید و دوباره آن را در قیف بریزید و نمونه را به ظرف نمونه منتقل کنید. غشاء صافی را با کشیدن هوا به درون صافی خشک کنید. سپس با کلروفرم یا بنزن آنقدر بشویید تا اینکه در ۱۰ میلی لیتر از محلول شستشو بیش از ۱/۰ میلی گرم باقیمانده تبخیر در $C 103^{\circ}$ نباشد. باقیمانده را به مدت چند دقیقه در مجاورت هوا خشک کنید. محلول شستشو را دور بریزید. خلأ را باز کنید و با انبر، کاغذ صافی را از سطح قیف بردارید و در یک ظرف شیشه‌ای قرار دهید.

۱-۳-۱۷- کاغذ صافی کنترل (C) را با نمونه آب داخل فلاسک تر کنید و در ظرف شیشه‌ای قرار دهید.

۱-۳-۱۷- ظرف شیشه‌ای را به مدت ۳۰ دقیقه در اون $C 103^{\circ}$ قرار دهید. کاغذ صافیها را پس از خارج کردن از اون و خنک شدن تا دمای معمولی اتاق و به تعادل رسیدن با رطوبت محیط وزن کنید.

۱-۳-۱۷- وزن مواد معلق حاصل از اختلاف وزن اولیه و وزن نهایی کاغذ صافیها را به عنوان «وزن مواد معلق» گزارش کنید و به تغییر وزن بدست آمده در کاغذ صافی «کنترل» نیز توجه کنید.

۱-۳-۱۷- کاغذ صافی استفاده شده برای تعیین مواد معلق را در یک کروزه چینی تمیز و کوچک که قبلاً در کوره قرار گرفته و پس از خنک شدن تا دقت ۱/۰ میلی گرم وزن شده است، قرار دهید. حدود یک میلی لیتر اتیل الکل به آن اضافه کنید و وقتی که کاغذ صافی کاملاً خیس شد آن را با کبریت شعله ور کنید. پس از اینکه الکل آتش گرفت، یک درپوش روی کروزه بگذارید و آن را در کوره $C 250^{\circ} \pm 600$ حداقل به مدت ۳۰ دقیقه بسوزانید. کروزه را از کوره خارج کنید و در دسیکاتور تا دمای معمولی اتاق خنک کنید. درپوش کروزه را بردارید و آن را تا دقت ۱/۰ میلی گرم وزن کنید. (بند ۲-۳ را ببینید)

۱-۳-۱۷- صاف کردن با الیاف آزبست (توجه ۲) - حجم معینی از نمونه را بر روی کروزه صافی (قوچ) (بند ۶-۱۵ را ببینید) که قبلاً به مدت یک ساعت در $C 103^{\circ}$ خشک شده و پس از خنک شدن در دسیکاتور، وزن شده است، صاف کنید. پس از صاف کردن، محتویات کروزه صافی را دوبار با آب بشویید و صاف شده و محلول شستشو را به ظرف نمونه منتقل کنید و برای اندازه گیری مواد محلول که در بند ۴-۱۷ توضیح داده شده است، نگهداری کنید. با جریان هوا محتویات کروزه را به مدت چند دقیقه خشک کنید. سپس محتویات کروزه را با کلروفرم یا بنزن بشویید تا در ۱۰ میلی لیتر از محلول شستشو بیش از ۱/۰ میلی گرم باقیمانده تبخیر وجود نداشته باشد. محلول شستشو را دور بریزید و باقیمانده را چند دقیقه با هوا خشک کنید. سپس کروزه را یک ساعت در اون $C 103^{\circ}$ قرار دهید و پس از خشک شدن در دسیکاتور، آن را وزن کنید. وزن باقیمانده را بعنوان «وزن مواد معلق» گزارش کنید. محتویات کروزه را به مدت ۳۰ دقیقه در $C 250^{\circ} \pm 600$ بسوزانید و پس از خنک کردن در دسیکاتور آن را دوباره وزن کنید (بند ۲-۳ را ببینید). افت وزنی را به عنوان «وزن مواد معلق فرار» و وزن باقیمانده سوزانده شده را به عنوان «وزن مواد معلق ثابت» گزارش کنید.

توجه ۲ - از آنجا که معمولاً الیاف آزبست دارای منافذی با اندازه ۵ میکرومتر هستند باید از لخته شدن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(کلوئیدی شدن) ذرات جلوگیری کرد زیرا در مقدار مواد معلق و مواد و محلول تغییر ایجاد می‌کند.
۳-۳-۱۷ -- محلول صاف شده و شستشو را فوراً با HCL (وزن مخصوص ۱/۱۹) ۰/۲ میلی لیتر در هر لیتر آب اسیدی کنید.

۴-۱۷ - ظرف پلاتینی را که قبلاً به مدت یک ساعت در اون C ۱۰۳ خشک و در دسیکاتور خنک شده است، وزن کنید. با استفاده از سیستم تبخیر A یا B، حجم مشخصی از نمونه را برای تعیین کل مواد و یا حجم مشخصی از نمونه صاف شده حاصل از جدا کردن مواد معلق را به شرح زیر تبخیر کنید: (بند ۳-۱۷ را ببینید).
۱-۴-۱۷ - سیستم تبخیر A - هنگامی که جریان قطع است، ظرف تمیز و وزن شده پلاتینی (قبلاً در دمای C ۲۵ + ۶۰۰ قرار داده شده است) را در سیستم تبخیر قرار دهید. با استفاده از پیچ تنظیم سطح، ارتفاع ظرف بر روی سطح آلومینیمی را تنظیم کنید. به تنظیم آنتن نیز چنانچه نیاز باشد، در این مرحله با استفاده از پیچهایی که در انتهای بازوی آنتن قرار دارد، انجام می‌شود. مدار و سوئیچهای گرم‌کن را روشن کنید و دکمه‌های کنترل دستگاه تقویت‌کننده را تنظیم کنید تا آب در سطح مناسب قرار گیرد. عمل تبخیر شدن را برای مدتی زیر نظر بگیرید تا از نحوه عمل دستگاه رضایت حاصل نمایید و مطمئن شوید که تبخیر در ظرف بدون جوشیدن صورت می‌گیرد.

۲-۴-۱۷ - سیستم تبخیر B - دستگاه را طوری تنظیم کنید که با بیشترین سرعت تبخیر شود ولی نجوشد. در بازوی (کنه) مقابل ظرف تبخیر ۷ تا ۱۰ گرم وزنه به عنوان وزن ظرف تبخیر قرار دهید تا تعادل برقرار شود. هنگامی که در قسمت محافظت شده دستگاه برداشته شده است در بازوی مقابل چندین بار سوئیچ تنظیم سطح را جابجا کنید تا شیر نمونه آب به کار بیفتد و نمونه بالا بیاید. سپس یک ظرف پلاتینی کاملاً تمیز و وزن شده را روی صفحه ترازو، در قسمت محافظت شده قرار دهید و یک سرپوش زنگی شکل تمیز را روی آن بگذارید (شکل ۴). قسمت محافظ را ببندید و هواکش آن را باز بگذارید. گرم‌کن را روشن کنید و به عملکرد دستگاه تا زمانی که از درستی آن اطمینان حاصل کردید، توجه کنید.

۳-۴-۱۷ - هنگامی که تقریباً تبخیر کامل شد، ظرف را از دستگاه خارج کنید و در اون C ۱۰۳ قرار دهید تا خشک شود و سپس به مدت یک ساعت در همان دما قرار دهید و پس از خنک کردن در دسیکاتور، وزن کنید (بند ۱-۳ را ببینید). وزن باقیمانده را به عنوان «وزن کل مواد» (یا چنانچه نمونه صاف شده است «مواد محلول») گزارش کنید. ظرف و محتویات آن را به مدت یک ساعت در دمای C ۲۵ + ۶۰۰ بسوزانید و پس از خنک کردن در دسیکاتور، دوباره وزن کنید (بند ۲-۳ را ببینید). افت وزنی را به عنوان «وزن مواد فرار» (یا «مواد محلول فرار») و وزن باقیمانده سوزانده شده را به عنوان «وزن مواد ثابت» (یا «مواد محلول ثابت») گزارش کنید.

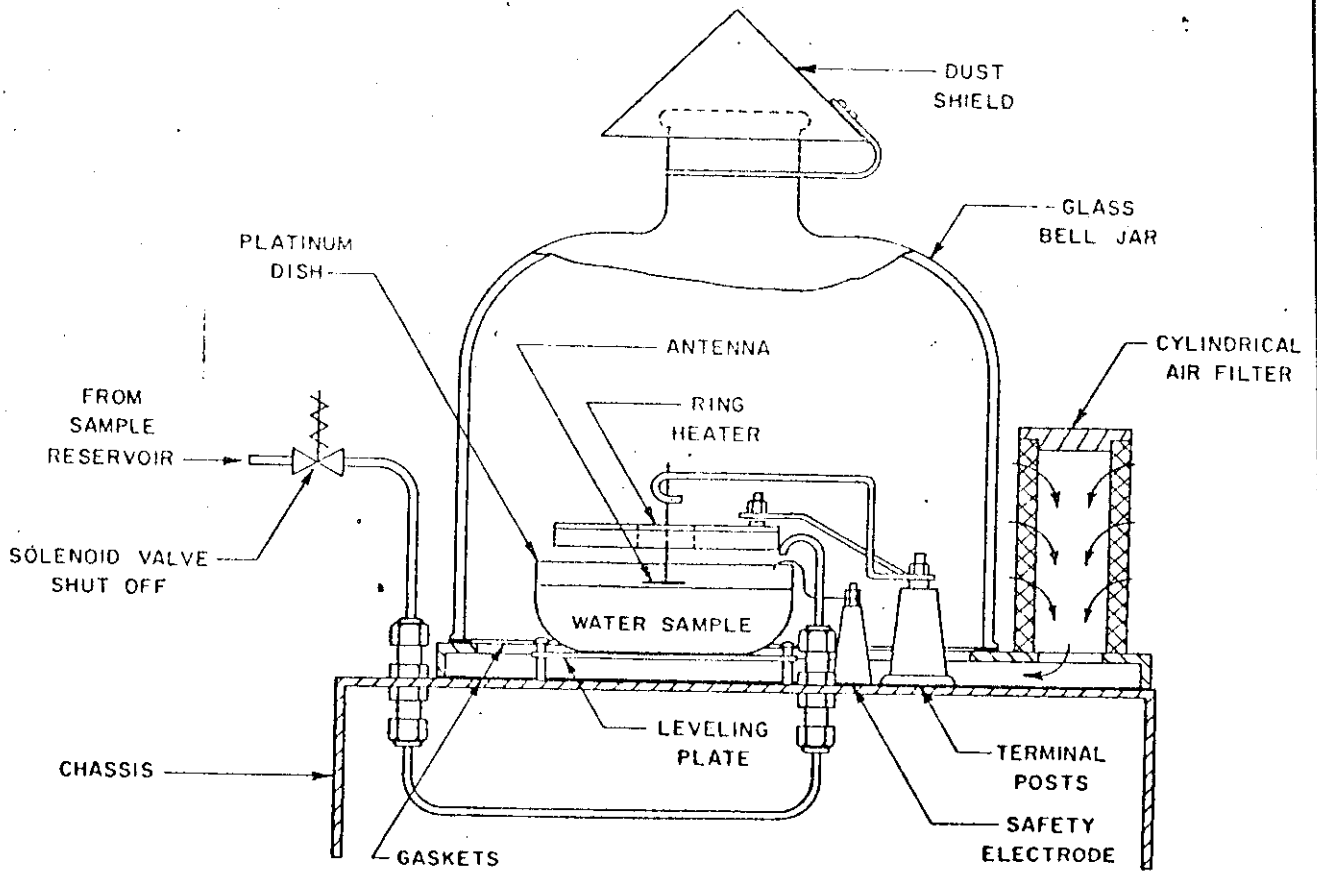
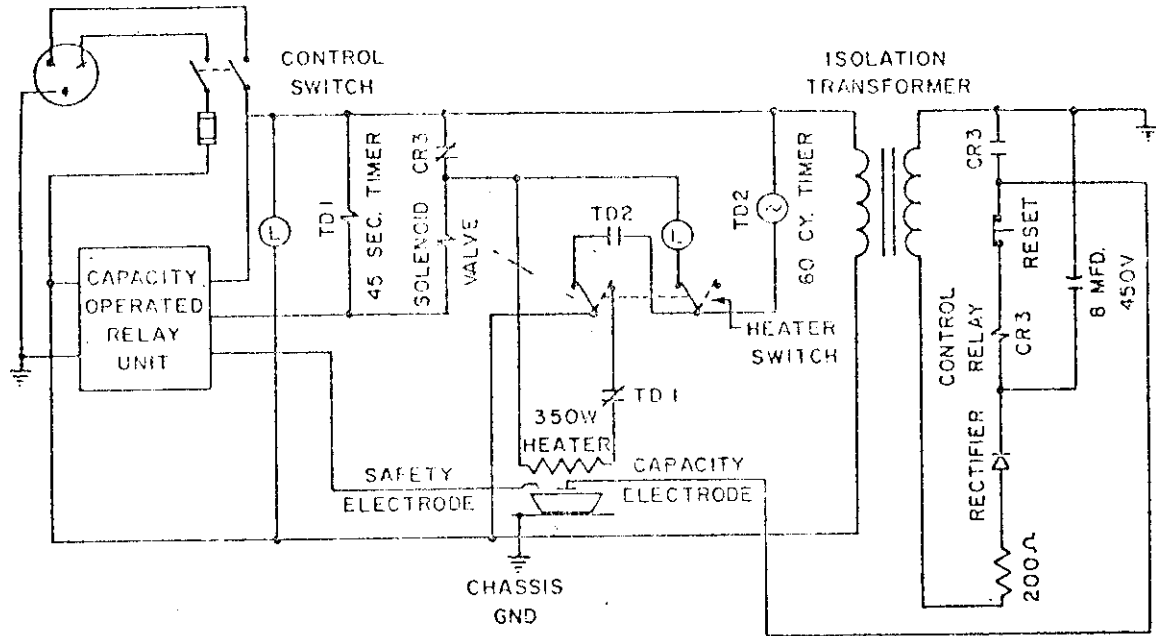
۱۸ - محاسبات

۱-۱۸ - قسمت ۱۱ را ببینید.

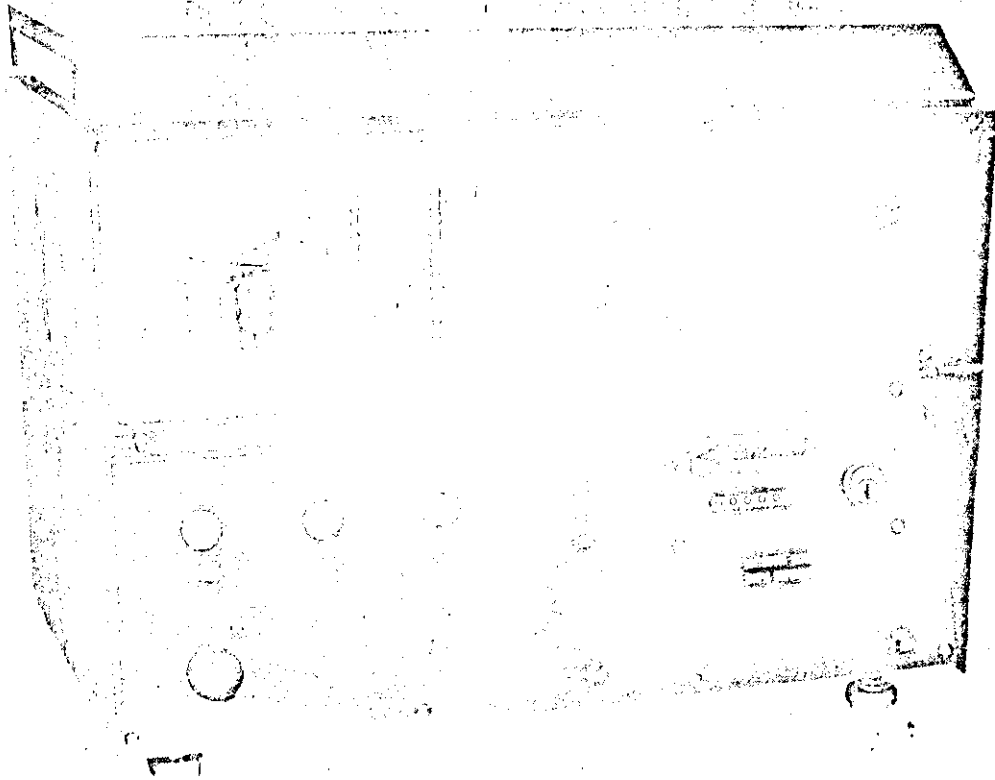
۱۹ - دقت

۱-۱۹ - قسمت ۱۲ را ببینید.

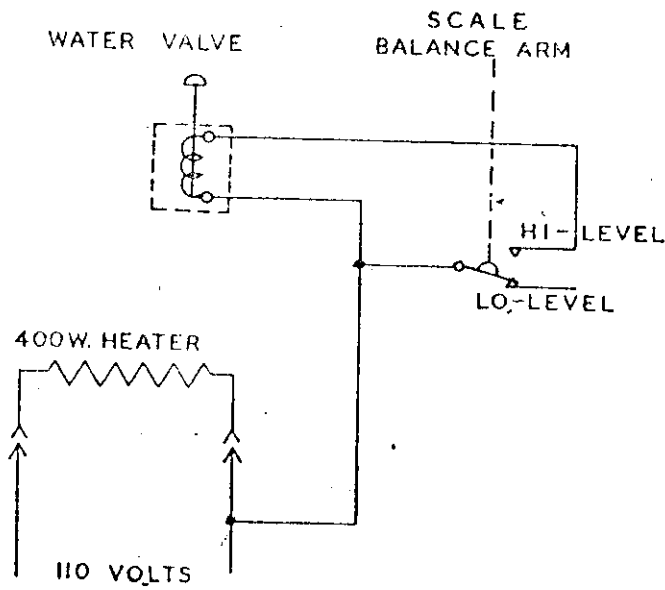
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



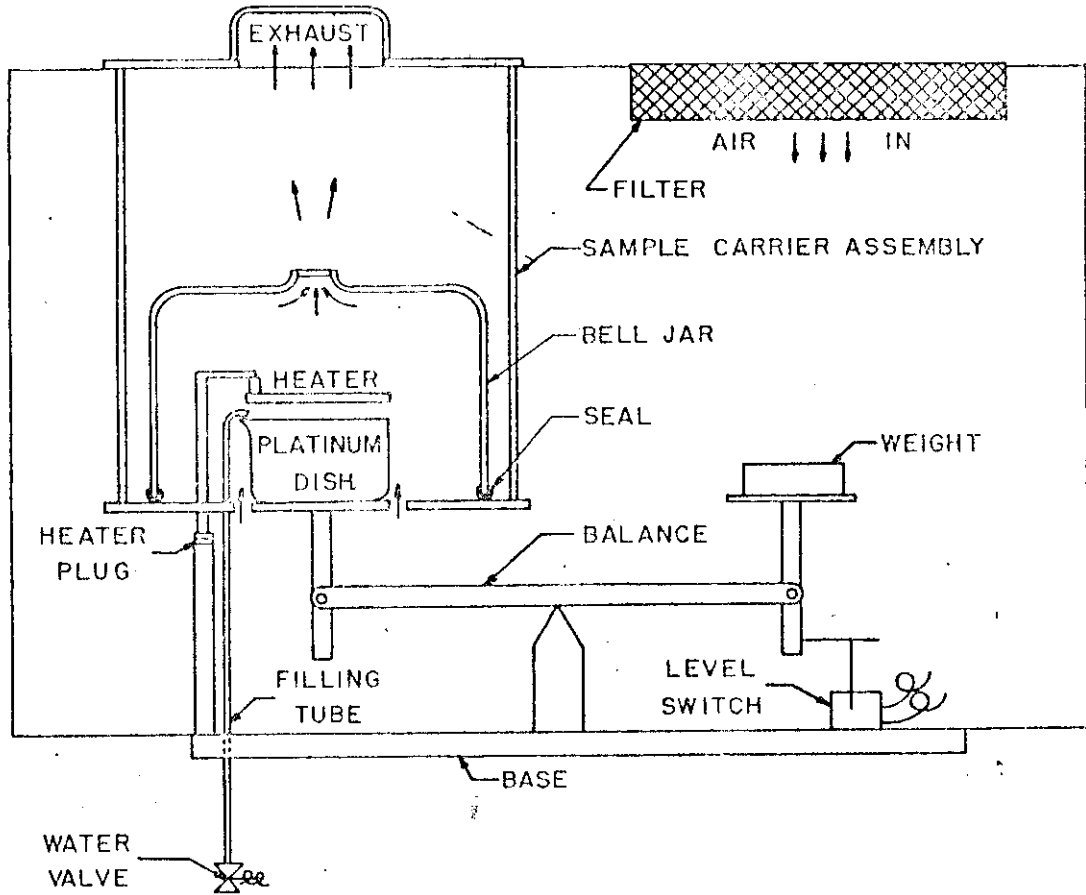
شکل ۱ - مجموعه تبخیر A



شکل ۲ - مجموعه، تبخیر B



شکل ۳ - مدار سیستم تبخیر اتوماتیک



شکل ۴ - مجموعه سیستم تبخیر اتوماتیک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: D ۲۱۶۶-۹۱

روش استاندارد آزمایش برای تعیین مقاومت فشاری محدود نشده (تک محوری) خاک چسبنده

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش شامل تعیین مقاومت فشاری تک محوری خاک چسبنده در حالت دست نخورده، بازسازی شده، یا متراکم شده تحت اثر بار محوری یا کرنش کنترل شده می باشد.

۱-۲- این آزمایش مقدار تقریبی مقاومت چسبندگی خاکها را برحسب تنش های کل بدست می دهد.

۱-۳- این روش آزمایش فقط برای خاکهای چسبنده ای که در ضمن بارگذاری آب از آنها خارج نخواهد شد (آب در اثر تغییر شکل یا تراکم خاک خارج می شود) و پس از حذف فشارهای محدود کننده، مقاومت اصلی آنها باقی خواهد ماند، قابل استفاده می باشد. بعنوان مثال می توان خاکهای رسی یا سیمانته شده را نام برد. با استفاده از این آزمایش نمی توان مقادیر صحیح مقاومت فشاری تک محوری خاکهای خشک و ترد، مصالح ترک خورده، یا لایه لایه ای، لاتی ها، مواد آلی و ماسه ها را بدست آورد.

توجه ۱- تعیین مقاومت تحکیم نشده - زهکشی نشده - خاکهای چسبنده با فشار جانبی در روش آزمایش D ۲۸۵۰ ارائه شده است.

۱-۴- این روش آزمایش را نمی توان جانشین روش آزمایش D ۲۸۵۰ نمود.

۱-۵- مقادیری که برحسب واحد SI بیان می شوند، استاندارد و مقادیری که برحسب واحد اینچ - پوند بیان می گردند، تقریبی می باشند.

۱-۶- این استاندارد موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی کند، لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

روش آنالیز اندازه ذرات خاک	D ۴۲۲
اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات موجود در آنها	D ۶۵۳
روش آزمایش برای تعیین چگالی ویژه خاکها	D ۸۵۴

شرکت سنهاي آزمايشگاه فني و مكانيك خاك

دستورالعمل براي نمونه گيري از خاكها با استفاده از لوله جدار نازك	D 1587
روش آزمايشگاهي. تعيين درصد رطوبت خاك، سنگ، مخلوطهاي خاك و سنگدانه	D 2216
روش آزمايش براي طبقه بندي خاك جهت اهداف مهندسي	D 2487
دستورالعمل. تشریح و شناسايي خاكها (روش نظري - دستي)	D 2488
روش آزمايش براي تعيين مقاومت فشاري تحكيم نشده - زهكشي نشده خاكهاي چسبنده در حالت فشار سه محوري	D 2850
دستورالعمل نگهداري و انتقال نمونه هاي خاك	D 4220
روش آزمايش براي تعيين حد رواني، حد خميري و شاخص خميري خاكها	D 4318

۳- اصطلاحات

۳-۱- تعاریف - تعاریف عبارات بكار برده شده در اين روش آزمايش بايد مطابق اصطلاحات D 653 باشد.

۳-۲- تعريف اصطلاحات خاص اين استاندارد:

۳-۲-۱- مقاومت فشاري محدود نشده (q_u) - تنش فشاري كه نمونه خاك استوانه اي محدود نشده در آزمايش فشاري ساده گسيخته خواهد شد. در اين روش آزمايش، مقاومت فشاري تك محوري بصورت حداكثر بار بر واحد سطح يا بار بر واحد سطح در ۱۵٪ کرنش محوري، هر كدام كه در حين اجزاي آزمايش در ابتدا بدست آيد، در نظر گرفته مي شود.

۳-۲-۲- مقاومت برشي (S_u) - براي مقاومت فشاري تك محوري نمونه هاي مورد آزمايش، مقاومت برشي بصورت $\frac{1}{2}$ تنش فشاري در گسيختگي مطابق تعريف بند ۳-۲-۱ محاسبه مي گردد.

۴- اهميت و كاربرد

۴-۱- هدف اوليه از آزمايش فشاري تك محوري بدست آوردن سريع مقاومت فشاري تربيبي خاكهايي است كه چسبندگي كافي براي مجاز بودن به انجام آزمايش در حالت محدود نشده را دارا مي باشد.

۴-۲- نمونه هايي از خاك داراي سطوح لغزشي يا ساختار ترك خورده، نمونه هايي از انواع لس، رس هاي خيلي نرم، خاكهاي ترد و خشك و مواد لايه لايه اي، يا نمونه هايي شامل بخش قابل توجهي لاي يا ماسه، يا هر دو (همه آنهايي كه معمولاً خواص چسبندگي از خود نشان مي دهند)، غالباً مقاومتهاي برشي بالاتري را وقتي كه مطابق با روش آزمايش D 2850 آزمايش گردند، از خود نشان مي دهند. هم چنين خاكهاي اشباع نشده اي كه مطابق با روش آزمايش D 2850، آزمايش گردند، بطور معمول مقاومت هاي برشي مختلفي را نشان مي دهند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۳- حساسیت خاک را می توان با انجام آزمایش روی نمونه دست نخورده و بازسازی شده مشابه تعیین نمود. این روش تعیین حساسیت فقط برای خاکهای مناسب است که شکل نمونه در حالت بازسازی شده پایدار باقی بماند.

توجه ۲- برای تعیین حساسیت خاکهایی که نتوانند به شکل پایدار باقی بمانند، می توان از آزمایش برش پره ای یا روش آزمایش D ۲۸۵۰ استفاده نمود.

۵- تجهیزات

۵-۱- دستگاه فشار- این دستگاه ممکن است شامل سکوی قرارگیری وزنه ها مجهز به جک پیچی فعال کننده یوغ بارگذاری، وسیله بارگذاری هیدرولیکی، یا هر دستگاه فشار دیگر با ظرفیت کافی و کنترل کننده جهت تنظیم سرعت بارگذاری مطابق آنچه در بند ۷-۱ تشریح شده است، باشد.

برای خاک با مقاومت فشاری تک محوری کمتر از ۱۰۰ کیلو پاسکال (1 ton/ft^2)، دستگاه فشار باید قادر به اندازه گیری تنش فشاری در حدود ۱ کیلو پاسکال (0.01 ton/ft^2) باشد. برای خاکهای با مقاومت فشاری تک محوری ۱۰۰ کیلو پاسکال (1 ton/ft^2) یا بیشتر، دستگاه باید قادر به اندازه گیری تنش فشاری با تقریب ۵ کیلو پاسکال (0.05 ton/ft^2) باشد.

۵-۲- خارج کننده نمونه، قادر به خارج نمودن مغزه خاک از لوله نمونه گیر در همان جهتی که نمونه داخل لوله شده است، با سرعت یکنواخت، و با حداقل دستخوردگی در نمونه باشد.

۵-۳- شاخص تغییر شکل - شاخص تغییر شکل باید تا ۰/۰۳ میلی متر (0.001 in) درجه بندی شده و دارای محدوده حرکت حداقل ۲۰٪ طول نمونه مورد آزمایش باشد. برای برآوردن این نیاز می توان از دیگر ابزار اندازه گیری نظیر دستگاه الکترونیکی اندازه گیری تغییر شکل استفاده نمود.

۵-۴- دستگاه اندازه گیری عقربه ای یا هر وسیله مناسب دیگر جهت اندازه گیری ابعاد فیزیکی نمونه در حدود ۰/۱ درصد بعد اندازه گیری شده.

توجه ۳- برای نمونه های نرم استفاده از کولیس توصیه نمی شود چرا که تغییر شکل کولیس روی نمونه اعمال می گردد.

۵-۵- زمان سنج - این وسیله زمان را با دقت ثانیه نشان می دهد و برای تعیین سرعت کرنش مورد نیاز آزمایش مطابق بند ۷-۱ بکار می رود.

۵-۶- ترازو - این وسیله برای تعیین وزن نمونه استفاده می شود و باید قادر به تعیین جرم نمونه با دقتی حدود ۰/۱ درصد جرم کل آن باشد.

۵-۷- تجهیزات مطابق آنچه در روش آزمایش D ۲۲۱۶ مشخص شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۸- وسایل متفرقه شامل ابزار صاف کردن و بریدن، وسیله دوباره سازی، قوطی های درصد رطوبت و اوراق داده ها و دیگر ابزار مورد نیاز.

۶- آماده سازی نمونه های آزمایش

۶-۱- اندازه نمونه - نمونه ها باید دارای حداقل قطر ۲۰ میلی متر (۱/۳ in) بوده و بزرگترین ذره موجود در نمونه آزمایش باید کوچکتر از یک دهم قطر نمونه باشد. برای نمونه هایی که دارای قطر ۷۲ میلی متر (۲/۸ in) یا بیشتر می باشند، بزرگترین اندازه ذره باید کوچکتر از یک ششم قطر نمونه باشد. اگر پس از انجام آزمایش روی نمونه دست نخورده، به ذره ای برخورد شده که ابعاد آن بزرگتر از اندازه مجاز بیان شده بوده است، این اطلاعات باید در بخش ملاحظات گزارش داده های آزمایش (توجه ۴) ارائه گردد. نسبت ارتفاع به قطر باید بین ۲ و ۲/۵ باشد. میانگین ارتفاع و قطر نمونه آزمایشی را با استفاده از ابزار مشخص شده در بند ۵-۴ تعیین نمایید. برای اندازه گیری ارتفاع حداقل سه نقطه (با زاویه 120°) و حداقل سه اندازه گیری قطر در نقاط ارتفاع را در نظر بگیرید.

توجه ۴- اگر پس از انجام آزمایش، ذرات خاک بزرگتر در نمونه ملاحظه گردید، ممکن است نتایج آزمایش آنالیز اندازه ذرات مطابق با روش D ۴۲۲ برای تأیید مشاهدات نظری بعمل آمده، ارائه گردد.

۶-۲- نمونه های دست نخورده - نمونه های دست نخورده، از نمونه های دست نخورده بزرگ یا از نمونه های حاصله طبق دستورالعمل D ۱۵۸۷ تهیه می شوند. نگهداری و انتقال این نمونه ها مطابق دستورالعمل های ارائه شده برای نمونه های گروه C در دستورالعمل های D ۴۲۲ انجام می پذیرد. نمونه های نوله ای ممکن است بدون تراشیدن، مگر برای صاف کردن آنها، مورد آزمایش قرار گیرند. اگر شرایط نمونه استفاده از این روش را توجیه نماید، جهت جلوگیری از دست خوردگی، تغییر در سطح مقطع، یا کاهش درصد رطوبت، نمونه ها باید با دقت جابجا شوند. اگر فشردگی یا هر نوع دست خوردگی قابل توجهی توسط ابزار خارج کننده بوجود آید، نوله نمونه گیر را در جهت طولی دو نیمه کنید یا به قسمتهای کوچکتری بریده شود تا برداشت نمونه به آسانی و بدون دست خوردگی انجام پذیرد. نمونه های بریده شده باید بدون دست خوردگی نگهداری شده و در صورت امکان در اطاقک با رطوبت کنترل شده قرار گیرند. به هر طریقی که ممکن است باید از تغییر رطوبت خاک جلوگیری بعمل آورد. نمونه ها باید دارای سطح مقطع دایره ای بکنواخت با انتهای عمود بر محور طولی نمونه باشد. در زمان بریدن یا تراشیدن در صورت برخورد با هر نوع سنگ ریزه یا صدف، باید برداشته شوند. حفره های بوجود آمده در سطح نمونه باید با دقت با استفاده از خاک حاصله از تراشیده ها پرگردند. هرگاه سنگ ریزه ها یا چیزهای خرد شده به مقدار زیاد و بطور نامنظم در دو انتهای نمونه موجود باشد، نمونه باید در حداقل ضخامت با گچ پاریس، هیدرواستون (Hydro Stone) یا مواد مشابه دیگر اندود شود. در صورتیکه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شرایط نمونه اجازه دهد یک تراش قائم ممکن است جهت حصول قطر مورد نیاز برای نمونه مورد استفاده قرار گیرد در جائیکه جلوگیری از گسترش محسوس نیروهای موثنگی مهم باشد، نمونه باید با یک غشاء لاستیکی، پوشش های پلاستیکی نازک یا یک پوششی از گریس و یا پاشیدن مواد پلاستیکی بلافاصله بعد از تهیه آن و ضمن مرحله کامل آزمایش درزبندی شود. جرم و ابعاد نمونه آزمایش را تعیین کنید. اگر نمونه اندود شده است، جرم و ابعاد آن باید قبل از اندود شدن بدست آید. اگر نتوان کل نمونه را برای تعیین درصد رطوبت بکار برد، برای این منظور قسمتی از تراشیده ها را انتخاب نموده و بلافاصله در یک ظرف دردار قرار دهید. تعیین درصد رطوبت باید مطابق با روش آزمایش ۲۲۱۶ D انجام پذیرد.

۳-۶ - نمونه های بازسازی شده - نمونه ها ممکن است از نمونه دست نخورده شکسته شده یا از نمونه دست خورده تهیه گردد. در حالت نمونه های دست نخورده شکسته شده مواد را در یک غشاء لاستیکی نازک پیچید. برای اطمینان از بازسازی کامل، خاک را با استفاده از انگشتان مخلوط نمائید. از محبوس نمودن هوا در نمونه اجتناب کنید. دقت نمائید تا دانسیته یکتواخت حاصل گردد. در این صورت باید نسبت تخلخل مانند نمونه دست نخورده شده و درصد رطوبت طبیعی آن تغییر نکند. مواد دست خورده را داخل قالب با سطح مقطع دایره ای که ابعاد آن مطابق موارد خواسته شده در بند ۶-۱ می باشد، شکل دهید. بعد از بیرون آوردن از قالب، جرم و ابعاد نمونه های آزمایشی را تعیین نمائید.

۴-۶ - نمونه های متراکم شده - نمونه ها باید برای تعیین درصد رطوبت و دانسیته مطابق آنچه که برای این آزمایش مشخص شده است، آماده گردند (توجه ۵). بعد از شکل گیری نمونه، دو انتهای آنرا عمود بر محور طولی بریده و آنرا از داخل قالب بیرون آورید، جرم و ابعاد نمونه آزمایشی را تعیین کنید.

توجه ۵ - تجربیات بعمل آمده نشان می دهد که متراکم نمودن، جایجایی و بدست آوردن نتایج صحیح با نمونه هایی که دارای درجه اشباع بیشتر از ۹۰٪ می باشند، مشکل است.

۷- روش آزمایش

۱-۷ - نمونه را در وسیله بارگذاری طوری قرار دهید که در مرکز صفحه تحتانی جاگیرد. دستگاه بارگذاری را به دقت تنظیم نمائید. طوری که صفحه فوقانی بطور کامل با نمونه در تماس باشد. شاخص تغییر شکل را صفر نمائید. بار محوری باید طوری اعمال گردد که کرنش محوری دارای سرعت $\frac{1}{4}$ تا ۲ درصد در دقیقه باشد. برای تعیین شکل منحنی تنش - کرنش، مقادیر بار، تغییر شکل و زمان را در فواصل مناسب یادداشت کنید. (معمولاً ۱۰ تا ۱۵ نقطه کافی می باشد). سرعت کرنش باید طوری انتخاب گردد که زمان رسیدن تا لحظه گسیختگی از حدود ۱۵ دقیقه بیشتر نشود. (توجه ۶) بارگذاری را تا زمانی ادامه دهید تا مقادیر بار با افزایش کرنش، کاهش یافته یا به ۱۵٪ کرنش برسد. سرعت کرنش باید در گزارش آزمایش مطابق بند ۹-۱ - ۷ ارائه گردد. درصد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

رطوبت نمونه را یا استفاده از کل نمونه تعیین نمائید. در حالتی که نمونه‌ها دست نخورده باشند، می‌توان از تراشیده‌های معرف حاصله استفاده نمود. در گزارش آزمایش مطابق نیازمندیهای بند ۹ - ۱ - ۲ معین کنید که درصد رطوبت نمونه قبل یا بعد از آزمایش بدست آمده است.

توجه ۶ - مصالح نرمتری که تغییر شکل بزرگتری تا گسیختگی از خود نشان می‌دهند، باید در سرعت کرنش بالاتری آزمایش شوند. برعکس مواد سخت یا شکننده‌ای که تغییر شکل کوچکتری تا گسیختگی از خود نشان می‌دهند، باید در سرعت کرنش کمتری آزمایش شوند.

۷ - ۲ - برای نشان دادن زاویه شیب سطح گسیختگی، در صورتیکه زاویه قابل اندازه‌گیری باشد، شکل نمونه را در حالت گسیختگی کشیده یا از آن عکس بگیرید.

۷ - ۳ - نمونه‌ای از برگه اطلاعات در پیوست XI ارائه شده است. هر برگه اطلاعات دیگر به شرطی می‌تواند استفاده گردد که در آن تمامی اطلاعات مورد نیاز موجود باشد.

۸ - محاسبات

۸ - ۱ - کرنش محوری (ϵ_1) را یا تقریب ۱/۰ درصد برای بار وارده مطابق زیر محاسبه نمائید:

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta L}{L_0}$$

که در آن:

ΔL = تغییر طول نمونه که از روی شاخص تغییر شکل قرائت شده بر حسب میلی‌متر (in)

L_0 = طول اولیه نمونه آزمایش بر حسب میلی‌متر (in)

۸ - ۲ - متوسط مساحت سطح مقطع عرضی (A) برای بار وارده را مطابق زیر حساب کنید:

$$A = \frac{A_0}{1 - \epsilon_1}$$

که در آن:

A_0 = میانگین سطح مقطع اولیه نمونه، بر حسب میلی‌متر مربع (in²)

ϵ_1 = کرنش محوری برای بار وارده بر حسب درصد می‌باشد.

۸ - ۳ - تنش فشاری، σ_c ، را برای سه حالت مختلف با دقت (کیلو پاسکال) (ton/ft²) ۰/۰۱ برای بار وارده به شرح زیر محاسبه نمائید:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

که در آن:

P = بار وارده، بر حسب کیلو پاسکال (ton/ft²) و

A = میانگین سطح مقطع متناظر بر حسب میلی‌متر مربع (in²) می‌باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۴- تمسودار - در صورت تمایل نمودار نشان دهنده رابطه بین تنش فشاری (عرض) و کرنش محوری (طول) ترسیم گردد. حداکثر مقدار تنش فشاری، یا تنش فشاری در ۱۵٪ کرنش محوری، هر کدام که ابتدائاً حاصل گردید، را انتخاب و بعنوان مقاومت فشاری تک محوری، q_u ، گزارش نمایید. در صورت نیاز جهت تفسیر صحیح می توان منحنی تنش - کرنش را به همراه گزارش ارائه نمود.

۸-۵- در صورت تعیین مقاومت فشاری تک محوری، حساسیت (ST) مطابق ذیل محاسبه می گردد:

$$ST = \frac{q_u \text{ (نمونه دست نخورده)}}{q_u \text{ (نمونه بازسازی شده)}}$$

۹- گزارش

۹-۱- گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

۹-۱-۱- شناسایی و تشریح نظری نمونه، شامل طبقه بندی خاک، علامت، و اینکه نمونه دست نخورده، بازسازی شده، متراکم شده و غیره می باشد. همچنین گزارش باید شامل اطلاعات مربوط به توصیف نمونه، نظیر پروژ، محل، شماره گمانه، شماره نمونه، عمق و غیره باشد. تشریح نظری باید مطابق با دستورالعمل D ۲۴۸۸ انجام پذیرد.

۹-۱-۲- دانسیته خشک اولیه و درصد رطوبت (اینکه درصد رطوبت نمونه قبل یا بعد از برش بدست آمده و یا از تراشیده ها یا کل نمونه استفاده شده است، باید مشخص گردد).

۹-۱-۳- درجه اشباع در صورت محاسبه شدن (توجه ۷)،

توجه ۷ - در صورت لزوم محاسبه درجه اشباع و چگالی ویژه مطابق روش آزمایش D ۸۵۴ صورت پذیرد.

۹-۱-۴- مقاومت فشاری تک محوری و مقاومت برشی،

۹-۱-۵- میانگین ارتفاع و قطر نمونه،

۹-۱-۶- نسبت ارتفاع به قطر،

۹-۱-۷- میانگین سرعت کرنش تا گسیختگی، بر حسب درصد،

۹-۱-۸- کرنش در گسیختگی، بر حسب درصد،

۹-۱-۹- حدود روانی و خمیری در صورتیکه مطابق روش آزمایش D ۴۳۱۸ تعیین شده باشند،

۹-۱-۱۰- شکل یا تصویر گسیختگی،

۹-۱-۱۱- ارائه نمودار تنش - کرنش در صورت تهیه،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۱-۱۲- حساسیت در صورت تعیین،

۹-۱-۱۳- آنالیز اندازه ذرات مطابق روش آزمایش D ۲۲۲

۹-۱-۱۴- **ملاحظات** - هر شرایط غیر عادی یا اطلاعات دیگری که به نظر برسد برای تفسیر صحیح نتایج بدست آمده لازم باشد. بعنوان مثال سطوح لغزش، لایه بندی، شیل ها، سنگ ریزه ها، ریشه ها، شکندگی، انواع گسیختگی (اینکه متورم شده یا بصورت قطری برش خورده است و غیره) باید یادداشت گردد.

۱۰- **دقت و خطا**

۱۰-۱- **دقت** - برای تعیین دقت این روش آزمایش اطلاعات بدست آمده ارزیابی می شوند. به علاوه کمیته فرعی D ۱۸/۰۵ اطلاعات مناسب را از استفاده کنندگان این آزمایش درخواست می نماید.

۱۰-۲- **خطا** - مرجع قابل قبولی برای ارزیابی این روش آزمایش وجود ندارد، بنابراین خطا قابل تعیین نمی باشد.

۱۱- **لغات کلیدی**

۱۱-۱- خاک چسبنده، حساسیت، بارگذاری با کرنش کنترل شده، مقاومت، روابط تنش - کرنش، فشار محدود نشده.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ضمیمه

(اطلاعات غیر راجحیاری)

XI - نمونه‌ای از برگه اطلاعات آزمایش فشار محدود نشده - UI

نام: تاریخ: شماره کار:

محل:

شماره گمانه: شماره نمونه: عمق / ارتفاع:

تشریح نمونه:

شماره حلقه اندازه گیر: شماره دستگاه:

تعیین درصد رطوبت

شماره قوطی:

وزن نمونه تر + قوطی:

وزن نمونه خشک + قوطی: مقدار آب بر حسب درصد وزن خشک

وزن آب: در $105^{\circ}C$ (%):

وزن قوطی: دانسیته تر:

وزن نمونه تر: دانسیته خشک:

وزن نمونه خشک:

مقاومت فشاری محدود نشده

قطر اولیه: D_0

مساحت اولیه: A_0

ارتفاع اولیه: L_0

حجم اولیه: V_0

$$\text{کرنش واحد} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

$$\frac{L}{D} =$$

$$\text{کرنش واحد} = \frac{A_0}{1 - \text{کرنش واحد}} = \frac{\text{مساحت اصلاح شده}}{\text{مساحت اصلاح شده}} \text{ بار} = \text{تنش}$$

تنش	اصلاح شده	کرنش واحد	کرنش کلی	قصرات کرنش	بار محوری	قصرات بارگذاری	زمان سپری شده (دقیقه)

نوع نمونه
ملاحظات

سرعت کرنش: (درصد در دقیقه)
عکس یا شکلی از نمونه بعد از گسیختگی ضمیمه گردد

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

ASTM: D۲۱۶۸-۹۰

روش استاندارد آزمایش برای کالیبراسیون چکش مکانیکی آزمایشگاهی متراکم‌کننده‌های خاک

۱- هدف

۱-۱- این روش‌های آزمایش برای کالیبراسیون متراکم‌کننده‌های مکانیکی خاکسکه‌بروی کنترل و تنظیم ابزارهای مکانیکی قابل استفاده در متراکم آزمایشگاهی خاکسطاق روش‌های آزمایش D۶۹۸ و D۱۵۵۷ و دیگر روش‌های مشابه ارائه می‌گردد. کالیبراسیون برای استفاده یک روش، احتیاجات برای استفاده دیگر روش‌ها را تامین نمی‌کند.

۱-۲- به منظور دسترسی به نتایج مشابه متراکم‌کننده مکانیکی یا متراکم‌کننده دستی، جرم چکش مکانیکی باید مطابق آنچه در بندهای ۵-۴ و ۶ شرح شده است، تنظیم گردد.

۱-۳- دو روش مختلف مطابق زیر است:

روش آزمایش A - کالیبراسیون بر اساس متراکم نمونه خاک انتخاب شده بخش ۵ روش آزمایش B - کالیبراسیون بر اساس تغییر شکل استوانه راهنمای استاندارد بخش ۶

۱-۴- اگر کالیبراسیون متراکم‌کننده‌های مکانیکی مطابق با یکی از روش‌های A یا B انجام پذیرد، لزومی به برآورد نیازمندیهای دیگر روش‌ها نمی‌باشد.

۱-۵- مقادیر بیان شده بر حسب واحدهای اینچ-پوند استاندارد می‌باشند. مقادیر داخل پرانتزها فقط جهت اطلاع ارائه شده‌اند.

۱-۶- این آزمایش ممکن است شامل مواد، عملیات و ابزار خاص‌ترتک باشد. استاندارد موجود مواد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده‌کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM :

D۶۵۳ اصلاحات مربوط به خاکسکه و سنگ و مایعات موجود در آنها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D۶۹۸ روش های آزمایش برای تعیین روابط رطوبت-دانشیه خاکها و مخلوطهای خاک- سنگدانه با استفاده از چکش ۵/۵ پوند (۲/۴۹ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر)

D1۵۵۷ روش های آزمایش برای تعیین روابط رطوبت-دانشیه خاکها و مخلوطهای خاک-سنگدانه با استفاده از چکش ۱۰ پوند (۲/۵۴ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر)

D۲۴۸۷ روش آزمایش برای طبقه بندی خاکها جهت اهداف مهندسی
E11 مشخصات الکهای توریسی برای اهداف آزمایش
E1۴۵ مشخصات اون های انتقال حرارت و توری تهویه های فشرده
۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- بطور معمول جهت افزایش دقت، بجای متر اکم کننده های دستی از متر اکم کننده های مکانیکی برای انجام آزمایش به روش های D۶۹۸ و D1۵۵۷ استفاده می گردد.

۳-۲- طراحی متر اکم کننده های مکانیکی طوری است که نیازمند به انجام کالیبراسیون جهت تعیین جرم و ارتفاع سقوط چکش می باشد.
۳-۳- ابزارها

۳-۴-۱- علاوه بر ماژوهمات مشخص شده در روش های آزمایش D۶۹۸ و D1۵۵۷ برای آزمایش به روش A، نوازم زیر مورد نیاز است:

۳-۴-۱-۱- اون خشک کننده - یک اون یا ترموستات کنترل حرارت، ترجیحا " از نوع forced draft باید نیازمندیهای مشخص شده در E1۴۵ را برسر آورد نمود. و قادر به یکنواخت نگه داشتن حرارت در دمای ۱۴۰±۵ درجه فارنهایت (۶۰±۱۲ درجه سانتیگراد) در سراسر محفظه خشک کننده باشد.

۳-۴-۲- برای روش آزمایش B، علاوه بر ماژوهمات مشخص شده در روش های D۶۹۸ و D1۵۵۷، نوازم زیر مورد نیاز است:

۳-۴-۱-۲- ابزار تغییر شکل راهنما- مطابق شکل (۱) این دستگاه شامل ستان، بر قالب راهنما و بین نگه دارنده می باشد.

۳-۴-۲-۲- یک کولیس خارجی اینچ یا ۲۵ میلیمتر با قابلیت قرائت تا ۰/۰۱ اینچ یا ۰/۰۲ میلیمتر برای تعیین طول استوانه های راهنما. بیایک اندازه گیر عمق برای با دقت یکسان ممکن است جهت تعیین طول استوانه راهنما یا طول گل مجوعه ابزار تغییر شکل راهنما مورد استفاده قرار گیرد. به منظور اندازه گیری مجموعه کامل یک اندازه گیر عمق برای بیایک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بازشدگی حداقل ۲ اینچ (۵۱ میلیمتر) و حرکت ۱ اینچ (۲۵ میلیمتر) مورد نیاز می‌باشد. (شکل ۳ ملاحظه گردد).

توجه ۱- استفاده از کولیس ریزسنج‌هایی که به دقت طرف نشوند می‌تواند باعث خطا در قرائت شوند و یا اگر دارای کیفیت بالایی نباشند، توصیه نمی‌گردد.

۳-۲ پایه راهنمای استیو- پایه راهنمای استیو برای استفاده در راهنمای استیوهای مورد استفاده جهت سقوط چکش‌های دستی در روش‌های آزمایش D1557 و D698 (شکل ۳ ملاحظه گردد)

۳-۴- استوانه‌های آزمایشی - تدارک تجارتهی استوانه‌های آزمایشی راهنما با جرم‌های خاص بطوریکه سبکترین سیلندر حدود ۰/۰۶ گرم از سنگین‌ترین آن کمتر بوده و دارای طول 675 ± 0.05 اینچ ($17/1 \pm 0.1$ میلیمتر) و قطر 0.31 ± 0.02 اینچ ($7/87 \pm 0.05$ میلیمتر) می‌باشد. برای کالیبراسیون متراکم‌کننده‌های مکانیکی حداقل ۱ استوانه آزمایش مورد نیاز می‌باشد. بنابراین با توجه به مقتضیات ممکن است بیشتر از ۱۰۰ استوانه آزمایش مورد نیاز باشد.

۵- روش آزمایش - روش A

۵-۱- برای مشخص نمودن فرسودگی، بد عمل کردن و نیاز به سرویس و تنظیم نمودن متراکم‌کننده‌های مکانیکی و دستریباید از آنها بازدید کلی بعمل آید. متراکم‌کننده‌ها را برای تامین نیازمندیهای ساخت، روش آزمایش مورد استفاده و روش کالیبراسیون متراکم‌کننده مکانیکی صیز و تنظیم و روغن‌کاری کنید.

برای ثابت شدن اصطکاک در اجزاء، متراکم‌کننده را برای اعمال حداقل ۲۵ ضربه بکار اندازید و اجازه دهید تا چکش روی خاک یا مواد نرم دیگری سقوط نماید.

توجه ۲- به منظور حصول نتایج رضایت‌بخش، باید متراکم‌کننده‌های مکانیکی در شرایط کاری بسیار خوب قرار گیرند. عملکرد نامناسب مکانیزم‌های بالا برنده و رهاکننده می‌تواند باعث ایجاد خطاهای جدی گردد.

۵-۲- حدود ۵۰ پوند (۲۳ کیلوگرم) خاک CI که مطابق روش آزمایش D2487 طبقه بندی شده، بدست آورید. در صورت بالا بودن رطوبت خاک، آنرا خشک نمایید تا بصورت شکننده در آید. عمل خشک نمودن خاک ممکن است در هوا یا با استفاده از تجهیزات خشک‌کننده‌ای که حرارت آن از ۱۴۰ درجه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

فاز نهایی (۶۰ درجه سانتیگراد) تجاوز نمی‌کند، انجام پذیرد. طبق خواسته‌های مشخص شده در (E1)، خاک را از الک نمره ۴ (۲/۷۵ میلیمتر) عبور دهید. کلیه مصالح باقی‌مانده روی الک را دور بریزید و جهت بدست آوردن خاک یکسواخت، کلیه مصالح عبوری از الک را مخلوط نمایید. خاک حاصله ممکن است برای انجام آزمایش تراکم مطابق روش D۶۹۸ یا D۱۵۵۷، هر کدام که برای متراکم‌کننده مکانیکی کالیبره شده مناسب نباشد، آماده گردد.

توجه ۳- مقدار خاک مورد استفاده بسیار متغیر خواهد بود و با توجه به تعداد اندازه‌گیری‌های درصد رطوبت و جرم واحد حجم مورد نیاز است. ۳-۵- با استفاده از خاک آماده شده مطابق بند ۵-۲، درصد رطوبت بهینه و حداکثر وزن مخصوص خشک را با استفاده از روش A آزمایشات D۶۹۸ یا D۱۵۵۷ یا هر روش مناسب دیگری با متراکم‌کننده‌های مکانیکی کالیبره شده تعیین کنید. با استفاده از متراکم‌کننده‌های مکانیکی و دستی مورد استفاده منحنی را ترسیم نمایید.

مقادیر حداکثر وزن مخصوص خشک، γ_{max} ، حاصل از متراکم‌کننده دستی، γ_{max} ، حداکثر وزن مخصوص خشک بدست آمده از متراکم‌کننده مکانیکی را یادداشت کنید.

۵-۴- درصد اختلاف مقادیر حداکثر وزن مخصوص γ_w را برای هر سری از داده‌ها بدست آورید. (بخش ۷ ملاحظه گردد). اگر مقدار مطلق γ_w کوچکتر یا مساوی ۲ باشد استفاده فوری از متراکم‌کننده مکانیکی رضایت بخش است. اگر مقدار مطلق γ_w بزرگتر از ۲ باشد، سپس دو سری اضافی از داده‌ها را بدست آورید. لازم است از همان نمونه خاک آماده شده مطابق بند ۳-۵ که قبلاً به کار گرفته شده است، استفاده گردد.

مقدار \bar{W} یعنی میانگین درصد اختلاف حداکثر مقادیر وزن مخصوص خشک را برای سه مجموعه از اطلاعات بدست آورید (بخش ۷ ملاحظه گردد). در صورتیکه مقدار مطلق \bar{W} کوچکتر یا مساوی ۲ باشد استفاده فوری از متراکم‌کننده مکانیکی رضایت بخش است. اگر مقدار مطلق \bar{W} بزرگتر از ۲ باشد، سپس جرم چکش متراکم‌کننده مکانیکی را مطابق با بند ۵-۵ تنظیم نمایید. آنگاه سه مقدار جدید γ_{max} بدست آورید. و مقدار جدید \bar{W} را محاسبه کنید. این عمل را آنقدر تکرار نمایید تا مطلق \bar{W} کوچکتر یا مساوی ۲ گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۵- تغییر در وزن چکش مکانیکی را جهت بهبود عملکرد آن اعمال کنید. اصلاحات موقتی که روی عملکرد متر اکم‌کننده‌های مکانیکی تاثیرگذار است مجاز نمی‌باشد. حداکثر تغییر مجاز جرم چکش مکانیکی در نتیجه کالیبراسیون به‌قرار زیر است:

کل جرم اضافه‌شده به جرم اولیه چکش، یعنی زمانی که از سازنده آن دریافت شده است، نباید از ده درصد جرم اولیه آن تجاوز نماید. در صورت نیاز به افزایش بیش از ده درصد، متر اکم‌کننده مکانیکی باید بازسازی شده یا تعمیر گردد.

توجه ۴- فرض بر این است که مقدار جرم اضافه‌شده به چکش نسبت به زمانی است که از سازنده دریافت می‌گردد، بطور معمول باید جرم به چکش اولیه اضافه گردد. اگر کالیبراسیون نشان دهد که جرم اولیه چکش، بسته به روش آزمایش چکش استاندارد، نیاز به کاهش کمتر از $5/5$ پوند ($2/49$ کیلوگرم) یا ۱۰ پوند ($4/54$ کیلوگرم) دارد، به‌دقت کتبه ابزارها و کالیبراسیون‌ها مجدداً کنترل شده و روش در گزارش ارائه گردد. معیذاً اگر نیاز به کاهش جرم باشد، ارتفاع سقوط باید تنظیم شود.

توجه ۵- روش‌های ترسیمی در تخمین مقدار صحیح جرم افزوده یا کم شده مفید می‌باشد.

۵-۶- اگر تغییر بیشتر از آنچه در بند ۵-۵ اجازه داده شده، مورد نیاز باشد، این امر نشان‌دهنده عملکرد نامناسب متر اکم‌کننده مکانیکی است.

در صورتیکه تغییر جرم مورد نیاز بیشتر از مقدار مجاز در بند ۵-۵ باشد، نباید از متر اکم‌کننده مکانیکی استفاده گردد.

۶- روش آزمایش روش B

۶-۱- متر اکم‌کننده‌های مکانیکی و دست‌را مطابق آنچه در بند ۵-۱ برای روش A شرح داده شد، بازرسی کرده و تنظیم نمایید.

۶-۲- تغییر شکل استوانه راهنما با استفاده از متر اکم‌کننده دستی - مقدار تغییر شکل (تغییر ارتفاع) استوانه راهنما را با استفاده از متر اکم‌کننده دستی بصورت زیر تعیین کنید:

۶-۲-۱- مجموعه‌ای از حداقل پنج استوانه راهنما از یک‌بخش یا مجموعه انتخاب نمایید. هر نوع برآمدگی را از انتهای استوانه‌های راهنما با استفاده از پاچه سنباده نرم برطرف نمایید.

توجه ۶- تغییر شکل استوانه‌های راهنما تحت‌تاثیر تغییرات درجه حرارت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قرار دارد. احتیاط کنید تا در ضمن کالیبراسیون متر اکم‌کننده مکانیکی و بدست آوردن مقادیر متر اکم‌کننده دستی، درجه حرارت استوانه در حدود $5 \pm$ درجه فارنهایت ($2/7 \pm 1$ درجه سانتیگراد) باقی نماند.

۳-۳-۶ مقدار C1، قرائت اولیه ریزسنج یا تغییر شکل سنج عقربه‌ای قبل از اعمال ضربه را مطابق روش‌های شرح داده شده در بند ۳-۶-۵ بدست آورید. ۳-۳-۶ صفحه تحتانی قالبی متر اکم‌را روی یک شالوده صلب قرار دهید. ابزار سوار شده تغییر شکل راهنما را به همراه استوانه راهنما، روی صفحه تحتانی قرار دهید (شکل ۴ ملاحظه گردد). آنگاه پایه اسلیو راهنما را قرار داده و اسلیو راهنمای متر اکم‌کننده دسترا قدری عقب‌تر در پایه اسلیو راهنما جا دهید. فاصله نقطه‌رهایی چکش تا محل تماس بین نگهدارنده را کنترل نمایید طوری که خواسته‌های بیان شده را تأمین کند. چکش دستی با اسلیو راهنمای متر اکم‌کننده دستی را طوری رها کنید که بصورت قائم بوده و چکش به پایه اسلیو برخورد ننماید.

۳-۳-۶ مقدار C2، قرائت ریزسنج یا تغییر شکل سنج عقربه‌ای بعد از اعمال ضربه را مطابق روش‌های بیان شده در بند ۳-۶-۵ بدست آورید. مقدار تغییر شکل D برابر اختلاف بین قرائت‌های عقربه‌ای C1 و C2 می‌باشد.

۳-۳-۵- قرائت‌های C1 و C2 بصورت زیر بدست می‌آید:

۳-۳-۵-۱- طول استوانه راهنما را با استفاده از کولیس ریزسنج خارجی یا تغییر شکل سنج عقربه‌ای مشابه بخور مستقیم اندازه‌گیری نمایید. ۳-۳-۵-۲- اندازه‌گیری با استفاده از دستگاه تغییر شکل سوار شده انجام می‌پذیرد. نحوه اندازه‌گیری بدین صورت است که دستگاه تغییر شکل طوری زیر تغییر شکل سنج عقربه‌ای قرار می‌گیرد که کلونه فولادی 0.25 اینچی ($6/4$ میلی‌متر) واقع در مرکز فوقانی بین نگهدارنده مستقیم در زیر نوک سینه عقربه قرار گیرد.

۳-۳-۶- مراحل بند ۳-۳-۶ تا ۳-۳-۵ را بدون استفاده از استوانه راهنما تکرار کنید. مقادیر اندازه‌گیری حاصل از پنج تغییر شکل نباید بیش از ۲ درصد نسبت به مقدار متوسط D اختلاف داشته باشد. قدر مطلق V1 باید کمتر از ۳ برای پنج مقدار انتخابی گردد (بند ۳-۷ ملاحظه شود). مقدار تغییر شکل برای روش دستی باید به عنوان D در نظر گرفته شود.

۳-۳-۶- تغییر شکل استوانه راهنما با استفاده از متر اکم‌کننده مکانیکی،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مقدار تغییر شکل (تغییر ارتفاع) استوانه راهنما را بر وسیله متر اکم‌کننده مکانیکی به صورت زیر بدست آورید:

۳-۳-۶- مجموعه‌ای از حداقل پنج استوانه از یک بخش یا مجموعه انتخاب کنید. هر نوع برآمدگی موجود در انتهای استوانه را با استفاده از پارچه سنباده نرم برطرف نمایید. (توجه: ملاحظه گردد)

۳-۳-۶- دستگاه سوار شده تغییر شکل راهنما را ظوری روی پایه متر اکم‌کننده مکانیکی قرار دهید که بین نگه‌دارنده هم‌مرکز با سطح چکش در لحظه تماس آندو واقع گردد.

۳-۳-۶- مقدار متوسط تغییر شکل استوانه D_0 را بر این متر اکم‌کننده مکانیکی مشابه روش بیان شده در بند ۳-۶ بدست آورید، به جز اینکه در این مرحله از پایه اسلیو راهنما استفاده نشود. متر اکم‌کننده مکانیکی باید از لحظه بلند شدن چکش از تماس بین نگه‌دارنده تا ارتفاع رهاایی مشخص شده، در راستای عمودی عمل نماید. بلند کردن و رها نمودن چکش با استفاده از دستبند هر وسیله اتوماتیک دیگر، در راستای غیر عمودی ممنوع می‌باشد.

۳-۳-۶- مراحل بند ۳-۳-۶ و ۳-۳-۶ را روی استوانه‌های باقی‌مانده در مجموعه تکرار کنید.

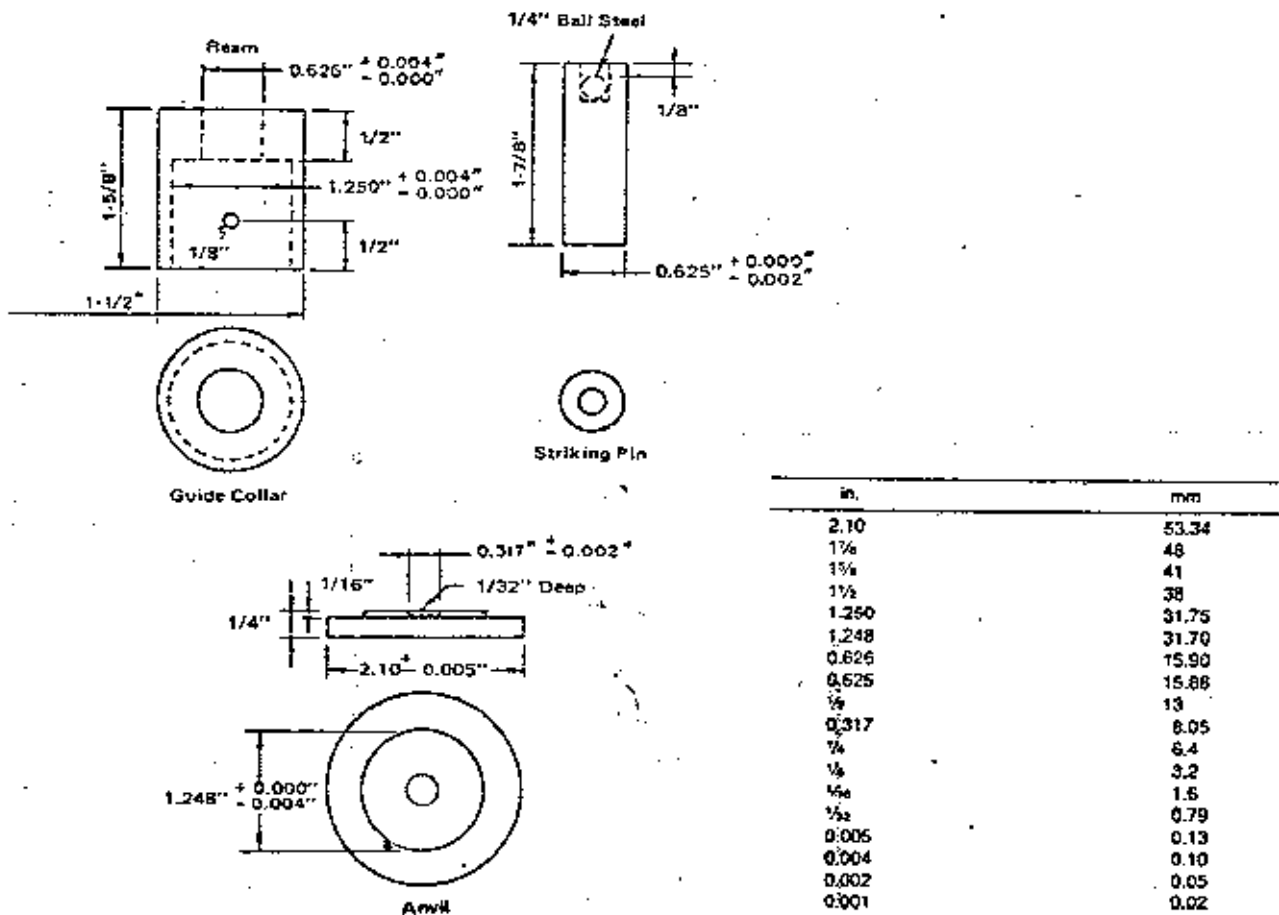
۳-۶- درصد اختلاف متوسط مقدار تغییر شکل حاصل از چکش مکانیکی ۷۲، از متوسط مقدار تغییر شکل بدست آمده از چکش دست‌ترا محاسبه نمایید. (بند ۳-۷ ملاحظه گردد). اگر ۷۲ بیشتر از ± 2 تغییر نکرد، لذا استفاده فوری از متر اکم‌کننده مکانیکی رضایت بخش می‌باشد.

۳-۵- اگر ۷۲ از ± 2 تجاوز نماید، بند ۳-۳-۶ و ۳-۳-۶ را تکرار کرده و دو مقدار دیگر برای ۷۲ را بدست آورید. مقدار مطلق ۷۲ را متوسط گیری کنید. در صورتیکه مقدار متوسط کمتر از ۲ باشد، استفاده فوری از متر اکم‌کننده مکانیکی رضایت بخش است. اگر میانگین قدر مطلق ۷۲ از ۲ بزرگتر باشد، آنگاه وزن چکش را تنظیم نمایید. این عمل مطابق بند ۳-۵ انجام می‌شود. لذا می‌توان اطلاعات دیگری از متر اکم‌کننده مکانیکی بدست آورد، تا وقتیکه مقدار متوسط ۷۲ برای سه سری اطلاعات کوچکتر یا مساوی ۲ گردد.

۳-۶- بقیه مراحل کار مشابه روش A که در بند ۳-۵، ۳-۵ و ۳-۵ تشریح شده دنبال گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ایین ابعاد باید برابری با ارتفاع دستگاه تغییر شکل را هنگامی
 وقتی که با استوانه راهنما در محل سوار می‌شود باشد، با براداری
 حدود ± 0.01 اینچ (± 0.25 میلی‌متر) (شکل ۳)
 توجه ۲- قطر Δ طوری است که اسلیو راهنمای چکش بر راحتی در ضمن
 تورفتگی بدون حرکت زیاد قرار گیرد. (شکل ۳)



شکل ۱- دستگاه تغییر شکل را هنگامی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷- محاسبات

۷-۱- درصد اختلاف مقادیر حداکثر وزن واحد حجم را مطابق زیر محاسبه نمایید.

$$W = [(\bar{V}_{max} - V_{max}) / \bar{V}_{max}] \times 100$$

$$W = [(\bar{V}'_{max} - V'_{max}) / \bar{V}'_{max}] \times 100$$

که در آن:

W = درصد اختلاف مقادیر حداکثر وزن واحد حجم برای یک سری از اطلاعات،
 \bar{W} = متوسط درصد اختلاف مقادیر حداکثر وزن واحد حجم برای سه سری از اطلاعات،

V_{max} = مقدار وزن واحد حجم حداکثر بدست آمده از روش دستی

\bar{V}_{max} = مقادیر متوسط سه وزن واحد حجم حداکثر حاصل از روش دستی

V'_{max} = مقدار حداکثر وزن واحد حجم بدست آمده از روش مکانیکی

\bar{V}'_{max} = مقادیر متوسط سه وزن واحد حجم حداکثر حاصل از روش مکانیکی

۷-۲- درصد اختلاف مقادیر متوسط تغییر شکل را همراهم با مطابق زیر محاسبه کنید:

$$D = C1 - C2$$

$$\bar{D} = \sum (C1 - C2) / N$$

$$D' = C1' - C2'$$

$$\bar{D}' = \sum (C1' - C2') / N$$

$$V1 = [(D - \bar{D}) / \bar{D}] \times 100$$

$$V1' = [(D' - \bar{D}') / \bar{D}'] \times 100$$

$$V2 = [(\bar{D} - \bar{D}') / \bar{D}'] \times 100$$

که در آن:

$C1$ = قرائت ریزسنج یا تغییر شکل سنج عقبه ای قبل از اعمال ضربه چکش دستی

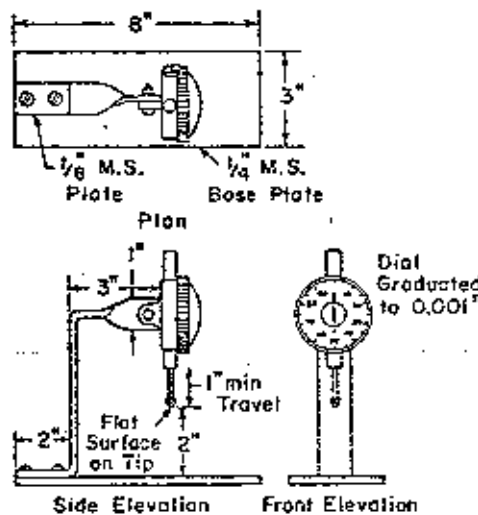
$C2$ = قرائت ریزسنج یا تغییر شکل سنج عقبه ای بعد از اعمال ضربه چکش دستی

$C1'$ = قرائت ریزسنج یا تغییر شکل سنج عقبه ای قبل از اعمال ضربه چکش مکانیکی

$C2'$ = قرائت ریزسنج یا تغییر شکل سنج عقبه ای بعد از اعمال ضربه چکش مکانیکی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- = D مقدار تغییر شکل استوانه راهنما تکی، چکش دستی
- = D' مقدار تغییر شکل برای استوانه راهنما تکی، چکش دستی
- \bar{D} و \bar{D}' به ترتیب مقادیر متوسط تغییر شکل برای چکش های دستی و مکانیکی که مقادیر V_1 و V_1' آن نباید از ۲٪ درصد تجاوز نماید.
- = V_1 درصد اختلاف از مقادیر متوسط تغییر شکل منفرد حاصل از کاربرد چکش دستی
- = V_1' درصد اختلاف از مقادیر متوسط تغییر شکل منفرد بدست آمده از کاربرد چکش مکانیکی
- = V_2 درصد مقدار متوسط تغییر شکل با استفاده از چکش مکانیکی
- = N تعداد آزمایشها



in.	mm
8	203
3	76
2	51
1	25
1/2	12.5
1/4	6.25
0.001	0.025

شکل ۲- تغییر شکل سطح عقب برای

تعیین درصد رطوبت خاک و سنگ بر مبنای جرم در آزمایشگاه ASTM-D2216

۱- هدف:

۱-۱- این آزمایش چگونگی تعیین آزمایشگاهی درصد رطوبت توسط اندازه گیری جرم خاک ، سنگ و مواد مشابهی که جرم آنها در اثر خشک شدن و به دلیل از دست دادن رطوبت، کاهش می یابد را بیان می نماید (به جز موارد بیان شده در بخشهای ۱-۴ ، ۱-۵ و ۱-۷). در ادامه مطالب این استاندارد، به منظور سادگی از لغت ماده^۱ بجای واژه های خاک و سنگ استفاده می شود.

۱-۲- بعضی از علوم، مانند خاک شناسی احتیاج به تعیین درصد رطوبت بر اساس حجم را دارند که چنین فرایندی فراتر از اهداف این استاندارد می باشد.

۱-۳- درصد رطوبت یک ماده در بخش ۳-۲-۱ تعریف گردیده است.

۱-۴- عبارت ماده جامد^۲ در علم مهندسی ژئوتکنیک عموماً به ذرات کانی طبیعی خاک و سنگ که در آب قابل حل نمی باشند اطلاق می شود. بنابراین، درصد رطوبت در موادی که دارای ذرات خارجی (از قبیل سیمان و مواد مشابه) می باشند ، ممکن است که به اصلاح خاص و یا تعریف مناسبی نیاز پیدا کند. به علاوه بعضی از مواد ارگانیک و آلی ممکن است در اثر خشک شدن در گرمخانه و در درجه حرارت استاندارد (۱۱۰ درجه سانتیگراد) از هم پاشیده و تجزیه گردند، به طور مثال در موادی که شامل سنگ گچ (سولفات کلسیم بدون آب یا سایر ترکیباتی که مقدار قابل ملاحظه ای آب هیدراته دارند) می باشند ممکن است که مشکلات خاصی ایجاد شود به طوریکه این مواد به آهستگی در درجه حرارت استاندارد (۱۱۰ درجه سانتیگراد) و در رطوبتهای نسبی خیلی پائین آب خود را از دست داده، تشکیل یک ترکیب (سولفات کلسیم نیمه آبدار) که معمولاً در مواد طبیعی به غیر از خاکهای صحرائی موجود نمی باشد را می دهند. به منظور عدم کاهش آب مولکولی سنگهای گچی، در موادی که شامل سنگ گچ هستند و همینطور به منظور جلوگیری از تجزیه (در خاکهای دارای مواد آلی زیاد) بهتر است که این مواد یا در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد یا در یک دسیکاتور در دمای محیط آزمایشگاه خشک گردند. بنابر این وقتی درجه حرارتی متفاوت از درجه حرارت استاندارد تعریف شده در این آزمایش به کار میرود درصد رطوبت ممکن است متفاوت از نتیجه به دست آمده در درجه حرارت استاندارد باشد.

۱- material

۲- solid material

نکته ۱- روش استاندارد D2974 دستورالعمل جایگزین برای محاسبه درصد رطوبت مواد تورب را بیان مینماید.

۱-۵- هنگامی که مواد آبدار همراه با مقدار قابل توجهی مواد جامد حل شدنی (مانند نمک در رسوبات دریائی) مورد آزمایش قرار می گیرند جرم مواد جامدی که شامل همان مواد حل شدنی قبلی می باشد به دست می آید. این مواد نیازمند عملکرد خاصی جهت زدودن و اصلاح تاثیر درصد جامدات ته نشین شده در جرم خشک نمونه می باشند و یا اینکه باید تعریفی مناسب جهت درصد رطوبت به کار گرفته شود.

۱-۶- در این استاندارد چندین ساعت زمان جهت خشک شدن نمونه لازم می باشد اما در استاندارد D4643 شرایطی جهت خشک شدن نمونه در گرمخانه ذکر گردیده که کوتاهتر می باشد.

۱-۷- در این استاندارد مواد در گرمخانه و در درجه حرارت زیاد خشک می گردند ، در صورتیکه مواد در حال خشک شدن به مواد شیمیائی آلوده شده باشند، ممکن است در سلامتی آنها اثر گذاشته و ایجاد خطر نماید، بنابراین این استاندارد نباید جهت تعیین درصد رطوبت در این قبیل مواد به کار گرفته شود ، مگر اینکه اصول ایمنی کافی جهت سلامتی به کار برده شود.

۱-۸- این استاندارد همه مسائل ایمنی مربوط به آن را در بر نمی گیرد. مسئولیت استفاده کننده از این استاندارد است که مسائل ایمنی و سلامتی مربوطه را در نظر گرفته و محدودیتهای عملی آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- استانداردهای ASTM :

D653 : واژه شناسی مربوط به خاک و سنگ و سیالات داخلی آنها

D2974 : روش های آزمایش اندازه گیری رطوبت، خاکستر و مواد آلی خاکهای نباتی و دیگر خاکهای آلی

D4220 : روش نگهداری و انتقال نمونه های خاک

D4318 : روش آزمایش تعیین حد روانی ، خمیری و شاخص خمیری خاکها

D4643 : روش استاندارد تعیین میزان آب(رطوبت) موجود در خاک با گرمخانه میکروپو

D4753 : مشخصات تشخیص و ارزیابی و انتخاب ترازوها و مقیاسها برای استفاده در آزمایشات خاک و سنگ

D6026 : راهنمای کاربرد اعداد و ارقام معنی دار در محاسبات و گزارش نتایج آزمایشات ژئوتکنیک

E145 : مشخصات گرمخانه های با سیستم تهویه و بدون سیستم تهویه

۳- واژه شناسی :

۳-۱- برای تعریف اصطلاحات به استاندارد واژه شناسی D653 مراجعه گردد.

۳-۲- تعریف اصطلاحات ویژه این استاندارد:

۳-۲-۱- درصد رطوبت یک ماده : نسبت جرم آب موجود در خلل و فرج یا سطح آزاد ماده در جرم معینی از ماده، به جرم ماده جامد بر حسب درصد را درصد رطوبت یک ماده گویند. درجه حرارت استاندارد 5 ± 110 درجه سانتیگراد برای تعیین این جرمها به کار گرفته می شود.

۴- خلاصه روش انجام آزمایش:

۴-۱- نمونه آزمایش در یک کوره (گرمخانه) با دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد تا رسیدن به یک جرم ثابت خشک می گردد ، کاهش جرم نمونه در اثر خشک شدن به عنوان میزان آب در نظر گرفته می شود و درصد رطوبت با در نظر گرفتن جرم آب و جرم خشک نمونه محاسبه می شود.

۵- اهمیت و کاربرد آزمایش:

۵-۱- برای بسیاری از مواد درصد رطوبت یکی از مهمترین مشخصاتی است که در تعیین ارتباط میان رفتار خاک و خصوصیات شاخص آن به کار می رود.

۵-۲- درصد رطوبت یک ماده در به دست آوردن و شرح روابط موجود میان آب ، هوا و مواد جامد در یک حجم معین به کار میرود.

۵-۳- در خاکهای ریز دانه قوام خاک به درصد رطوبت آن بستگی دارد. درصد رطوبت خاک به همراه حد روانی و خمیری تعیین شده در آزمایش D 4318 برای به دست آوردن قوام خاک و شاخص روانی آن به کار میرود.

۶- وسایل و تجهیزات مورد نیاز:

۶-۱- گرمخانه همراه با کنترل کننده ترموستاتی ترجیحاً از نوع forced-draft و متناسب با مشخصات مقرر شده در E145 و دارای قابلیت کنترل دما در محدوده 5 ± 110 درجه سانتیگراد.

۲-۶- ترازوها: تمامی ترازوها باید نیازهای ذکر شده در D4753 و این بخش را برآورده سازند، ترازوی کلاس GP1 برای جرمهای کمتر از ۲۰۰ گرم (جرم نمونه با ظرف) و دقت ۰/۰۱ گرم و ترازوی GP2 برای جرمهای بیش از ۲۰۰ گرم و با دقت ۰/۱ گرم به کار برده می‌شود، به هر حال ترازوهای به کار رفته، توسط ارقام معنی دار مورد نیاز انتخاب می‌شوند (۸-۲-۱ و ۱۲-۱-۲ را ببینید).

۳-۶- ظروف نمونه: ظروف مناسب بایستی از موادی ساخته شوند که در برابر خوردگی مقاوم باشند و به مرور زمان از بین نروند و در گرم و سرد شدنهای مداوم و در معرض مواد با PH های مختلف و تماس با تمیز کننده ها و شستشوی پیاپی تغییر وزن ندهند. اگر از دسیکاتور استفاده نشود برای نمونه های کمتر از ۲۰۰ گرم ظروف همراه با درپوش و برای نمونه های بیش از ۲۰۰ گرم ظروف بدون درپوش را می توان به کار برد (نکته ۷ را ببینید) برای تعیین هر درصد رطوبت یک ظرف مورد نیاز می‌باشد.

نکته ۲- هدف از استفاده از ظروف همراه با درپوش جلوگیری از جذب رطوبت توسط نمونه بعد از خشک شدن و همینطور از دست دادن رطوبت قبل از اندازه گیری جرم اولیه نمونه مرطوب می باشد.

۴-۶- دسیکاتور: یک محفظه دسیکاتور یا دسیکاتور بزرگ با فضای مناسب، شامل ژل سلیکا یا سولفات کلسیم بدون آب می باشد، بهتر است از ماده جاذب رطوبتی استفاده کنیم که با تغییر رنگ نیازمندی آن به دوباره سازی را نشان دهد.

نکته ۳- سولفات کلسیم بدون آب تحت نام تجاری Driete به فروش می‌رسد.

۵-۶- لوازم جابجایی و حمل ظروف- دستکش، انبرک یا وسیله مناسب دیگری جهت جابجایی ظروف داغ بعد از خشک شدن.

۶-۶- لوازم متفرقه مانند چاقو، کاردک، بیلچه و تقسیم کننده نمونه و پارچه تقسیم کننده

۷- نمونه ها:

۷-۱- نمونه ها بر طبق دستورالعمل D ۴۲۲۰ (خاکهای گروههای D, C, B) نگهداری و انتقال می یابند. نمونه ها را قبل از انجام آزمایش در ظروف غیر قابل نفوذ در مقابل هوا، در درجه حرارت ۳ تا ۳۰ درجه سانتیگراد و در مکانی دور از نور مستقیم خورشید نگهداری کنید. نمونه های دستخورده در داخل ظروف بایستی طوری

نگهداری شوند تا از انباشتگی رطوبت در فضای داخل ظروف جلوگیری شده و غلظت رطوبت در فضای داخل ظروف به حداقل برسد.

۷-۲- تعیین درصد رطوبت بایستی بلافاصله و به سرعت بعد از نمونه گیری انجام شود، خصوصاً زمانی که ظروف قابلیت خوردگی داشته باشند (مانند ظروف آهنی جدار نازک و قوطیهای حلبی رنگی و غیره) و یا زمانیکه از کیسه های پلاستیکی استفاده می شود.

۸- نمونه آزمایش:

۸-۱- به منظور تعیین درصد رطوبتی که در آزمایشهای دیگر ASTM مورد نیاز می باشد جرم نمونه طبق دستورالعمل عنوان شده در همان روش استاندارد انتخاب می شود. اگر در آن روش مقدار حداقلی برای جرم نمونه ارائه نشده بود از مقادیر داده شده در جدول ذیل استفاده می شود.

۸-۲- حداقل جرم ماده مرطوب انتخابی برای اینکه معرف کل نمونه باشد باید مطابق مقادیر داده شده در جدول زیر باشد:

حداقل جرم پیشنهاد شده نمونه مرطوب آزمایش برای تعیین درصد رطوبت با دقت ± 1 درصد	حداقل جرم پیشنهاد شده نمونه مرطوب آزمایش برای تعیین درصد رطوبت با دقت ± 0.1 درصد	اندازه الک استاندارد	حداکثر اندازه دانه ها (۱۰۰) درصد عبوری
۲۰* گرم	۲۰ گرم	شماره ۱۰	۲ میلیمتر یا کمتر
۲۰* گرم	۱۰۰ گرم	شماره ۴	۴/۷۵ میلیمتر
۵۰ گرم	۵۰۰ گرم	$\frac{3}{8}$ اینچ	۹/۵ میلیمتر
۲۵۰ گرم	۲/۵ کیلوگرم	$\frac{3}{4}$ اینچ	۱۹ میلیمتر
۱ کیلوگرم	۱۰ کیلوگرم	$\frac{1}{2}$ اینچ	۳۷/۵ میلیمتر
۵ کیلوگرم	۵۰ کیلوگرم	۳ اینچ	۷۵ میلیمتر

* نمونه کمتر از ۲۰ گرم استفاده نشود.

۸-۲-۱- هنگامی که درصد رطوبت با دقت ۰/۱ درصد گزارش و یا مطابق با بند ۱۲-۱-۲ مشخص می شود، ممکن است که حداقل جرم نمونه آزمایش جهت رسیدن به دقت لازم برای محاسبه جرم آب، افزایش یابد.

۸-۳- در استفاده از نمونه آزمایشی کمتر از حداقل مقدار اشاره شده در بخش ۸-۲ باید احتیاط نمائیم، اگر چه ممکن است مناسب اهداف این آزمایش باشد. هر نمونه ای که با موارد ذکر شده مطابقت نداشت باید در فرمها یا برگه های داده های آزمایشگاهی ذکر شود.

۸-۴- هنگام کار با نمونه های کوچک (کمتر از ۲۰۰ گرم) که شامل ذرات شن نسبتاً بزرگ می باشند. وجود این ذرات در نمونه آزمایشگاهی مناسب نیست. در صورتیکه ذره ای یا دانه ای از نمونه حذف گردد بایستی در گزارش و در برگه ها و شیت های آزمایشگاهی قید گردد.

۸-۵- حداقل مقدار نمونه های کاملاً سنگی ۵۰۰ گرم می باشد و ممکن است نمونه معرف با توجه به اندازه نمونه ها، ظروف و ترازوهای به کار رفته و آسانتر خشک شدن نمونه و رسیدن به وزن ثابت، به قسمتهای کوچکتری شکسته شود. در صورتیکه دقت درصد رطوبت تنها تا دو رقم معنی دار مورد قبول باشد ممکن است نمونه هایی به میزان ۲۰۰ گرم آزمایش شوند.

۹- انتخاب نمونه آزمایش:

۹-۱- زمانی که نمونه آزمایش بخشی از یک مقدار بزرگتر از مواد باشد، این نمونه باید طوری انتخاب گردد که رطوبت آن معرف رطوبت کل مواد باشد. قاعده انتخاب نمونه بستگی به هدف، روش و نوع مواد مورد آزمایش جهت تعیین رطوبت و نوع نمونه (تهیه شده از آزمایشات دیگر و کیسه ها و استوانه های نمونه گیری و موارد مشابه) دارد.

۹-۲- در هنگام نمونه گیری از نمونه های دست خورده مانند نمونه های موجود در کیسه ها و جعبه ها و موارد مشابه به یکی از روشهای ذیل عمل نمائید (به ترتیب اولویت ذکر گردیده اند):

۹-۲-۱- اگر مصالح طوری باشند که در حین استعمال و بکاربردنشان، رطوبت قابل توجهی را از دست ندهند و بین دانه هایشان جدایی اتفاق نیافتد، در این صورت برای انتخاب نمونه معرف باید نمونه کاملاً مخلوط شده و با استفاده از پیمانان ای که اندازه آن مطابق با ضوابط بخش ۸-۲ می باشد، نمونه معرف را اخذ نمود.

۹-۲-۲-۲- وقتی که مواد توده ای شکل (محل دیو) باشند به طوریکه نتوان آنها را به طور کامل مخلوط کرده و یا اینکه امکان مخلوط کردن و نمونه گیری از آنها توسط یک پیمانه میسر نباشد، تا حد امکان مخلوط می شوند و حداقل از ۵ نقطه تصادفی و توسط لوله های نمونه گیر، بیل، بیلچه، کمچه و ابزارهای مشابه با توجه به حداکثر اندازه دانه ها نمونه گیری انجام شده و سپس برای دستیابی به نمونه نهائی تمام بخشها مخلوط می شوند.

۹-۲-۳- اگر مواد یا وضعیتشان چنان باشد که یک توده نتواند شکل بگیرد، در این صورت تا آنجا که ممکن است نمونه های بیشتری از محل های تصادفی که معرف بهترین حالت رطوبت کل خاک باشد اخذنموده و برای دستیابی به نمونه نهائی تمام بخشها را مخلوط نمایید.

۹-۳-۳- تهیه نمونه از لوله های نمونه گیر و استوانه های فلزی نمونه گیری و موارد مشابه حاوی نمونه دست نخورده بر اساس هدف و موارد استفاده به یکی از روشهای ذیل صورت می پذیرد:

۹-۳-۱- با استفاده از یک چاقو یا اره سیمی یا شیء تیزی شبیه آنها بخش خارجی نمونه را برش داده تا اگر مواد لایه ای باشند مشخص شود و همچنین موادی را که خشک تر یا مرطوب تر از بخش اصلی نمونه به نظر می رسند را جدا کرده و در صورتی که وجود لایه های مختلف مورد تردید باشد نمونه را به دو نیم تقسیم نمائید و اگر مواد لایه لایه بودند بخش ۹-۳-۳ را مطالعه فرمائید.

۹-۳-۲- اگر مواد لایه لایه نبودند نمونه را مطابق با جرم مورد نیاز بیان شده در بخش ۸-۲ و به روشهای ذیل اخذ نمائید:

۱- برداشتن تمام یا نیمی از بخش مورد آزمایش.

۲- برش تکه ای به عنوان معرف بخش مورد آزمایش.

۳- برشی از سطح رویه تمام یا نیمی از بخش مورد آزمایش.

نکته ۴- به دلیل از دست دادن رطوبت در بعضی از خاکهای با پیوستگی کم (غیر جاذب مولکولی) ممکن است به نمونه برداری از کل قسمت احتیاج پیدا شود.

۹-۳-۳- اگر با یک ماده لایه ای (یا بیش از یک نوع ماده) مواجه شویم نمونه ای میانگین انتخاب می نماییم، یانمونه های انفرادی از هر قسمت تهیه کرده و یا از ترکیبی از هر دو روش استفاده می نماییم. باید موقعیت نمونه ها و اینکه آنها نشان دهنده چه چیزی هستند به درستی در برگه ها و شیت های آزمایش قید شود.

۱۰- روند انجام آزمایش:

۱۰-۱- جرم ظرف خشک و تمیز را به همراه درپوش آن (در صورت استفاده) تعیین و یادداشت نمایید.

۱۰-۲- نمونه های معرف را مطابق با بخش ۹ انتخاب نمایید.

۱۰-۳- نمونه مرطوب را در ظرف قرار داده و درپوش را محکم روی آن قرار دهید (اگر به کار برده شده) و سپس وزن ظرف و مواد مرطوب را با استفاده از ترازویی که بر اساس جرم نمونه انتخاب شده تعیین و یادداشت نمایید. (رجوع شود به بخش ۶-۲)

نکته ۵- به منظور جلوگیری از اختلاط نمونه ها و تحصیل نتایج نادرست، تمامی ظروف و دربهای آنها باید شماره گذاری گردند و این شماره ها در برگه های گزارشات آزمایشگاهی ثبت شوند. می بایست شماره ظروف با شماره درپوشهایشان یکی باشد تا اشتباهی رخ ندهد.

نکته ۶- به منظور کمک به خشک شدن نمونه های بزرگ در گرمخانه، بایستی آنها در ظروفی با سطوح بزرگ قرار داده شوند (مانند ظروف ماهیتابه ای شکل) و مواد به ذرات کوچکتری تفکیک گردند.

۱۰-۴- درپوش را برداشته (اگر به کار برده شده) و ظرف را به همراه مواد مرطوب داخل آن در گرمخانه قرار دهید و مواد را تا رسیدن به وزن ثابت خشک نمایید و دمای گرمخانه را در 5 ± 110 درجه سانتیگراد ثابت نگاه دارید. مگر به گونه ای غیر از این مشخص گردیده باشد (به بخش ۱-۴ رجوع کنید) زمان لازم جهت رسیدن به وزن ثابت به نوع مواد و اندازه نمونه و نوع گرمخانه و ظرفیت آن و موارد دیگر بستگی دارد. تاثیر این فاکتورها کلاً با یک قضاوت مهندسی خوب و تجربه استفاده از مواد آزمایش شده و تجهیزات به کار برده شده قابل اثبات است.

نکته ۷- در بیشتر موارد خشک شدن نمونه طی یک شب، در حدود ۱۲ تا ۱۶ ساعت کافی می باشد و در مواقعی که در مورد خشک شدن نمونه شک وجود داشته باشد، خشک شدن باید تا زمانی که تغییرات وزن بعد از دو بار توزین متوالی (در فاصله بیش از یک ساعت) مقدار ناچیزی باشد (کمتر از ۰/۱ درصد) ادامه یابد. وقتی از یک گرمخانه forced-draft استفاده میشود امکان خشک شدن نمونه های ماسه در زمانی حدود ۴ ساعت نیز وجود دارد.

نکته ۸- از آنجایی که امکان جذب رطوبت توسط نمونه خشک از نمونه مرطوب وجود دارد باید قبل از اینکه نمونه مرطوب در داخل گرمخانه گذاشته شود، نمونه های خشک از گرمخانه خارج شوند. در هر صورت باقی ماندن نمونه های خشک قبلی در گرمخانه برای یک دوره زمانی بیشتر از حدود ۱۶ ساعت، امکان پذیر و مناسب نمی باشد.

۱۰-۵- بعد از خشک شدن نمونه و رسیدن به جرم ثابت ظرف را از داخل گرمخانه خارج نموده (درپوش را روی آن گذاشته) و سپس اجازه می دهیم تا ظرف و مواد موجود در آن تا رسیدن به دمای اتاق سرد شوند. و یا تا زمانی که ظرف محتوی نمونه قابل جابه جایی توسط دست باشد و عمل توزین تحت تاثیر جریان انتقال گرما قرار نگیرد و ترازو داغ نگردد. سپس وزن ظرف به همراه خاک خشک درون آن را تعیین می نماییم. ترازوهای مربوط به بخش ۱۰-۳ با همان ظرفیت و از همان نوع در این قسمت استفاده می شوند و مقادیر فوق ثبت می گردند. هنگامی که مشخص شود نمونه قبل از تعیین وزن خشک از هوا رطوبت جذب می کند باید درپوشهای مناسب و محکم مورد استفاده گرفته شوند.

نکته ۹- خشک کردن نمونه در یک دسیکاتور و به جای استفاده از ظروف با درپوشهای محکم، مناسب تر و قابل قبول تر می باشد، چرا که خطرات جذب رطوبت نمونه از هوا را در طول مدت سرد شدن کاهش می دهد و خصوصاً به جای ظروف بدون درپوش محکم مناسب است.

۱۱- محاسبات:

۱۱-۱- درصد رطوبت را به روش زیر محاسبه کنید:

$$W = [(M_{cws} - M_{cds}) / (M_{cds} - M_c)] \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

که در آن:

$$W = \text{درصد رطوبت نمونه}$$

$$M_{cws} = \text{جرم نمونه مرطوب با ظرف برحسب گرم}$$

$$M_{cds} = \text{جرم نمونه خشک با ظرف برحسب گرم}$$

$$M_c = \text{جرم ظرف برحسب گرم}$$

$$M_w = \text{جرم آب} (M_w = M_{cws} - M_{cds}) \text{ برحسب گرم}$$

$$M_s = \text{جرم ذرات جامد} (M_s = M_{cds} - M_c) \text{ برحسب گرم}$$

۱۲- گزارشات:

۱۲-۱- فرم ها و برگه های داده های آزمایش باید شامل موارد ذیل باشند:

۱۲-۱-۱- مشخصات نمونه (ماده) آزمایش شده از قبیل شماره آزمایش، شماره نمونه، شماره ظرف، شماره گمانه و غیره

۱۲-۱-۲- بر اساس حداقل مقدار نمونه درصد رطوبت نمونه با تقریب ۱ یا ۰/۱ درصد گزارش شود. اگر این استاندارد در ارتباط با استاندارد آزمایش دیگری باشد، درصد رطوبت نمونه می بایست با مقدار مورد نیاز برای آن آزمایش گزارش گردد. به راهنمای D6026 برای راهنمایی در مورد اهمیت اعداد معنی دار، خصوصاً هنگامی که مقدار به دست آمده از این آزمایش برای محاسبه سایر مشخصات مانند وزن واحد حجم، دانسیته و به کار می رود مراجعه نمایید. به عنوان مثال اگر قرار باشد وزن واحد حجم خشک با دقت ۰/۱ پوند بر فوت مکعب و یا ۰/۰۲ کیلو نیوتن بر متر مکعب بیان شود، ممکن است لازم باشد تا از یک ترازو با دقت بالا یا نمونه ای با جرم بیشتر استفاده شود تا اعداد معنی دار مورد نیاز برای جرم آب به طوریکه درصد رطوبت قابل تعیین با آن اعداد و ارقام معنی دار باشد تامین گردند. به علاوه ممکن است اعداد معنی دار موجود در راهنمای D6026 در صورتی که نسبتهای مراحل محاسباتی نیاز به ۴ رقم معنی دار داشته باشند افزایش پیدا کنند.

۱۲-۱-۳- در صورت دارا بودن جرمی کمتر از حداقل بیان شده در بخش ۸-۲ آنرا بیان کنید.

۱۲-۱-۴- اگر نمونه از بیش از یک ماده تشکیل شده بود آنرا بیان کنید. (لایه ای و غیره)

۱۲-۱-۵- درجه حرارت گرمخانه را در صورت مغایرت با 110 ± 5 درجه سانتیگراد بیان کنید.

۱۲-۱-۶- هر ماده ای (از لحاظ مقدار و اندازه) که از نمونه آزمایش جدا شده بود، مشخص شود.

۱۲-۲- وقتی درصد رطوبت در جداول و به صورت ارقام و غیره گزارش می شود، هر داده ای که متناسب با نیازهای این روش آزمایش نبوده از قبیل عدم تطابق ترازو، جرم یا درجه حرارت مورد نیاز یا بخشی از ماده که از نمونه آزمایش جدا شده است باید یادداشت شود.

۱۳- دقت و میزان خطا :

۱۳-۱- شرح خطا:

برای مقادیر مورد استفاده در این آزمایش هیچ مقدار مرجع قابل قبولی در مورد خطا وجود ندارد، بنابراین خطا در این آزمایش نمی تواند محاسبه شود.

۱۳-۲- شرح دقت:

۱۳-۲-۱- دقت یک آزمایش کننده (تکرار پذیری)^۱ : ضریب تغییرات^۲ یک آزمایش کننده، ۲/۷ درصد میباشد بنابراین به نتایج دو آزمایش که به نحوی مطلوب و توسط یک آزمایش کننده و با تجهیزات یکسان انجام می شود نباید شک کرد، مگر اینکه بیش از ۷/۸ درصد میانگینشان با هم اختلاف داشته باشند.

۱۳-۲-۲- دقت چند آزمایشگاه (تجدید پذیری)^۳ : ضریب تغییرات چند آزمایشگاه در این آزمایش ۵ درصد میباشد، بنابراین به نتایج دو آزمایش که به نحوی مطلوب و توسط آزمایش کننده های مختلف و با وسایل آزمایشگاهی متفاوت انجام می شود نباید شک کرد، مگر اینکه بیش از ۱۴ درصد میانگینشان با هم اختلاف داشته باشند.

۱- repeatability

۲- (میانگین/انحراف معیار) = ضریب تغییرات

۳- reproducibility

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(تصویب مجدد ۱۹۹۳) ASTM : D ۲۴۲۴ - ۶۸
روش استاندارد آزمایش نفوذپذیری خاکهای دانه‌ای (ارتفاع ثابت)

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش ضریب نفوذپذیری با روش ارتفاع ثابت برای جریان آرام آب از خاکهای دانه‌ای را تعیین می‌نماید. منظور بدست آوردن مقادیر معرف ضریب نفوذپذیری خاکهای دانه‌ای می‌باشد که، در لایه‌های رسوبی طبیعی موجود در خاکریزها، یا هنگام استفاده در لایه‌های اساس ممکن است اتفاق بیفتند. برای محدود کردن اثرات تحکیم در اثنای آزمایش، این روش به خاکهای دانه‌ای دستخورده‌ای محدود می‌گردد که محتوی بیش از ۱۰٪ عبوری از الک ۷۵ میکرون (نمره ۲۰۰) نباشد.

۱-۲- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند، استفاده کننده از این استاندارد مسئولیت دارد تا اصول ایمنی و صحت را رعایت کند و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۲- مراجع استاندارد

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D ۴۲۲ روش آزمایش تعیین دانه‌بندی خاکها

D ۲۰۴۹ روش آزمایش تعیین دانسیته نسبی خاکهای غیرچسبنده

۳- شرایط اساسی آزمایش

۳-۱- شرایط ایده‌آل آزمایش بشرح زیر، برای جریان آرام آب در خاکهای دانه‌ای با روش ارتفاع ثابت، لازم می‌باشد:

۳-۱-۱- ادامه جریان بدون تغییر حجم خاک در اثنای آزمایش

۳-۱-۲- جریان با فضاهای تخلخل اشباع و بدون حباب هوا در فضاهای خاک

۳-۱-۳- جریان در حالت پایدار و بدون تغییرات در گرادیان هیدرولیک

۳-۱-۴- تناسب مستقیم سرعت جریان با گرادیان‌های هیدرولیک پائین‌تر از مقادیر معین، که در آن جریان متلاطم شروع می‌شود.

۳-۲- تمام انواع دیگر جریان شامل اشباع جزئی فضاهای خاک، جریان متلاطم، جریان ناپایدار مشخصات زودگذر میباشد و ضرائب نفوذپذیری متغیر و وابسته به زمان را حاصل می‌شود، لذا نیاز به شرایط آزمایش و روشهای خاص دارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴- لوازم

۴-۱- نفوذپذیری سنج ها - که در شکل ۱ نشان داده شده است، مطابق جدول ۱ بایستی دارای استوانه‌های نمونه با حداقل قطرهای تقریباً ۸ تا ۱۲ برابر حداکثر اندازه دانه‌ها باشد. نفوذپذیری سنج بایستی مجهز به (۱) یک صفحه متخلخل یا پوسته، مسلح مناسب در پائین با نفوذپذیری زیادتر از نمونه خاک، (۲) سوراخ‌ها به اندازه کافی ریز باشد (ته بزرگتر از ۱۰٪ اندازه ریزتر) تا از حرکت ذرات ممانعت شود (۳) خروجی‌های فشارسنج برای اندازه‌گیری کاهش ارتفاع، h ، در طول، L حداقل معادل قطر سیلندر (۳) صفحه متخلخل یا پوسته مسلح مناسبی با فتری متصل به بالا، یا هر وسیله دیگر، برای اعمال اندکی از بار کل ۲۲ تا ۲۵ نیوتن (۱۰۵۵ پوند) ناشی از فشار فتر، هنگامیکه صفحه بالایی در محل بسته است. این عمل دانسیته و حجم خاک جای گرفته را در اثنای اشباع نمونه و آزمایش نفوذپذیری، برای برآورده نمودن نیاز تعیین شده در بند ۳-۱-۱ بدون تغییر مهمی محفوظ می‌دارد.

۴-۲- تانک فیلتردار ارتفاع ثابت - همانطوریکه در شکل ۱ نشان داده شده است، برای تهیه آب و حذف بیشتر هوا از شیر آن است و مجهز به دریچه‌های کنترل مناسب برای نگهداری شرایط شرح داده شده در بند ۳-۱-۲ می‌باشد.

توجه ۱- آب بدون هوا - در صورتیکه ترجیح داده شود، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۴-۳- قیف‌های بزرگ - به لوله‌های استوانه‌ای ویژه به قطر ۲۵ میلی‌متر (یک اینچ) برای حداکثر اندازه ذرات ۹/۵ میلی‌متر ($\frac{3}{8}$ اینچ) و به قطر ۱۳ میلی‌متر ($\frac{1}{2}$ اینچ) برای حداکثر اندازه ذرات ۲ میلی‌متر (نمره ۱۰) مجهز می‌باشند. طول لوله بایستی از طول کامل محفظه نفوذپذیری حداقل ۱۵۰ میلی‌متر (۶ اینچ) بزرگتر باشد.

۴-۴- لوازم تراکم نمونه - می‌توان لوازم تراکمی را که بنظر مناسب می‌رسد مورد استفاده قرار داد. بشرح زیر پیشنهاد می‌گردد: کربنده ارتعاشی مجهز به پایه کوب به قطر ۵۱ میلی‌متر (۲ اینچ)، کوبنده لغزان یا پایه کوب به قطر ۵۱ میلی‌متر (۲ اینچ)، و یک میله برای لغزاندن وزنه‌های ۱۰۰ گرمی (۰/۲۵ پوند) (برای ماسه‌ها) تا یک کیلوگرم (۲/۲۵ پوند) (برای خاکهای محتوی شن درشت) دارای ارتفاع سقوط قابل تنظیم، تا ۱۰۲ میلی‌متر (۴ اینچ) برای ماسه‌ها و ۲۰۳ میلی‌متر (۸ اینچ) برای خاکهای همراه با شن دانه درشت، می‌باشد.

۴-۵- پمپ خلاء یا شیر هواگیری - برای تخلیه و اشباع نمونه‌های خاک تحت خلاء کامل (شکل ۲ را ببینید)

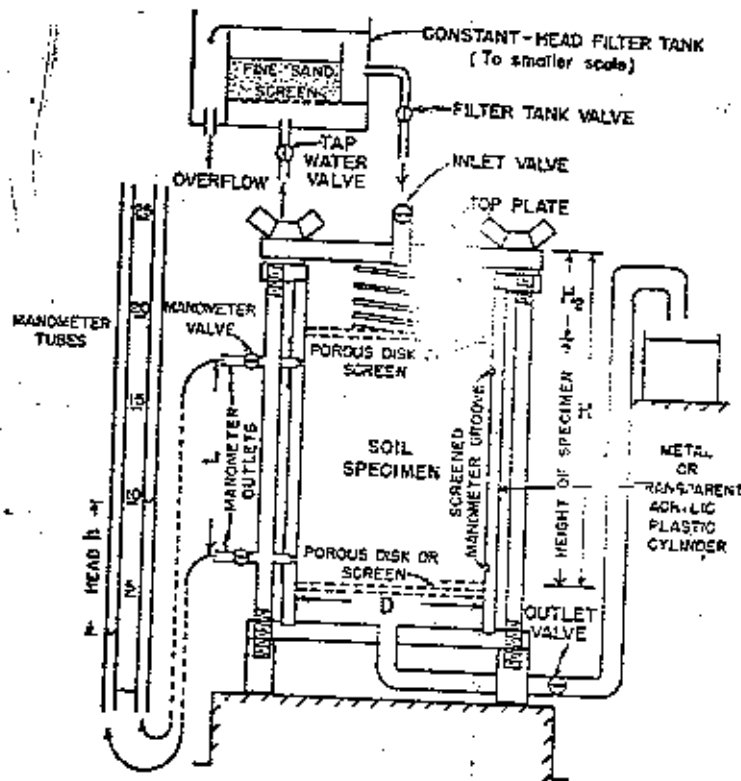
۴-۶- لوله‌های فشارسنج با درجه بندی متریک برای اندازه‌گیری ارتفاع آب

۴-۷- ترازو با ظرفیت ۲ کیلوگرم (۴/۴ پوند) و دقت یک گرم (۰/۰۰۲ پوند)

۴-۸- بیلچه یا ظرفیتی در حدود ۱۰۰ گرم (۰/۲۵ پوند) خاک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۹- لوازم متفرقه - گرماسنج، ساعت با عقربه ثانیه شمار، پیمانانه مدرج ۲۵۰ میلی لیتری، پیمانانه حدود یک لیتری، سیتی برای مخلوط کردن، و غیره



شکل ۱. نفوذپذیری سنج با ارتفاع ثابت

۵- نمونه

۵-۱- نمونه‌ای معرف از خاک دانه‌ای در هوا خشک شده، کمتر از ۱۰٪ مصالح عبوری از الک ۷۵ میکرون (نمره ۲۰۰) دارا باشد، با روش چهار قسمتی بمقدار کافی برای تأمین نیازهای شرح داده شده در بندهای ۵-۲ و ۵-۳ بایستی انتخاب شود.

۵-۳- قبل از آزمایش نفوذپذیری، روی نمونه‌ای معرف از تمام خاک، بایستی دانه بندی (روش ۴۲۲ D را ببینید) انجام شود. دانه‌های بزرگتر را ۱۹ میلی متر ($\frac{3}{4}$) بایستی با الک جدا شود. این مصالح بزرگتر از اندازه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نیاستی برای آزمایش نفوذپذیری مورد استفاده قرار گیرد ولی درصد مصالح بزرگتر از اندازه بایستی یادداشت شود.

توجه ۲ - بمنظور برقراری مقادیر معرف ضرائب نفوذپذیری برای محدوده تغییراتی که ممکن است در محل مورد بررسی موجود باشد، نمونه‌هایی از خاکهای ریزتر، متوسط، درشت‌تر را بایستی برای آزمایش بدست آورد.

۵-۳ - از مصالحی که دانه‌های بزرگتر از اندازه از آنها حذف شده است (بند ۵-۲ را ببینید) روش $\frac{1}{4}$ را انتخاب کنید نمونه‌ای، تقریباً دو برابر مورد نیاز برای پرکردن محفظه نفوذپذیری، برای آزمایش انتخاب کنید.

۶- تهیه نمونه‌ها

۶-۱ - اندازه نفوذپذیری سنج مورد استفاده باید مطابق جدول شماره ۱ باشد.

۶-۲ - اندازه‌گیری‌های اولیه بشرح زیر را به سانتیمتر یا سانتیمتر مربع انجام دهید و روی برگه داده‌ها

یادداشت نمایید. (شکل ۳) - قطر داخلی نفوذپذیری سنج، D و طول بین خروجی‌های فشارسنج، L ، و عمق

H_1 در چهار نقطه بفواصل قرینه از سطح بالائی صفحه فوقانی استوانه نفوذپذیری تا رویه تور سیمی یا سنگ

متخلخل بالایی که بطور موقت روی تور سیمی یا صفحه متخلخل پائینی قرار گرفته، اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین

بطور اتوماتیک ضخامت تور سیمی یا صفحه متخلخل بالائی را از اندازه‌های مورد استفاده برای تعیین حجم

خاک جای گرفته در سیلندر نفوذپذیری کم می‌کند. صفحه فوقانی دوتائی مورد استفاده قرار دهید که دارای چهار

سوراخ بزرگ بفواصل قرینه باشد تا از وسط آنها مقدار میانگین H_1 بتواند تعیین شود. سطح مقطع نمونه، A ، را

تعیین کنید.

۶-۳ - بخش کمی از نمونه، انتخاب شده مطابق شرح بند ۵-۳، را برای تعیین درصد رطوبت بردارید. وزن

باقیمانده نمونه در هوا خشک شده (بند ۵-۳ را ببینید)، W_1 ، را برای تعیین وزن مخصوص یادداشت کنید.

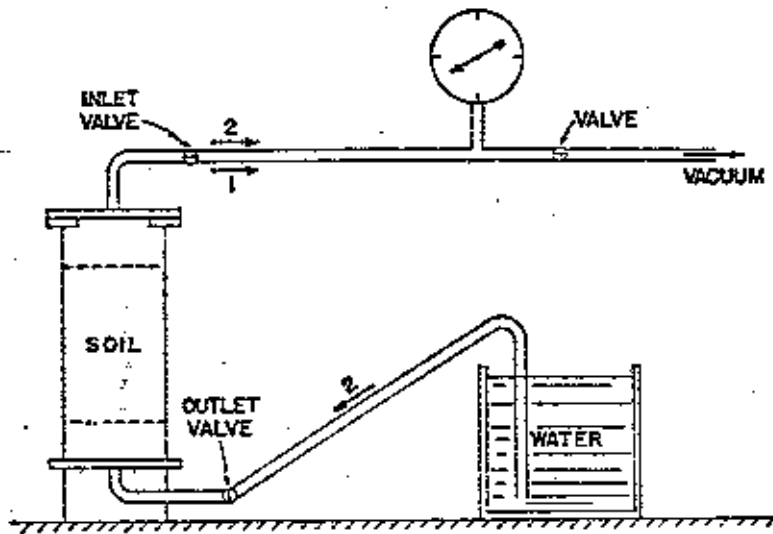
۶-۴ - خاک آماده شده را با یکی از روش‌های زیر در لایه‌های نازک یکنواخت با ضخامت، بعد از

تراکم، مساوی با حداکثر اندازه ذرات جای دهید ولی ضخامت لایه ها کمتر از تقریباً ۱۵ میلی‌متر (0.6 اینچ)

نباشد.

جدول ۱ - قطر استوانه

حداقل قطر استوانه		
بیشتر از ۳۵٪ کل خاک روی الک باقی بماند	کمتر از ۳۵٪ کل خاک روی الک باقی بماند	حداکثر اندازه دانه که بین الک‌ها قرار می‌گیرد
2 mm (نمره ۱۰) و $9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ")	$9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ") و 2 mm (نمره ۱۰)	
-	76 mm (۳")	$9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ") و 2 mm (نمره ۱۰)
-	152 mm (۶")	$9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ") و 119 mm ($\frac{3}{4}$ ")
-	-	119 mm ($\frac{3}{4}$ ") و $9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ")
-	-	119 mm ($\frac{3}{4}$ ") و $9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ")
-	-	119 mm ($\frac{3}{4}$ ") و $9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ")
-	-	119 mm ($\frac{3}{4}$ ") و $9/5 \text{ mm}$ ($\frac{3}{8}$ ")



شکل ۲ - وسیله تخلیه هوا و اشباع نمونه

۴-۱- برای خاکهای دارای حداکثر اندازه $9/5$ میلی متر ($\frac{3}{8}$ اینچ) یا کمتر، همانطوریکه در بند ۴-۳ شرح داده شده، قیف با اندازه مناسب را با لوله در تماس یا تور سیمی یا صفحه متخلخل زیرین، لایه تشکیل شده قبلی در دستگاه نفوذپذیری قرار دهید. قیف را برای تشکیل یک لایه به اندازه کافی پر کنید. خاک را از جاهای مختلف، نمونه در سینی، بردارید. قیف را تا 15 میلی متر ($0/6$ اینچ)، یا تقریباً ضخامت تحکیم نشده لایه‌ای که

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بایستی تشکیل شود، بالا ببرید. خاک را با حرکتی مارپیچی و آهسته در پیرامون وسیله بطرف مرکز پخش کنید، بطوریکه لایه‌ای یکنواخت تشکیل شود. خاک در سینی را برای هر لایه مجدداً مخلوط نمائید تا جدایی دانه‌ها ناشی از برداشتن خاک از سینی کاهش یابد.

۴-۲-۶ - برای خاکهای با حداکثر اندازه بزرگتر از ۹/۵ میلی متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)، با بیلچه خاک را پخش کنید. با لغزاندن بیلچه‌ای در خاک به ته یا لایه تشکیل شده در وضعیت تقریباً افقی در امتداد سطح داخلی دستگاه سپس کج کردن بیلچه و کشیدن آن بطرف مرکز با حرکتی آهسته، می‌توان پخش یکنواختی را بدست آورد. این عمل باعث می‌شود تا خاک از بیلچه یکنواخت و بدون جدایی دانه‌ها ریخته شود. استوانه نفوذپذیری را به اندازه کافی برای بیلچه بعدی بچرخانید، بدین گونه گرداگرد پیرامون داخلی پیش رفته تا لایه متراکم یکنواختی به ضخامتی مساوی با حداکثر اندازه ذرات تشکیل شود.

۵-۶ - لایه‌های متوالی خاک را تا دانسیته نسبی مطلوب با روش‌های مناسب تا ارتفاع حدود ۲ سانتیمتر ($\frac{1}{8}$ اینچ) بالاتر از خروجی فشارسنج فوقانی متراکم نمائید.

۵-۶ - دانسیته حداقل (دانسیته نسبی %) با یکی از روش‌های مشروح در بند ۴-۶ یا ۲-۴-۶، لایه‌های خاک را پی در پی قرار دهید تا دستگاه تا سطح مناسب بر شود.

۲-۵-۶ - دانسیته حداکثر (دانسیته نسبی ۱۰۰ %)

۱-۲-۵-۶ - تراکم با کوبنده ارتعاشی - هر لایه خاک را بطور کامل یا کوبنده ارتعاشی متراکم نمائید. عمل کوبیدن آهسته را بطور یکنواخت و منظم در سرتاسر سطح لایه پخش نمائید. فشار تماس و مدت زمان اثر لرزش در هر نقطه نباید باعث فرار خاک از زیر لایه‌های پایه کوب و در نتیجه سستی لایه گردد. برای بدست آوردن حداکثر دانسیته با اندازه کافی لایه اجرا نمائید، بطوریکه عملاً ذرات سطح نزدیک به لایه‌های پایه کوب هیچ حرکت قابل مشاهده‌ای نداشته باشد.

۲-۲-۵-۶ - تراکم با کوبنده وزنی لغزان - هر لایه خاک را، با کوبیدن ضربات که بطور یکنواخت سراسر سطح لایه پخش شود، بطور کامل متراکم نمائید. ارتفاع سقوط را تنظیم نمائید برای بدست آوردن حداکثر دانسیته، با توجه به درستی و مقدار شن خاک، تعداد کافی لایه در نظر بگیرید.

۳-۲-۵-۶ - تراکم با سایر روش‌ها - تراکم می‌تواند با سایر روش‌های تأیید شده انجام شود، بعنوان مثال با دستگاه پرکننده ارتعاشی که در آن برای بدست آوردن نمونه‌ای یکنواخت بدون جدایی ذرات دقت می‌شود (روش آزمایش ۲۰۴۹ D را ببینید).

۳-۵-۶ - میانگین دانسیته نسبی بین صفر و صد درصد - با آزمایش در ظرف جداگانه با قطر مساوی با قطر استوانه نفوذپذیری، تراکم را تنظیم نمائید تا مقادیر مجدد دانسیته نسبی رله بدست آورید. با این

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

روش‌ها خاک را در لایه‌های نازک تا ارتفاعی در حدود ۲ سانتی‌متر (۸/۰ اینچ) بالای خروجی فشارسنج فوقانی متراکم نمائید.

توجه ۳- بمنظور طبقه‌بندی بطور منظم و معرف شرایط دانسیته نسبی که امکان دارد در لایه‌های طبیعی یا در خاکریز متراکم حکم فرما باشد، مجموعه‌ای از آزمایشهای نفوذپذیری بایستی انجام شود تا محدوده دانسیته نسبی صحرائی طبقه‌بندی گردد.

۶-۶-۶- تهیه نمونه برای آزمایش نفوذپذیری:

۶-۶-۱- سطح بالائی خاک را، با در محمل قرار دادن تور سیمی یا صفحه متخلخل بالائی و آرام چرخاندن به عقب و جلو، تراز نمائید.

۶-۶-۲- ارتفاع نهائی نمونه $H_1 - H_2$ ، که در آن H_2 از سطح بالائی صفحه متخلخل فوقانی، که برای اندازه‌گیری H_1 مورد استفاده قرار می‌گیرد، تا رویه تور سیمی یا صفحه متخلخل بالائی می‌باشد را اندازه‌گیری و یادداشت نمائید و در حین اندازه‌گیری بایستی فنر را به آرامی فشار داده تا تور سیمی یا صفحه متخلخل جای گیرد. وزن نهائی خاک خشک شده در هوا مورد استفاده در آزمایش ($W_1 - W_2$) را، با وزن کردن خاک باقیمانده در سینی (W_1)، نیز اندازه‌گیری و یادداشت نمائید. وزن مخصوص‌ها، نسبت تخلخل، و دانسیته نسبی نمونه مورد آزمایش را محاسبه و یادداشت نمائید.

۶-۶-۳- صفحه فوقانی را، در حالیکه واشر آن در جایش می‌باشد، بر فنر فشار دهید و محکم به بالای استوانه نفوذپذیرسنج وصل کنید و از هوا نفوذناپذیر نمائید. بنابراین شرایط توصیف شده در بند ۱-۱-۳ در مورد نگهداری دانسیته اولیه، بدون تغییر حجم قابل ملاحظه در اثنای آزمایش، را تأمین می‌نماید.

۶-۶-۴- با استفاده از پمپ تخلیه یا هواکش مناسب، نمونه را حداقل ۱۵ دقیقه تحت ۵۰ سانتی‌متر (۲۰ اینچ) جیوه تخلیه نمائید تا هوای چسبیده به ذرات خاک و در فضاها، متخلخل بیرون رود. بمنظور آزاد کردن هوای باقیمانده در نمونه، با اشیاء کند نمونه تحت خلاء کامل از پائین به بالا (شکل ۲) تخلیه را ادامه دهید. با استفاده از (۱) آب بدون هوا یا (۲) آب نگه‌داری شده در جریانی با درجه حرارت باندازه کافی زیاد که باعث کاهش گرادبان حرارتی در نمونه در اثنای آزمایش می‌شود، اشیاء ممتد و بیش از بحد می‌تواند ادامه یابد. آب محلی یا آب محتوی مواد معدنی کم را (توجه ۴) بایستی برای آزمایش مورد استفاده قرار داد، اما در هر حالت مایع سیال بایستی روی فرم گزارش (شکل ۳) تشریح گردد. این عمل شرط توصیف شده در بند ۱-۱-۳، جهت اشیاء فضای متخلخل خاک را تأمین می‌نماید.

آزمایش نفوذپذیری خاکهای دانه‌ای

شماره آزمایش: تاریخ نمونه‌گیری: محل نمونه: گمانه:
 تاریخ آزمایش: گزارش: عمق: نمونه:

(a) - تشریح خاک :

مصالح مورد استفاده :

(b) - تعیین وزن مخصوص

قطر، D ، cm : ارتفاع قبل، H_1 : وزن قبل، W_1 :

سطح، A ، cm^2 : ارتفاع بعد، H_2 : وزن بعد، W_2 :

طول، L ، cm : ارتفاع خالص، cm : وزن خالص، g :

W - (حداکثر) : درصد رطوبت (در هوا خشک شده) :

W - (حداقل) : وزن مخصوص خشک (lb/ft^3) W :

نسبت تخلخل، e :

دائریته نسبی، RD :

(c) - آزمایش نفوذپذیری (درجه تراکم)

K (cm/s)	درجه حرارت (°c)	$\frac{h}{L}$	$\frac{Q}{AT}$ (sec)	t (sec)	Q (cm ³)	ارتفاع h (cm ²)	فشارسنج		شماره آزمایش
							H_0	H_1	

شکل ۳ - برگه داده‌های آزمایش نفوذپذیری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ۴ - آب محلی آبی است که در صخره یا خاک محل موجود است. در صورت امکان بایستی مورد استفاده قرار گیرد، لیکن می تواند (مانند آب بدون هوا) خالص باشد و معمولاً استخراج برای آزمایش کردن به مقیاس وسیع عملی نیست.

۶-۵-۶ - بعد از اینکه نمونه اشباع گردید و نفوذپذیرسنج پر از آب شد، شیر پائینی روی لوله خروجی را ببندید (شکل ۲) و خلاء را قطع کنید. بایستی دقت نمود تا مطمئن شد که سیستم جریان نفوذپذیری و سیستم فشار عاری از هوا باشد و بطور رضایت بخش کار کند. با بازکردن ملایم شیر بشکه فیلتردار لوله ورودی را از بشکه ارتفاع ثابت، با آب پر کنید. سپس لوله ورودی را به بالای نفوذپذیری سنج وصل کنید، شیر ورودی را اندکی باز کنید و شیرهای آب خروجی فشارسنج را کمی باز کنید تا امکان جریان داده شود. بدینسان آنها را عاری از هوا نمائید. لوله های آب فشارسنج را به خروجی های فشارسنج وصل کرده و با آب پر کنید تا هوا خارج گردد. شیر ورودی را ببندید و شیر خروجی را باز کنید تا آب داخل لوله های فشارسنج تحت ارتفاع صفر به سطح آب پایدارشان برسد.

۷- روش آزمایش

۷-۱ - شیر ورودی از تانک فیلتردار را برای دور اول اندکی باز کنید تا شرایط توصیف شده در بند ۳-۱-۳ بوجود آید. اندازه گیری های مقدار جریان و حرارت را بتعویق بیندازید تا بوضعیت ارتفاع ثابتی، بدون حرکت محسوس در سطوح آب فشارسنج، برسد. زمان، t ، ارتفاع، h ، (اختلاف سطح در فشارسنج ها)، مقدار جریان Q و دمای آب T را اندازه گیری و یادداشت نمائید.

۷-۲ - بمنظور برقرار نمودن دقیق حدود جریان ملایم یا سرعت V (که در آن $V = \frac{Q}{At}$) بطور مستقیم متناسب با گرادپان هیدرولیکی i (که در آن $i = \frac{h}{L}$)، دوره های آزمایش را با افزایش ارتفاع تا 0.5 cm تکرار کنید. وقتی که انحراف ها از تناسب خطی ظاهر شود، دلالت بر شروع اوضاع جریان متلاطم می نماید. چنانچه شرایط محل با اهمیت باشد در طول ناحیه پرتلاطم فواصل یک سانتیمتری ارتفاع می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

توجه ۵ - بمنظور اطمینان از شرایط جریان ملایم، گرادپان هیدرولیکی $\frac{h}{L}$ خیلی کمتری نسبت به مقادیر کلی شناخته شده مورد نیاز می باشد. مقادیر زیر پیشنهاد می شود: گروه های با تراکم سست $\frac{h}{L}$ از 0.2 تا 0.3 و گروه های با تراکم متراکم، $\frac{h}{L}$ از 0.3 تا 0.5 ، مقادیر کمتر $\frac{h}{L}$ ، برای خاکهای درشت و مقادیر زیاد تر برای خاکهای ریزتر بکار می رود.

۷-۳ - برای تکمیل آزمایش نفوذپذیری، نمونه را زهکشی و بررسی نمائید که آیا همگن و دارای خواص مشابه بوده است. هرگونه لایه یا رگه های متناوب تاریک و روشن دلالت بر جدایی ذرات می کند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸- محاسبات

ضریب نفوذپذیری، K را مطابق زیر محاسبه نمایید.

$$K = \frac{QL}{Ath}$$

که در آن:

K = ضریب نفوذپذیری،

Q = مقدار آب خارج شده،

L = فاصله بین فشارسنج‌ها،

A = سطح مقطع نمونه،

t = کل زمان تخلیه،

h = اختلاف ارتفاع در فشارسنج‌ها

۸-۲- با ضرب K (بند ۸-۱ را ببینید) در نسبت ویسکوزیته آب در درجه حرارت آزمایش به ویسکوزیته

آب در 20°C (68°F) نفوذپذیری آنرا برای 20°C (68°F) تصحیح نمایید.

۹- گزارش

۹-۱- گزارش آزمایش نفوذپذیری بایستی شامل اطلاعات زیر باشد:

۹-۱-۱- پروژه، تاریخ، شماره نمونه، محل، عمق، سایر اطلاعات مربوطه،

۹-۱-۲- دانه بندی، طبقه بندی، حداکثر اندازه ذرات، درصد فوق اندازه استفاده نشده،

۹-۱-۳- وزن مخصوص خشک، نسبت تخلخل، دانسیته نسبی در جا، حداقل و حداکثر دانسیته‌ها

۹-۱-۴- بیان هر نوع انحرافی از این شرایط آزمایش، بطوریکه نتایج بتواند مورد ارزیابی و استفاده قرار گیرد.

۹-۱-۵- داده‌های آزمایش راه‌همانطوریکه در فرم آزمایشگاه برای داده‌های آزمایش نشان داده شده

است، تکمیل نمایند. (شکل ۳ را ببینید).

۹-۱-۶- ترسیم منحنیهای سرعت آزمایش، $\frac{Q}{At}$ ، در برابر گرادیان هیدرولیکی، $\frac{h}{L}$ ، حدود مشخصات و

دانسیته‌های نسبی خاک را در بر می‌گیرد.

۱۰- لغات کلیدی

۱۰-۱- ارتفاع ثابت، دانه‌ای، نفوذپذیری، خاکها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : D ۲۴۳۵ - ۹۰

روش استاندارد آزمایش تعیین خصوصیات تحکیم یک بعدی خاکها

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش برای تعیین مقدار و شدت تحکیم خاکها، وفتیکه خاک بطور جانبی محصور و در جهت عمودی زهکشی می‌گردد و تحت اثر بارگذاری با تنش کنترل شده افزایشی قرار گیرد، به کار می‌رود. دو روش ارائه شده است که بشرح زیر می‌باشد:

۱-۱-۱- روش آزمایش A- این روش با ثابت ماندن افزایش بار در مدت ۲۴ ساعت یا مضاربی از آن انجام می‌شود. قرائت‌های تغییر شکل - زمان برای حداقل دو افزایش بار مورد نیاز است.

۱-۱-۲- روش آزمایش B- قرائت‌های تغییر شکل - زمان برای همه افزایش‌های بار وارده مورد نیاز می‌باشد افزایش‌های بار بعدی پس از رسیدن به ۱۰۰ درصد تحکیم اولیه با افزایش‌های ثابت زمان همچنانکه در روش آزمایش A توصیف گردیده، اعمال می‌گردد.

توجه ۱: تعیین مقدار و شدت تحکیم خاک وقتی که تحت بارگذاری با کرنش کنترل شده قرار گیرد، با روش D ۴۱۸۶ انجام می‌شود.

۱-۲- این آزمایش عموماً بر روی نمونه‌های دست‌نخورده خاکهای ریزدانه که بطور طبیعی در آب رسوب کرده‌اند، انجام می‌شود، بهر حال روند کلی آزمایش برای نمونه‌های خاک متراکم شده و دست‌نخورده که با فرآیندهای دیگری مثل هوازدگی یا تغییر شیمیایی شکل گرفته‌اند نیز قابل اجرا است. معمولاً تکنیک‌های ارزیابی ذکر شده در این آزمایش، کلاً برای خاک‌هایی که بطور طبیعی در آب رسوب کرده‌اند، قابل اجرا می‌باشد. برای خاک‌های دیگر نظیر خاک‌های متراکم شده و در جا (هوازده یا بطور شیمیایی تغییر یافته) ممکن است تکنیک‌های ارزیابی خاصی لازم باشد.

۱-۳- مشخص نمودن مقدار و ترتیب افزایش بار، در صورت لزوم چگونگی باربرداری، و برای روش آزمایش A افزایش‌های بار برای قرائت‌های تغییر شکل - زمان مورد نظر، بعهده درخواست‌کننده آزمایش می‌باشد.

توجه ۲: قرائت‌های تغییر شکل - زمان برای تعیین زمان تکمیل تحکیم اولیه و ارزیابی ضریب تحکیم (Cv) مورد نیاز می‌باشد. از آنجائیکه Cv با سطح تنش و افزایش بار (بارگذاری یا باربرداری) تغییر می‌کند، میزان افزایش بار و زمان قرائت‌ها در هر پروژه باید با توجه به مرجع مشخص انتخاب شود. همچنین درخواست‌کننده ممکن است روش آزمایش B که در آن قرائت‌های تغییر شکل - زمان برای کلیه افزایش‌های بار صورت گرفته است، را مشخص کند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱-۴- مقادیری که بر حسب واحد SI بیان می شود، استاندارد و مقادیری که بر حسب واحد اینچ - پوند بیان می گردد، تقریبی می باشند و فقط به عنوان راهنما داده شده اند. گزارش نتایج آزمایشی بر حسب واحدهای غیر از SI، به عنوان عدم تطبیق یا روش آزمایش بحساب نمی آید.

۱-۴-۱- در حرفه مهندسی، غیر از محاسبات دینامیکی ($F = Ma$)، استفاده از واحدهای جرم و نیرو بجای یکدیگر، معمول می باشد. با این کار مفهوم دو سیستم مجزای واحدها، سیستم مطلق و سیستم ثقلی، با هم ترکیب می شوند. از نظر علمی ترکیب دو سیستم مجزا در یک استاندارد مطلوب نیست. این روش آزمایش با استفاده از واحدهای SI نوشته شده است. گرچه تبدیلات اینچ - پوند در سیستم ثقلی داده شده اند، بطوری که پوند نیرو (lbf) واحد نیرو (وزن) را بیان می کند. استفاده از ترازوها یا وسایل سنجشی که بر حسب پوند جرمی (lbm) می باشند، یا یادداشت نمودن دانسیته بر حسب lb/ft^3 به عنوان عدم تطبیق با روش آزمایش بحساب نمی آید.

۱-۵- این استاندارد موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که مورد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D ۴۲۲ روش آنالیز اندازه ذرات خاک

D ۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک و سنگ

D ۸۵۴ روش آزمایش برای تعیین چگالی ویژه خاکها

D ۱۵۸۷ دستورالعمل برای نمونه گیری از خاکها با استفاده از لوله جدار نازک

D ۲۲۱۶ روش آزمایشگاهی تعیین درصد رطوبت خاک، سنگ، مخلوطهای خاک و سنگدانه

D ۲۴۸۷ طبقه بندی خاک برای اهداف مهندسی

D ۲۴۸۸ دستورالعمل تشریح و تشخیص خاکها (روش نظری - دستی)

D ۳۵۵۰ دستورالعمل نمونه گیری از خاکها با لوله رینگ دار

D ۴۱۸۶ روش آزمایش برای تعیین خصوصیات تحکیم یک بادی خاکها با استفاده از بارگذاری با کرنش کنترل شده

D ۲۲۲۰ دستورالعمل نگهداری و انتقال نمونه های خاک

D ۴۳۱۸ روش آزمایش تعیین حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D ۴۴۵۲ روش هایی برای پرتونگاری نمونه های خاک با اشعه X

D ۴۵۴۶ روش های آزمایش تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاکهای چسبنده

اصطلاحات:

۳-۱- تعاریف - تعریف اصطلاحات بکار برده شده در این روش آزمایش باید مطابق اصطلاحات

D ۶۵۳ باشد.

۴- خلاصه روش آزمایش

۴-۱- در این روش آزمایش نمونه خاک بطور جانی محصور بوده و بطور محوری با افزایش تنش کل، بارگذاری می شود. هر افزایش تنش تا محور کامل فشار منتهی اضافی، بر روی نمونه باقی می ماند. در حین مراحل تحکیم، تغییر ارتفاع نمونه اندازه گیری می شود و این اطلاعات برای تعیین رابطه بین تنش موثر و نسبت تخلخل یا کرنش و تعیین سرعت تحکیم یا ارزیابی ضریب تحکیم به کار می رود.

۵- اعتبار و کاربرد

۵-۱- اطلاعات بدست آمده از آزمایش تحکیم برای تخمین مقدار و سرعت نشست جزئی و کلی سازه یا

خاکریز بکار می رود. این تخمین اهمیت کلیدی در طرح سازه های مهندسی و ارزیابی عملکرد آنها دارد.

۵-۲- دست خوردگی نمونه به مقدار زیادی نتایج آزمایش را تحت تاثیر قرار می دهد. برای به حداقل رساندن

دست خوردگی نمونه، باید در انتخاب و تهیه نمونه مورد آزمایش دقت نمود.

۵-۳- نتایج آزمایش تحکیم بستگی به مقدار افزایش های بار دارد، طبق معمول، بار در هر افزایش دو برابر

می شود و در نتیجه نسبت افزایش بار برابر یک می باشد. برای نمونه های دست نخورده، این روش بارگذاری

اطلاعاتی را فراهم می سازد که از آنها فشار پیش تحکیمی تخمین زده می شود همچنین به حداکثر فشار قبلی با

استفاده از تکنیک های ارزیابی مرسوم اشاره دارد که مستقیماً با اندازه گیریهای صحزایی، مقایسه می شود.

برای مدل سازی شرایط خاص محلی، با تامین نیازهای ویژه می توان از جدول بارگذاری دیگری استفاده نمود.

برای مثال، جهت شبیه سازی بهتر رفتار خاک، ممکن است نمونه غرقاب شده و بارگذاری در حالت مرطوب با

حالتی که در شرایط محلی انتظار می رود، انجام شود.

برای خاکهایی که تا حد زیادی حساس بوده یا رفتارشان بستگی زیادی به نرخ کرنش دارد، ممکن است از

نسبت های کوچکتر از نسبت های افزایش بار استاندارد استفاده نمود. چون خاک حساس تر نسبت را به آزمون

روش مشخص شده جهت تخمین فشار پیش تحکیمی، تکنیک ساده ای برای بررسی صحت آن دسته از

قرائت های زمان که بعد از فشار پیش تحکیمی بدست آمده، را فراهم می سازد. تکنیکهای ارزیابی دیگری جهت

تعیین فشار پیش تحکیمی وجود دارد، که ممکن است تخمینهای متفاوتی از فشار پیش تحکیمی را منجر

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت نسهای آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شود. بنابراین، درخواست کننده ممکن است تکنیکهای دیگری را برای تخمین فشار بیش تحکیمی، مشخص کند.
۴-۵- نتایج آزمایش تحکیم به مدت اعمال هر افزایش بار بستگی دارد. مدت اعمال بار بطور سنتی برای هر افزایش یکسان و برابر ۲۴ ساعت می باشد. برای بعضی از خاکها سرعت تحکیم به اندازه ای است که جهت تحکیم کامل (محو فشار منفذی اضافی) زمانی بیش از ۲۴ ساعت مورد نیاز می باشد. وسایلی که به طور معمول استفاده می شود قادر به اندازه گیری و بیان محو فشار منفذی نمی باشند. کاربرد روش تفسیری که بطور غیر مستقیم تحکیم کامل را تعیین نماید، ضروری است. این روش آزمایش دو تکنیک را مشخص می کند، بهره خال درخواست کننده ممکن است تکنیک دیگری را تعیین کند و بازم با این روش مطابقت نماید.

۵-۵- دستگاهی که به طور معمول برای این آزمایش بکار می رود، فاقد وسیله ای جهت تشخیص اشباع بودن خاک است. بیشتر نمونه های دست نخورده گرفته شده از زیر سطح آب، اشباع خواهند بود.

بهر حال زمان سرعت تغییر شکل، نسبت به درجه اشباع خیلی حساس بوده و زمانی که شرایط اشباع جزئی حاکم است، باید در تخمین مدت زمان نشست، احتیاط نمود. بررسی اثرات اشباع جزئی روی نتایج آزمایش ممکن است یک قسمت از ارزیابی آزمایش باشد، ممکن است شامل کاربرد مدل های تئوریک، غیر از تئوری تحکیم قراردادی گردد. همچنین جهت انجام آزمایش ممکن است از دستگاهی که برای اشباع نمودن نمونه تجهیز شده است، استفاده شود.

۵-۶- در این روش، برای محاسبه ضریب تحکیم C_v ، از تئوری تحکیم قراردادی، بر اساس معادله تحکیم ترزاقی، استفاده می گردد. تحلیل بر اساس فرضیات ذیل صورت می پذیرد:

۵-۶-۱- خاک اشباع و از نظر خواص همگن است.

۵-۶-۲- جریان آب منفذی در جهت قائم می باشد.

۵-۶-۳- تراکم پذیری ذرات خاک و آب منفذی در مقایسه با تراکم پذیری اسکلت خاک، ناچیز است.

۵-۶-۴- رابطه تنش - کرنش با افزایش بار، خطی می باشد.

۵-۶-۵- نسبت نفوذ پذیری خاک به تراکم پذیری آن در اثر افزایش بار، ثابت است.

۵-۶-۶- قانون دارسی برای جریان عبوری از میان منفذها، قابل استفاده می باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$H_0 = 19.050 \text{ mm}$

$H_c = 8.038 \text{ mm}$

Void Ratio and Strain Information

Load Increment (kPa)	d_p corrected (mm)	$\Sigma \Delta H$ (mm)	ϵ $\Sigma \Delta H / H_0$ (%)	H ($H_0 - \Delta H$) (mm)	e ($H - H_c / H_c$)
Initial	5.3300	0	0	18.9500	1.221
5	5.3012	0.0288	0.15	18.9212	1.228
10	5.2743	0.0557	0.29	18.8943	1.235
20	5.2167	0.1133	0.59	18.8367	1.238
40	5.1181	0.2119	1.12	18.7381	1.205
90	4.9433	0.3867	2.03	18.5633	1.185
190	4.4710	0.9500	4.99	18.0910	1.131
320	2.9504	2.3106	12.23	16.7704	0.935
940	1.5908	3.4372	18.15	15.6296	0.823
1250	0.9860	4.3420	22.90	14.7880	0.722
320	1.0747	4.2533	22.44	14.7947	0.733
90	1.4000	3.9500	20.83	15.1000	0.711
20	1.8169	3.5331	18.64	15.5169	0.820
5	2.2319	3.0981	16.25	15.9319	0.868

Coefficient of Consolidation, c_v

d_p correction (mm)	$\Sigma \Delta H$ (mm)	e_{50} (%)	H_{50} (mm)	e_{50}	t_{50} (sec)	c_v (mm ² /sec)
5.0624	0.2696	1.12	18.780	1.209	52	3.34×10^{-4}
4.7945	0.5355	2.91	18.515	1.169	144	1.17×10^{-3}
3.7861	1.5439	8.10	17.208	1.070	515	2.83×10^{-3}
2.4950	2.8117	13.96	16.218	0.908	282	4.59×10^{-3}
1.5077	3.8222	28.06	15.203	0.784	155	7.32×10^{-3}

شکل ۱ - خلاصه آزمایش تحکیم

۶- وسایل

۶-۱- وسیله بارگذاری: وسیله‌ای مناسب جهت اعمال بارهای قائم یا تنش‌های کل بر نمونه می‌باشد. وسیله باید قادر به نگهداری بارهای معین برای فواصل زمانی طولانی و با دقت $\pm 0.5\%$ درصد بار وارده باشد و افزایش بار را با سرعت و بدون ضربه قابل توجه اعمال نماید.

توجه ۳- معمولاً بار باید در مدت زمان t_{100} یا کمتر بر نمونه اعمال گردد. برای خاکهایی که تحکیم اولیه آنها در سه دقیقه کامل می‌شود، بزرگتر از ۲ ثانیه بر نمونه وارد گردد.

۶-۲- تحکیم سنج: وسیله‌ای برای نگهداری نمونه در حلقه به همراه صفحات متخلخل طرفین نمونه است. حلقه می‌تواند به قسمت پایه ثابت شده یا متحرک باشد. (وسیله اصطکاک اطراف نمونه نگهداری شود) قطر داخلی حلقه را باید با دقت 0.75% میلی‌متر (0.03% اینچ)، تعیین نمود. همچنین تحکیم‌سنج باید به وسایلی مربوط به غرقاب نمودن نمونه، انتقال بار عمودی متحدالمرکز به صفحات متخلخل و اندازه‌گیری تغییر ارتفاع نمونه، مجهز باشد.

۶-۲-۱- حداقل قطر نمونه: حداقل قطر نمونه باید 50 mm (2 in) باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶-۲-۲- حد اقل ارتفاع نمونه : حداقل ارتفاع اولیه نمونه باید 12 mm (0.5 in) باشد، اما این ارتفاع نباید کمتر از ده برابر قطر بزرگترین ذره باشد.

توجه ۴: اگر بعد از آزمایش، ذرات بزرگتر در نمونه پیدا شوند، این مشاهدات عینی یا نتایج آنالیز اندازه ذرات مطابق روش D_{422} باید در گزارش ارائه گردد. (مگر اینکه از حداقل اندازه ذره مقرر صرف نظر گردد.)

۶-۲-۳- حد اقل نسبت قطر به ارتفاع نمونه : حداقل نسبت قطر به ارتفاع نمونه باید $2/5$ باشد.

توجه ۵: استفاده از نسبت های قطر به ارتفاع بزرگتر توصیه می شود. برای به حداقل رساندن تاثیر اصطکاک بین جداره نمونه و حلقه، بهتر است از نسبت قطر به ارتفاع بزرگتر از ۴ استفاده گردد.

۶-۲-۴- سختی حلقه نمونه : سختی حلقه باید طوری باشد که تحت شرایط تنش هیدرواستاتیک موجود در نمونه و تحت اثر بزرگترین بار وارده، میزان تغییر قطر حلقه از 0.03% درصد قطر تجاوز نکند.

۶-۲-۵- جنس حلقه نمونه : حلقه باید از ماده ای ساخته شود که در مجاورت خاک مورد آزمایش، خوردگی در آن بوجود نیاید. سطح داخلی حلقه باید کاملاً صیقلی بوده و با مواد کم کننده اصطکاک آغشته گردد. بدین منظور استفاده از روغن سیلیکون یا دی سولفید ملیبدن و برای خاکهای غیر ماسه ای پلی تترافلورواتیلن پیشنهاد می گردد.

۶-۳- صفحات متخلخل : صفحات متخلخل باید از جنس کاربید سیلیکون، اکسید آلومینیم یا ماده مشابه غیرخوردنده باشند. برای جلوگیری از دخول ذرات خاک بداخل منافذ صفحات، دانه های متشکله آنها باید به اندازه کافی ریز باشد. در صورت لزوم برای جلوگیری از دخول ذرات بداخل صفحات، ممکن است از کاغذ صافی (توجه ۶ ملاحظه شود) استفاده گردد. بنابراین نفوذپذیری صفحات، و کاغذ صافی، اگر بکار برده شود، باید مقداری بیشتر از نفوذپذیری نمونه باشد.

توجه ۶- کاغذ صافی نمره ۵۴ وات من از لحاظ نفوذپذیری و دوام، مناسب تشخیص داده شده است.

۶-۳-۱- قطر: قطر صفحه متخلخل بالایی باید به اندازه 0.2 تا 0.5 میلیمتر (0.01 تا 0.02 اینچ) کمتر از قطر داخلی حلقه باشد. در صورت استفاده از حلقه های متحرک، قطر صفحه متخلخل پائینی باید برابر صفحه متخلخل بالایی باشد.

توجه ۷: استفاده از صفحات متخلخلی که به تدریج باریک شده و قطر بزرگتر آنها با خاک در تماس است پیشنهاد می گردد.

۶-۳-۲- ضخامت صفحات باید به اندازه کافی باشد تا از شکستن آنها جلوگیری گردد. صفحه بالایی باید توسط صفحه ای مقاوم در برابر خوردگی و با سختی کافی، بارگذاری شود تا از شکستگی آن ممانعت بعمل آید.

۶-۳-۳- نگهداری : صفحات باید تمیز و عاری از ترک، لب پریدگی و غیریکتواختی باشند. صفحات

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

متخلخل نو قبل از استفاده باید حداقل به مدت ۱۰ دقیقه جوشانده شده، برای سرد شدن تا رسیدن به دمای محیط در آب باقی بمانند. بلافاصله بعد از هر آزمایش، جهت خارج نمودن ذرات رس که ممکن است نفوذپذیری صفحه متخلخل را کاهش دهد، باید با بررسی که سایش ایجاد نمی کند صفحه را تمیز نموده و در آب جوشانده. پیشنهاد می شود صفحات متخلخل در فاصله مابین آزمایشات در ظرفی که در آن آب بدون هوا وجود دارد نگهداری شوند.

۴-۶- وسیله تراش نمونه: به منظور به حداقل رساندن دست خوردگی ممکن است از تراش با صفحه گردان یا حلقه برش استفاده ای جهت تراشیدن نمونه به اندازه قطر داخلی حلقه تحکیم سطح، استفاده گردد. یک برش دهنده که دارای همان قطر داخلی حلقه نمونه می باشد، ممکن است به حلقه نمونه وصل شده یا جزئی از حلقه باشد. برش دهنده ممکن است دارای لبه تیز بوده و دارای سطح کاملاً صیقلی باشد و جهت کم کردن اصطکاک به مرادی آغشته گردد. همچنین ممکن است از صفحه گردان تراش یا چرخ تراش استفاده شود. ابزار برش باید بطور مناسب قرار گیرد تا قطر نمونه را به اندازه قطر حلقه شکل دهد.

۵-۶- نشاندنده تغییر شکل: برای اندازه گیری تغییر ارتفاع نمونه، با دقت 0.025 mm (0.001 in).

۶-۶- وسایل متفرقه: شامل وسیله اندازه گیری زمان با دقت یک ثانیه، آب مقطر یا آب بدون مواد معدنی و کاردک، چاقو و اژه هویی، که برای تهیه نمونه مورد استفاده قرار می گیرد.

۷-۶- ترازو، مطابق با روش D ۲۲۱۶

۸-۶- اون خشک کننده، مطابق روش D ۲۲۱۶

۹-۶- ظروف تعیین درصد رطوبت، مطابق با روش D ۲۲۱۶

۱۰-۶- محیط: آزمایشات باید در محیطی انجام شوند که تغییرات دمای آن کمتر از $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ($\pm 7^{\circ}\text{F}$) بوده و در معرض مستقیم نور خورشید قرار نگیرد.

۷- کالیبراسیون

۷-۱- به جهت قابلیت انعطاف دستگاه، هرگاه تصحیح کالیبراسیون تعیین شده در بند ۷-۴ از ۵ درصد تغییر شکل اندازه گیری شده تجاوز نماید و در تمام آزمایشاتی که صفحات با کاغذ صافی بکار برده می شود، تغییر شکل های عمودی اندازه گیری شده باید تصحیح گردد.

۷-۲- بجای نمونه یک صفحه مسی یا فولادی سخت، تقریباً به اندازه ارتفاع نمونه و در قطر ۱ میلیمتر (0.04) اینچ) کوچکتر از حلقه در دستگاه قرار دهید. صفحات متخلخل را مرطوب کنید. در صورت استفاده از کاغذهای صافی (بخش ۶-۳ ملاحظه شود)، باید آنها را مرطوب کرد و زمان کافی (حداقل ۲ دقیقه) جهت خروج رطوبت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آنها در حین افزایش هر مرحله کالیبراسیون، در نظر گرفته شود.

۷-۳- مطابق روش آزمایش، تحکیم سنج را بارگذاری و باربرداری نموده و تغییر شکل برای هریار وارده را اندازه گیری نمایید. زمانی که از کاغذهای صافی استفاده می گردد، ضروری است مطابق همان جدول بارگذاری و باربرداری بکار برده شده، کالیبراسیون انجام شود. این به سبب خصوصیات تغییر شکل غیرالاستیک کاغذ صافی می باشد، کالیبراسیون مجدد برای آزمایشات بدون کاغذ صافی براساس سالانه یا بعد از جابجایی و سوار نمودن مجدد قطعات دستگاه باید انجام شود.

۷-۴- در هریار وارده، تصحیحاتی که برای تغییر شکل اندازه گیری شده نمونه مورد آزمایش اعمال می شود را ترسیم کرده یا بصورت جدول در آورید. توجه شود که صفحه فلزی نیز تغییر شکل خواهد داد، اگرچه تصحیح به علت این تغییر شکل برای انواع خاکها، بااستثنای خاکهای خیلی سفت، ناچیز می باشد.

۸- نمونه برداری

۸-۱- دستورالعملی های D 1587 و D 3550، روش ها و وسایلی را که معمولاً ممکن است جهت بدست آوردن نمونه های دست نخورده برای انجام آزمایش، رضایت بخش باشند، دربر می گیرد. همچنین نمونه ها را ممکن است از نمونه های کلوخه دست نخورده بزرگ، که در صحرا تهیه و موم اندود شده اند، تراشید. بالاخره نمونه های دوباره بازسازی شده ممکن است براساس شرایط دانسیته و رطوبت قید شده توسط درخواست کننده آزمایش، از نمونه های دست خورده تهیه شوند.

۸-۲- نمونه های دست نخورده ای که برای آزمایش مطابق این روش آزمایش انتخاب می شوند باید مطابق دستورالعمل های ارائه شده برای نمونه های گروه C و D در دستورالعمل های D 4220 نگهداری، جابجا و انتقال داده شوند. نمونه های دست خورده برای نمونه های بازسازی شده باید مطابق با دستورالعمل نمونه های گروه B جابجا و انتقال داده شوند.

۸-۳- نگهداری نمونه های موم اندود شده باید طوری باشد که هیچ رطوبتی در ضمن انبار نمودن از نمونه کم نشود یعنی هیچ نشانه ای از خشک شدن قسمت انتهایی نمونه ها یا انقباضی در آنها وجود نداشته باشد. تا حد امکان، مدت نگهداری باید کوتاه گردد. مخصوصاً زمانی که احتمال واکنش خاک یا رطوبت خاک با لوله های نمونه گیر وجود دارد.

۸-۴- کیفیت نتایج آزمایش تحکیم، به مقدار زیادی با دست خوردگی نمونه کاهش می یابد. باید دانست هیچ روش نمونه گیری که بوسیله آن بتوان نمونه های کاملاً دست نخورده بدست آورد، وجود ندارد. لذا آزمون دقیق نمونه در انتخاب نمونه های مورد آزمایش کاری اساسی است.

توجه ۸: آزمون برای دست خوردگی نمونه، سنگ های یا مواد دیگر و انتخاب محل نمونه، با استفاده از پرتو

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نگاری توسط اشعه X روی نمونه‌ها به مقدار زیادی کار را آسان می‌کند. (روش‌های D ۴۴۵۲ ملاحظه شود)
۹ - تهیه نمونه

۹-۱ - جهت به حداقل رساندن دست‌خوردگی خاک یا تغییر رطوبت و دانسیته در ضمن تهیه نمونه باید تمام جوانب احتیاط را بکار بست، از ارتعاش، اعوجاج و تراکم نمونه اجتناب کرد.

۹-۲ - نمونه‌های آزمایشی را در محیطی که تغییر رطوبت خاک در ضمن تهیه نمونه حداقل باشد، تهیه نمایند.
توجه ۹: برای این منظور معمولاً محیطی با رطوبت بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۹-۳ - نمونه را بتراشید و آنرا داخل حلقه تحکیم قرار دهید. وقتی که نمونه‌های دست‌نخورده یا لوله‌های نمونه‌گیر تهیه می‌شود، با استثنای موارد ذکر شده در بندهای ۹-۴ و ۹-۵، قطر داخلی لوله باید حداقل ۵ میلی‌متر (۰/۲۵ اینچ) بزرگتر از قطر داخلی حلقه تحکیم باشد. برای بریدن نمونه با قطر مناسب صفحه گردان تراش یا حلقه برش استوانه‌ای، توصیه می‌شود. وقتی از صفحه گردان تراش استفاده می‌شود، اطراف نمونه تا رسیدن به قطر داخلی حلقه تحکیم سنج باید بطور کامل بریده شود. نمونه را که در جهت عرض بریده شده، داخل حلقه تحکیم سنج با حداقل نیرو قرار دهید. اینکار را تا بیرون آمدن نمونه از ته حلقه ادامه دهید. وقتی که حلقه برش استوانه‌ای بکار می‌رود، خاک را در جلو لبه برش بصورت نوار باریک ظریفی در آورید. بعد از اینکه نوار شکل گرفت، ابزار برش را فاصله کمی جهت شکل دادن قطر نهایی جلو ببرید. تا بیرون آمدن نمونه از حلقه، مراحل را ادامه دهید.

۹-۴ - خاکهای ریشه‌دار مانند خاکهای لجنی و خاکهاییکه در اثر تراش خسارت می‌بینند را ممکن است بطور مستقیم از لوله نمونه‌گیر به حلقه انتقال داد مشروط بر اینکه قطر حلقه برابر قطر لوله نمونه‌گیر باشد.

۹-۵ - نمونه‌هایی که با کاربرد نمونه‌گیر حلقه‌ای بدست می‌آید، ممکن است بدون تراشیدن مورد استفاده قرار گیرد، مشروط بر اینکه با نیازهای دستورالعمل D ۳۵۵ و این روش مطابقت داشته باشد.

۹-۶ - نمونه را همتراز صفحات انتهایی حلقه بتراشید، جهت تسهیل در هم‌مرکز نمودن سنگ بالایی می‌توان نمونه را اندکی از سر حلقه تو برد و مقدار جزئی بیرون زد و سطح پایینی را تراشید. برای خاکهای نرم تا متوسط، جهت به حداقل رساندن دست‌خوردگی نمونه باید سر و ته نمونه با یک اره مویی تراشیده شود. بعد از برداشتن خاک‌های اضافی یا اره مویی، برای تراشیدن نهایی می‌توان از تیغه‌ای با لبه مستقیم و تیز استفاده نمود. در خاکهای سفت برای تراشیدن سر و ته نمونه ممکن است تنها از یک تیغه با لبه مستقیم تیز استفاده کرد. در صورت مشاهده ذرات کوچک، در سطح تراشیده شده، آنرا برداشته و حفره بوجود آمده را با خاک تراشیده شده پر کنید.

توجه ۱۰ - اگر در هر مرحله از آزمایش، نمونه بیشتر از ارتفاع اولیه‌اش تورم نماید، بعلت محصور بودن

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خاک بطور جانبی استفاده از نمونه با ارتفاع کمتر یا حلقه مجهز به سیستم انبساط با قطر داخلی مساوی با حلقه توصیه می‌گردد. در هیچ زمانی نباید نمونه بیشتر از حلقه نمونه یا سیستم انبساط، منبسط شود.

۹-۷- جرم مرطوب اولیه نمونه، M_{T0} ، در حلقه تحکیم را با کم کردن جرم خالص حلقه از مجموع جرم حلقه و نمونه، بدست آورید.

۹-۸- ارتفاع اولیه نمونه (H_0) را با تقریب ± 0.25 میلی‌متر (0.001 اینچ) تعیین کنید. اینکار با میانگین‌گیری از حداقل چهار جای مختلف سطوح بالا و پائین نمونه و با استفاده از مقایسه گر غقریه‌ای یا وسیله اندازه‌گیری مناسب دیگر، انجام می‌پذیرد.

۹-۹- با استفاده از قطر حلقه و ارتفاع اولیه نمونه حجم اولیه آن V_0 ، را با تقریب 0.25 سانتی‌متر مکعب (0.015 اینچ مکعب) محاسبه نمایید.

۹-۱۰- در صورت کافی بودن مصالح، در ضد رطوبت طبیعی را بر اساس روش $D 2216$ و با استفاده از مواد تراشیده شده مجاور نمونه مورد آزمایش، دوز یا سه بار بدست آورید.

۹-۱۱- وقتی که خواص شاخص توسط درخواست‌کننده مشخص می‌شود، باقی مانده تراشیده‌های گرفته شده از اطراف نمونه، و با اطمینان از مشابهت، مواد را در یک ظرف آببندی شده برای تعیین آنچه در بخش ۱۰ توصیف شده، نگهداری کنید.

۱۰- تعیین خصوصیت شاخص خاک

۱۰-۱- تعیین خواص شاخص دارای اهمیت فرعی بوده و برای آزمایش تحکیم مورد نیاز نمی‌باشد. وقتی که شاخص‌های مورد نیاز توسط درخواست‌کننده مشخص می‌شود، آزمایش باید تا حد امکان روی نمونه‌های معرف مصالح انجام پذیرد. وقتی آزمایش بر روی مصالح یکنواخت انجام می‌شود، آزمایش‌های شاخص را می‌توان بر روی تراشیده‌های جمع‌آوری شده اطراف نمونه در بند ۹-۱۱ انجام داد. وقتی نمونه‌ها ناهمگن بوده یا تراشیده‌های موجود کم می‌باشد، آزمایش‌های شاخص باید روی موادی از نمونه مورد آزمایش که در بند ۱۱-۶ بدست آمده، با اضافه تراشیده معرف در بند ۹-۱۱ انجام شود.

۱۰-۲- چگالی ویژه

چگالی ویژه باید مطابق روش آزمایش $D 854$ بر روی نمونه مشخص شده در بند ۱۰-۱ تعیین شود. وقتی که نسبت تخلخل بطور دقیق مورد نیاز نمی‌باشد، برای انجام محاسبه در بند ۱۲-۲-۵ می‌توان از چگالی ویژه نمونه دیگری که مشابه نمونه مورد آزمایش است، استفاده نمود.

۱۰-۳- حدود آتربرگ

حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری باید با استفاده از مواد مشخص شده از نمونه در بند ۱۰-۱ و مطابق

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

روش آزمایش ۴۳۱۸ D تعیین شود. تعیین حدود اثربرگ برای انجام طبقه‌بندی میسالح ضروری بوده ولی برای این روش آزمایش مورد نیاز نمی‌باشد.

۱۰-۴- توزیع اندازه ذرات

تعیین توزیع اندازه ذرات باید با قسمتی از نمونه آزمایش حاصل از بند ۱۱-۶ و مطابق روش ۴۲۲ D تعیین شود. (مگر اینکه از حداقل اندازه ذره مقرر صرف‌نظر گردد) وقتی که مشاهدات عینی نشان دهد که بخش قابل توجهی از مواد درشت دانه می‌باشد، آن‌لیز اندازه ذرات ممکن است مفید باشد ولی برای این روش آزمایش مورد نیاز نیست.

۱۱- روش

۱۱-۱- صفحات متخلخل و وسایل دیگر که به نمونه مورد آزمایش بستگی دارد را آماده کنید. تحکیم‌سنج باید طوری سوار شود تا از تغییر درصد رطوبت نمونه جلوگیری بعمل آید. صافی‌ها و صفحات متخلخل خشک باید برای خاکهای خشک و با قابلیت انبساط بسیار زیاد بکار برده شوند و برای تمام خاکهای دیگر نیز ممکن است بکار رود. برای خاکهایی که به مقدار جزئی اشباع می‌باشند، ممکن است از صفحات مرطوب استفاده نمود. موقعیکه نمونه اشباع و تمایل آن به جذب آب کم باشد، می‌توان صفحات اشباع شده را مورد استفاده قرار داد. حلقه به همراه نمونه، صفحات متخلخل، صفحات فیلتر (در صورت نیاز) و تحکیم‌سنج را سوار کنید. اگر نمونه بلافاصله بعد از اعمال بار نشاننده غرقاب نمی‌شود (بند ۱۱-۲ ملاحظه گردد)، جهت جلوگیری از تغییر حجم آن در اثر تبخیر، تحکیم‌سنج را باغشاء لاستیکی گشاد بپوشانید.

توجه ۱۱- به منظور دسترسی به اهداف مشخص شده در این روش آزمایش، نباید اجازه داد که قبل از تجاوز بار وارده از فشار بیش تحکیمی، نمونه بیش از ارتفاع اولیه‌اش تورم نماید. جزئیات روش‌های تعیین پتانسیل تورم یا نشست یک بعدی خاکهای چسبنده در روش آزمایش ۴۵۴۶ D بیان شده است.

۱۱-۲- تحکیم‌سنج را بدون وسیله بارگذاری قرار داده و فشار نشاننده ۵ کیلو پاسکال (۱۰۰ پوند بر فوت مربع) را وارد کنید. بلافاصله پس از اعمال بار نشاننده، شاخص تغییر شکل را تنظیم و قرائت صفر اولیه، d_0 را یادداشت کنید. در صورت لزوم برای جلوگیری از تورم نمونه، بار را افزایش دهید. برعکس اگر پیش‌بینی شود که بار ۵ کیلو پاسکال سبب تحکیم قابل توجهی در نمونه می‌گردد، فشار نشاننده را تا ۲ یا ۳ کیلو پاسکال (در حدود ۵۰ پوند بر فوت مربع) یا کمتر، کاهش دهید.

۱۱-۳- اگر آزمایش روی نمونه دست‌نخورده (بکر) انجام شود که در شرایط محلی اشباع بوده یا از زیر سطح آب بدست آمده باشد، بلافاصله بعد از اعمال بار نشاننده، نمونه را غرقاب نمایید. بعد از ریختن آب و مرطوب شدن نمونه، جهت جلوگیری از تورم، بار را تا مقدار مورد نیاز افزایش دهید. بار مورد نیاز برای جلوگیری از تورم و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تغییر شکل قرائت شده را یادداشت کنید. اگر برای ایجاد مشابهت جهت شرایط خاص، ریختن آب بر روی نمونه به تاخیر انداخته شود، ریختن آب باید در فشاری صورت پذیرد که به اندازه کافی زیاد بوده تا از تورم نمونه جلوگیری نماید. در این حالت بار مورد نیاز را وارد کرده و نمونه را غرقاب کنید. در هنگام غرقاب نمودن مطابق آنچه در بند ۱۱ - ۵ مشخص شده، تغییر شکل را نسبت به زمان قرائت نمائید. در این موارد فشار در زمان غرقاب سازی و تغییرات حاصله در ارتفاع نمونه را در گزارش یادداشت کنید.

۱۱ - ۴ - نمونه تحت افزایش های ثابت تنش کل قرار داده می شود. مدت هر افزایش نباید مطابق با راهنمایی های ارائه شده در بند ۱۱ - ۵ باشد. جدول بارگذاری معین بستگی به هدف آزمایش خواهد داشت، اما باید با راهنمایی های زیر مطابقت داشته باشد. اگر شیب و شکل منحنی فشردگی بکر، یا تعیین فشار پیش تحکیمی مورد نیاز است، فشار نهایی باید بزرگتر یا مساوی چهار برابر فشار پیش تحکیمی باشد. در مورد رس های پیش تحکیم یافته، ممکن است یا اعمال سیکل باربرداری - بارگذاری مجدد بعد از فشار پیش تحکیمی تعریف شده ارزیابی بهتری از پارامترهای فشردگی مجدد بدست آورد. جزئیات مربوط به محل و اندازه سیکل باربرداری - بارگذاری مجدد به عهده درخواست کننده آزمایش می باشد (بند ۱ - ۳ ملاحظه شود).

۱۱ - ۴ - ۱ - جدول بارگذاری استاندارد، شامل نسبت افزایش بار (LIR) برابر یک می باشد، که با دو برابر کردن فشار وارد بر خاک، حاصل می گردد. لذا مقادیر تقریبی ۱۲، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ و ۵۰۰ کیلو پاسکال (۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ پوند نیرو بر فوت مربع) بدست می آید.

۱۱ - ۴ - ۲ - جدول بار برگشت، یا بار برداری استاندارد، با نصف نمودن فشار وارده بر خاک حاصل می گردد، (این حالت برعکس حالت افزایش بند ۱۱ - ۴ - ۱ می باشد) بهر حال در صورت تمایل، هر بار بعدی می تواند یک چهارم اندازه بار قبلی باشد، که این هم یکی از راههای کاهش است.

۱۱ - ۴ - ۳ - جهت فراهم نمودن مجدد ساختار تغییرات تنش یا بدست آوردن تعریف بهتر قسمتی از منحنی تغییر شکل - تنش (فشردگی) یا کمک در تفسیر رفتار خاک در محل، می توان جدول بارگذاری، باربرداری یا بارگذاری مجدد دیگری استفاده نمود.

توجه ۱۲ - برای نمونه های با قابلیت تراکم پذیری بالا، یا وقتی که تعیین فشار پیش تحکیمی با دقت بیشتر مورد نظر باشد، ممکن است افزایش های کم مطلوب باشد. باید به این نکته توجه نمود که جهت ارزیابی ضریب تحکیم، C_v و پایان تحکیم اولیه مورد بحث در بخش ۱۲، باید از انتخاب نسبت های افزایش بار کمتر از ۰/۷ و افزایش بار خیلی نزدیک به فشار پیش تحکیمی، پرهیز نمود.

۱۱ - ۵ - قبل از اعمال هر افزایش فشار، ارتفاع یا تغییر ارتفاع نمونه (df) را یادداشت کنید. در روش دیگر، که زمان قرائت های متوالی و حداقل مدت لازم برای باقی ماندن بار را مشخص می کنند در دسترس می باشد. برای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تعیین شیب خط مستقیم بخش فشردگی ثانویه در منحنی تغییر شکل برحسب لگاریتم زمان، اغلب مدت‌های طولانی‌تری در افزایش‌های بار بخصوص مورد نیاز می‌باشد. برای چنین افزایش‌هایی، جهت تعیین قسمت خط مستقیم باید قرائت‌های کافی در انتهای افزایش فشار، انجام شود. در ضمن آزمایش، طولانی کردن مدت دیگر افزایش‌های فشار، مورد نیاز نمی‌باشد.

۱۱-۵-۱- روش آزمایش A - مدت استاندارد افزایش بار ۲۴ ساعت می‌باشد. برای حداقل دو افزایش بار شامل حداقل یک افزایش بار بعد از فشار بیش‌تحکیمی ارتفاع یا تغییر ارتفاع (d) برای فواصل زمانی تقریبی ۱/۵، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۲، ۱/۴، ۱/۸، ۱/۱۵ و ۳۰ دقیقه و ۲۴، ۸، ۴، ۲، ۱ ساعت (یا ۱/۹، ۱/۲۵، ۱/۴۹، ۱/۹، ۱/۴، ۱/۹ و ... دقیقه برای نشان دادن اطلاعات مربوط به تغییر شکل زمان با استفاده از بند ۱۲-۳-۲)، از زمان اعمال هر افزایش فشار، اندازه‌گیری و یادداشت شود. جهت بررسی تکمیل تحکیم اولیه، در انتهای زمان افزایش‌های فشار، قرائت‌های کافی صورت پذیرد. در بعضی از خاکها برای رسیدن به پایان تحکیم اولیه، ممکن است زمان بیشتر از ۲۴ ساعت مورد نیاز باشد (مطابق آنچه در بندهای ۱۲-۳-۱-۱ یا ۱۲-۳-۲-۳ تعیین شد). در این موارد، مدت اعمال افزایش بار بیشتر از ۲۴ ساعت مورد نیاز است. مدت افزایش بار برای این آزمایشها معمولاً مضربی از ۲۴ ساعت در نظر گرفته می‌شود و باید بعنوان مدت استاندارد برای همه افزایش‌های بار آزمایش بکار رود. تصمیم برای استفاده از فاصله زمانی بیشتر از ۲۴ ساعت معمولاً براساس تجربه روی انواع خاص خاک، می‌باشد. بنابراین اگر در مورد مناسب بودن زمان ۲۴ ساعت تردید وجود داشته باشد، به منظور بررسی کفایت زمان ۲۴ ساعت، باید قرائت ارتفاع یا تغییر ارتفاع نسبت به زمان برای افزایش‌های اولیه بار انجام شود.

مدتهای افزایش بار غیر از ۲۴ ساعت باید در گزارش یادداشت گردد. برای افزایش‌های فشاری که اطلاعات مربوط به تغییر شکل برحسب زمان مورد نیاز نمی‌باشد بار باید تا همان فاصله زمانی که قرائت‌های تغییر شکل نسبت به زمان مورد نیاز است، بر روی نمونه باقی بماند.

۱۱-۵-۲- روش آزمایش B - برای هر افزایش بار، ارتفاع یا تغییر ارتفاع، d، را در فواصل زمانی تقریبی ۱/۵، ۱/۲۵، ۱/۵، ۱/۲، ۱/۴، ۱/۸، ۱/۱۵ و ۳۰ دقیقه و ۲۴، ۸، ۴، ۲، ۱ ساعت (یا ۱/۹، ۱/۲۵، ۱/۴۹، ۱/۹، ۱/۴، ۱/۹ و ... دقیقه برای نشان دادن اطلاعات تغییر شکل زمان با استفاده از بند ۱۲-۳-۲) از زمان اعمال هر افزایش فشار اندازه‌گیری و یادداشت نماید. مدت زمان استاندارد افزایش بار باید از زمان مورد نیاز جهت تکمیل تحکیم اولیه که مطابق بندهای ۱۲-۳-۱-۱ یا ۱۲-۳-۲-۳ تعیین می‌گردد یا معیار مورد نظر توسط درخواست کننده، بیشتر باشد. برای هر افزایش فشاری که بررسی پایان تحکیم اولیه ممکن نباشد (برای مثال LIR یا تحکیم سریع)، باید زمان افزایش بار قرائت باشد از زمان مورد نیاز تحکیم اولیه، افزایش اعمال شده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نایب مهندس

پس از فشار پیش تحکیمی و در طول منحنی فشردگی بکر، تجاوز نماید از زمانیکه باید فشردگی ثانویه ارزیابی شود، فشارها را برای دوره‌های طولانی تری اعمال نمائید. گزارش باید شامل مدت افزایش بار برای هر افزایش باشد.

توجه ۱۳- فواصل زمانی جهت ثبت ارتفاع یا تغییر ارتفاع، برای انواع خاکها و افزایش‌های بار پیشنهاد شده‌اند. برای تعمیم تفسیر اطلاعات اغلب تغییر تعداد قرائت‌ها مناسب است. تحکیم سریعتر نیاز به قرائت‌های بیشتری دارد. برای بیشتر خاکها، زمان تکمیل تحکیم اولیه در نمونه‌های اول، کمتر از (عموماً یک دهم) زمان لازم در افزایش بار در طول منحنی فشردگی بکر می‌باشد. اما در تنش‌های خیلی کم، زمان برگشت می‌تواند طولانی تر شود.

۱۱-۶- جهت به حداقل رساندن تورم نمونه در هنگام باز نمودن، بار برداری را تا بار نشاننده (5 kpa) ادامه دهید. وقتی تغییرات ارتفاع نمونه متوقف شد (معمولاً بعد از یک شب) بعد از اینکه بار کوچک نهایی را از روی نمونه برداشته، دستگاه را به سرعت باز کنید. حلقه و نمونه را از تحکیم سطح خارج نموده و آب آزاد روی حلقه نمونه را خشک کنید. برای بدست آوردن جرم مرطوب نهایی نمونه (M_{Ti}) جرم خالص حلقه را از مجموع جرم نمونه و حلقه کم نمائید. دقیقترین روش تعیین جرم خشک و درصد رطوبت نمونه، خشک کردن تمام نمونه در پایان آزمایش می‌باشد. در صورت همگن بودن خاک و کافی بودن تراشیده‌ها جهت انجام آزمایش شاخص مشخص شده (بند ۹-۱۱ ملاحظه گردد)، درصد رطوبت نهایی (W_d) را مطابق روش D_{2216} و جرم خشک جامد (M_d) را با استفاده از تمام نمونه تعیین نمائید. اگر خاک ناهمگن باشد و یا به خاک بیشتری برای آزمایش شاخص مشخص شده نیاز باشد، درصد رطوبت نهایی W_{fp} ، را مطابق روش D_{2216} ، با استفاده از بخش کوچک گوه‌ای شکل نمونه، بدست آورید. بقیه مواد خشک شده را برای آزمایش شاخص مشخص شده بکار برید.

۱۲- محاسبات

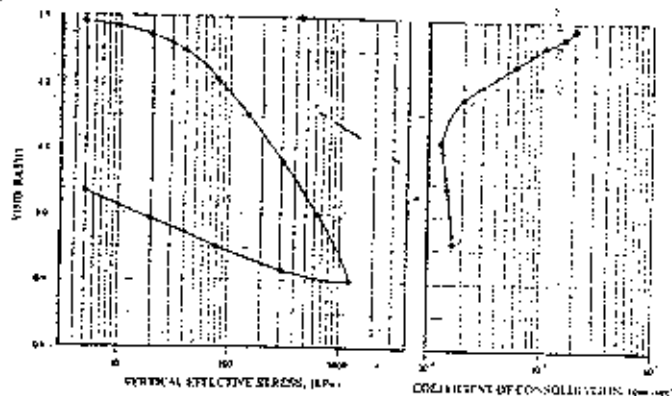
۱۲-۱- محاسبات بر حسب واحدهای SI بیان می‌شود. استفاده از واحدهای دیگر مجاز می‌باشد مشروط بر اینکه برای برقراری توازن بین واحدها در کل محاسبات، ضرایب تبدیل مناسب بکار برده شوند. توضیحات بیشتر راجع به واحدهای اینچ - پوند را در بند ۱-۴-۱ ملاحظه نمائید.

۱۲-۲- خواص نمونه

۱۲-۲-۱- جرم خشک کل نمونه (M_d) را با اندازه‌گیری مستقیم یا برای حالتی که قسمتی از نمونه برای آزمایش شاخص بکار برده می‌شود، بدست آورید، جرم خشک به شرح زیر محاسبه می‌شود:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

پیش‌تحکیمی، تحکیم اولیه، برگشت، فشردگی ثانویه، نشست، تورم



شکل ۵ - نمونه‌ای از خلاصه منحنی‌های آزمایش تحکیم

همچنین می‌توان از منحنی ضریب تحکیم یا لگاریتم ضریب تحکیم برحسب لگاریتم متوسط فشار استفاده نمود. در صورتی که قوالت‌ها در زمانهای مختلف فقط برای دو افزایش بدست آمده باشد، جدول مقادیر C_v را برحسب میانگین فشار تهیه نمائید.

توجه ۱۶ - میانگین فشار بین دو افزایش یار در نظر گرفته می‌شود چرا که یک انتخاب مناسب برای رسم نتایج می‌باشد. تعیین فشار موثر واقعی در زمان ۵۰٪ تحکیم ممکن نیست، مگر اینکه شدت محور فشار منفذی اندازه‌گیری شود، بعلاوه در حالتی که آزمایش در یک یا چندین سیکل بارگذاری - باربرداری بینابین انجام می‌شود، ممکن است ابهاماتی بوجود آید.

۱۴ - دقت و انحراف

۱۴-۱ - بیان دقت - به علت ماهیت خاک مورد آزمایش با این روش، تهیه چندین نمونه که دارای خواص فیزیکی یکسانی باشد، غیر عملی یا بسیار پرهزینه می‌باشد. هر نوع اختلاف مشاهده شده در اطلاعات ممکن است به علت تغییر نمونه توسط متصدی یا تغییر در هنگام آزمایش نمودن، در آزمایشگاه باشد. کمیته فرعی $D_{10}/0.5$ از پیشنهاداتی که در جهت افزایش دقت موثر می‌باشد، استقبال می‌نماید.

۱۴-۲ - بیان انحراف - مرجع قابل قبول برای ارزشیابی این روش آزمایش وجود ندارد، بنابراین انحراف قابل تعیین نمی‌باشد.

۱۵ - کلمات کلیدی

۱۵-۱ - تراکم پذیری، منحنی‌های فشردگی، تحکیم، ضریب تحکیم، آزمایش تحکیم، تحکیم سنج، فشار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۳-۱-۲- وضعیت خاک :

۱۳-۱-۲-۱- میانگین درصد رطوبت تراشیده‌ها،

۱۳-۱-۲-۲- درصد رطوبت اولیه و نهایی نمونه،

۱۳-۱-۲-۳- وزن مخصوص خشک اولیه و نهایی نمونه،

۱۳-۱-۲-۴- نسبت تخلخل اولیه و نهایی نمونه،

۱۳-۱-۲-۵- درجه اشباع اولیه و ثانویه نمونه،

۱۳-۱-۲-۶- فشار پیش تحکیمی ،

۱۳-۱-۳- روش آزمایش :

۱۳-۱-۳-۱- توضیح دهید آیا نمونه با استفاده از صفحه تراش یا پاشنه برش تراشیده شده است ، با اینکه بطور مستقیم در حلقه حاصل از نمونه گیر حلقه دار مورد آزمایش قرار گرفته است .

۱۳-۱-۳-۲- شرایط آزمایش (با رطوبت طبیعی یا غرقاب شده، فشار در هنگام غرقاب نمودن)

۱۳-۱-۳-۳- روش آزمایش (A یا B)

۱۳-۱-۳-۴- روش مورد استفاده برای محاسبه ضریب تحکیم

۱۳-۱-۳-۵- میزان افزایش و کاهش بار و مدت افزایش بار برای زمان غیر از ۲۴ ساعت ، تغییر شکل های حاصله در پایان افزایش ، و برای آزمایش B تغییر شکل حاصله در انتهای تحکیم اولیه و ضریب تحکیم (شکل ۱) باید یادداشت گردند.

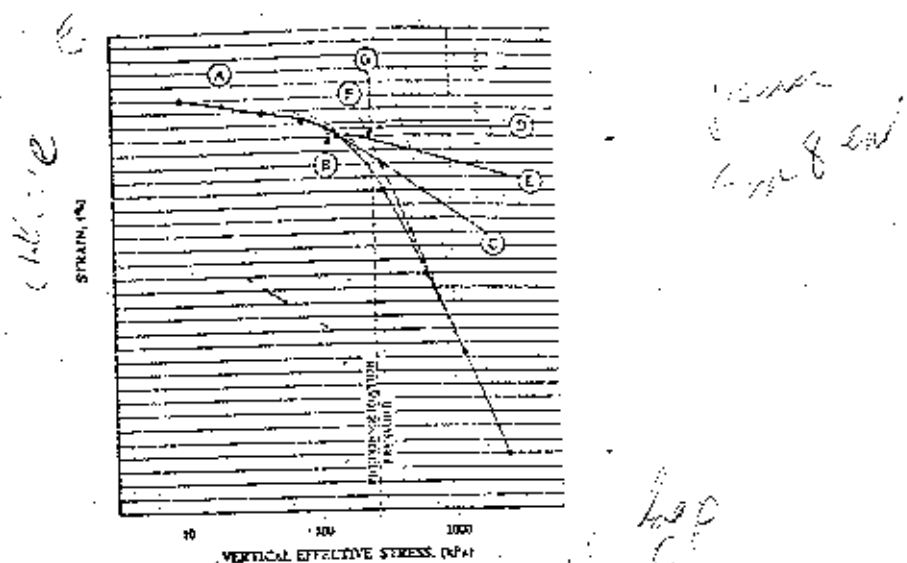
۱۳-۱-۳-۶- کلیه اختلافات از روش شرح داده شده ، از جمله ترتیب بارگذاری خاص بیان گردد.

۱۳-۱-۴- ارائه منحنی

۱۳-۱-۴-۱- رسم منحنی تغییر شکل برحسب لگاریتم زمان (شکل ۲) یا جذر زمان (شکل ۳) برای افزایش بارهایی که قرائت‌ها نسبت به زمان انجام شده است .

۱۳-۱-۴-۲- رسم منحنی نسبت تخلخل برحسب لگاریتم فشار یا درصد فشردگی برحسب لگاریتم فشار (شکل ۴)

۱۳-۱-۴-۳- در مواردیکه قرائت تغییر شکل در زمانهای مختلف برای چندین افزایش بار انجام شده باشد، برای هر افزایش بار مربوطه ، منحنی میانگین نسبت تخلخل یا درصد فشردگی برحسب لگاریتم ضریب تحکیم را رسم کنید (شکل ۵)



شکل ۴ - ارزیابی فشار پیش تحکیمی با استفاده از روش کاساگرانده

- A منحنی تنش کرنش با استفاده از نقاط داده‌ها
- B نقطه حداکثر انحناء
- C خط مماس بر منحنی در نقطه B
- D خط افقی گذرنده از نقطه B
- E نیمساز زاویه بین خطوط C و D
- F مماس بر قسمت خطی منحنی در محدوده فشردگی بکر
- G محل تقاطع خطوط E و F (تنش موثر قائم در نقطه G برابر فشار پیش تحکیمی)

۱۳ - گزارش

۱۳ - ۱ - علاوه بر نام و محل پروژه، شماره گمانه، شماره نمونه و عمق، اطلاعات زیر را گزارش نمایید.
 ۱۳ - ۱ - ۱ - تشریح و طبقه بندی خاک مطابق با دستورالعمل D ۲۴۸۸ یا وقتی که اطلاعات مربوط به حدود اتوربرگ در دسترس باشد، یا روش D ۲۴۸۷ انجام پذیرد. همچنین در صورت موجود بودن چگالی ویژه بخش جامد، حدود اتوربرگ و توزیع اندازه ذرات، به علاوه منبع این قبیل اطلاعات، در صورت تفاوت با اندازه گیریهای بعمل آمده روی نمونه مورد آزمایش باید گزارش شود. همچنین مورد و اندازه تقریبی ذرات بزرگ جدا شده را، باید یادداشت نمود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$\sigma_v = \frac{P}{A}$$

که:

P = بار وارده بر حسب نیوتن ،

σ_v = تنش قائم بر حسب کیلو پاسکال.

۱۲-۴-۵- با مراجعه به شکل (۴) نتایج تغییر شکل (نسبت تخلخل یا کرنش) مربوط به انتهای هر افزایش، و در صورت استفاده از روش B، مربوط به انتهای تحکیم اولیه، را بر حسب لگاریتم فشار رسم کنید. **توجه ۱۴-** در بعضی از حالات، ممکن است نشان دادن منحنی بار - تغییر شکل در مقیاس حسابی بهتر باشد.

۱۲-۴-۶- با مراجعه به شکل (۴) مقدار فشار پیش تحکیمی را با استفاده از روش زیر بدست آورید: **توجه ۱۵-** همچنین هر روش دیگری را برای تخمین فشار پیش تحکیمی (مراجع ملاحظه گردد) ممکن است استفاده شود. مشروط بر اینکه روش در گزارش مشخص گردد.

۱۲-۴-۶-۱- نقطه (B) دارای حداکثر انحاء را روی منحنی تحکیم تخمین بزنید.

۱۲-۴-۶-۲- در این نقطه خطی (C) مماس بر منحنی تحکیم و خطی افقی (D) رسم نمایید. هر دو خط در جهت افزایش مقادیر روی محور طولی میل می کنند.

۱۲-۴-۶-۳- خط (E) نیمساز زاویه بین این دو خط را رسم کنید.

۱۲-۴-۶-۴- خط مماس بر شیب قسمت خطی منحنی تحکیم (قسمت فشردگی بکر)، (F) را ادامه دهید تا خط نیمساز (E) را قطع کند. فشار مربوط به نقطه تقاطع (G)، فشار پیش تحکیمی تخمینی می باشد.

۱۲-۴-۷- ارزیابی کامل اغلب شامل ملاحظه اطلاعاتی که بطور معمول در انجام تست های آزمایشگاهی موجود نیست، می باشد، به این دلیل ارزیابی بیشتر این آزمایش متضمن حکم یا دستور نیست. تعداد زیادی روش ارزیابی شناخته شده در نوشتجات تشریح شده است. بعضی از اینها در مراجع (۱) تا (۸) مورد بحث قرار گرفته است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

برای روش بند ۱۲-۳-۱، ۵۰٪ تحکیم با $T = T_{50} = 0/197$ بکار برید.

برای روش بند ۱۲-۳-۲، ۹۰٪ تحکیم را با $T = T_{90} = 0/848$ بکار برید.

t = زمان مربوط به درصد خاصی از تحکیم، S یا \min :

برای روش بند ۱۲-۳-۱، $t = t_{50}$ بکار برید.

برای روش بند ۱۲-۳-۲، $t = t_{90}$ بکار برید.

H_{D50} = طول مسیر زهکشی در ۵۰٪ تحکیم، برحسب سانتیمتر یا متر:

برای زهکشی دو طرفه، H_{D50} برابر نصف ارتفاع نمونه در هر افزایش بار و برای زهکشی یکطرفه، H_{D50} برابر طول کل نمونه می باشد.

۱۲-۴- خصوصیات بار - تغییر شکل

۱۲-۴-۱ - تغییر شکل یا تغییر در تغییر شکل قرائت های مربوط به انتهای هر افزایش (d_f) و در صورت

استفاده از روش B ، قرائت های مربوط به انتهای تحکیم اولیه (d_{100}) را در جدول وارد کنید.

۱۲-۴-۲ - تغییر ارتفاع نسبت به ارتفاع اولیه نمونه $(\Delta H = d - d_0)$ را برای هر قرائت محاسبه نمایید.

در صورت لزوم تغییر شکل های قرائت شده را به جهت انعطاف پذیری دستگاه، با کم کردن مقادیر حاصل از کالیبراسیون بدست آمده در بخش ۹، از هر قرائت، تصحیح کنید.

۱۲-۴-۳ - نتایج تغییر شکل را به یکی از شکل های زیر نشان دهید.

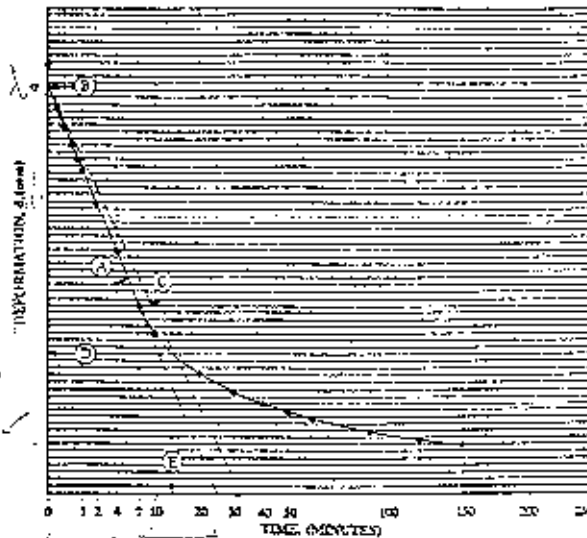
۱۲-۴-۱ - نسبت تخلخل را مطابق زیر محاسبه نمایید:

$$e = e_0 - \frac{\Delta H}{H_s}$$

۱۲-۴-۲ - یا کرنش قائم (برحسب درصد) را مطابق زیر محاسبه نمایید:

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100$$

۱۲-۴-۴ - تنش قائم را مطابق زیر محاسبه نمایید:



شکل ۳ - منحنی تغییر شکل - زمان با استفاده از روش جذر زمان

منحنی تغییر شکل - زمان با استفاده از نقاط داده‌ها	A
امتداد قسمت خطی ابتدای منحنی تا زمان صفر دقیقه	d ₀ B
خط رسم شده با شیب ۱/۱۵ برابر قسمت خطی ابتدای منحنی	C
تغییر شکل در محل تقاطع منحنی A با خط C	d ₉₀ D
زمان در محل تقاطع منحنی A با خط C	t ₉₀ E

۱۲-۳-۳- مقدار ضریب تحکیم برای هر افزایش بار را با استفاده از معادله زیر و مقادیر مناسب با روش انتخابی تفسیر شده، محاسبه نمایید:

$$CV = \frac{TH^2_{D50}}{t}$$

که:

T : فاکتور زمان بدون بعد

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

امتداد قسمت خطی انتهای منحنی		C
امتداد خط مربوط به شیبدارترین قسمت منحنی		D
تغییر شکل در محل تقاطع خطوط C و D	d_{100}	E
نقطه ای مربوط به زمان انتخابی	t_1	F
زمان برابر با چهار t_1 (تغییر شکل در زمان t_2 باید کمتر از ۵۰٪ کل تغییر شکل، برای افزایش بار باشد)	t_2	G
اضافه تغییر شکل بین زمان های t_1 و t_2		H
اضافه تغییر شکل برابر با F		I
تغییر شکل اولیه محاسبه شده	d_0	J
متوسط d_{100} و d_0	d_{50}	K
زمان t_{50} در d_{50}		L

۱۲-۳-۲- با مراجعه به شکل (۳)، برای هر افزایش بار، قرائت های تغییر شکل (d) را بر حسب جذر زمان (معمولاً بر حسب دقیقه) رسم کنید.

۱۲-۳-۲-۱- ابتدا خط مستقیمی را از میان نقاط نشان دهنده قرائت های اولیه رسم نمایید. این خط نشان می دهد که نقاط مورد نظر به سمت خط راستی میل می کنند. خط را به سمت عقب تا رسیدن به $t=0$ و بدست آوردن عرض تغییر شکل نشان دهنده ۵٪ تحکیم اولیه امتداد دهید.

۱۲-۳-۲-۲- خط مستقیم دومی را از نقطه ای به عرض ۵٪ و طولی برابر $1/15$ طول اولین خط عبوری از داده ها رسم کنید. تقاطع خط دوم با منحنی تغییر شکل - جذر زمان، تغییر شکل d_0 و زمان t_0 مربوط به ۹۰٪ تحکیم اولیه است.

۱۲-۳-۲-۳- تغییر شکل در ۱۰۰٪ تحکیم، به اندازه $1/9$ بیشتر از اختلاف تغییر شکل بین ۵٪ و ۹۰٪ تحکیم می باشد. زمان تحکیم اولیه (t_{100}) ممکن است از محل تقاطع منحنی تغییر شکل - جذر زمان با تغییر شکل مربوطه بدست آید. تغییر شکل مربوط به ۵۰٪ تحکیم (d_{50}) برابر $5/9$ اختلاف تغییر شکل در ۵٪ و ۹۰٪ تحکیم می باشد.

شرکت سپاهمی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

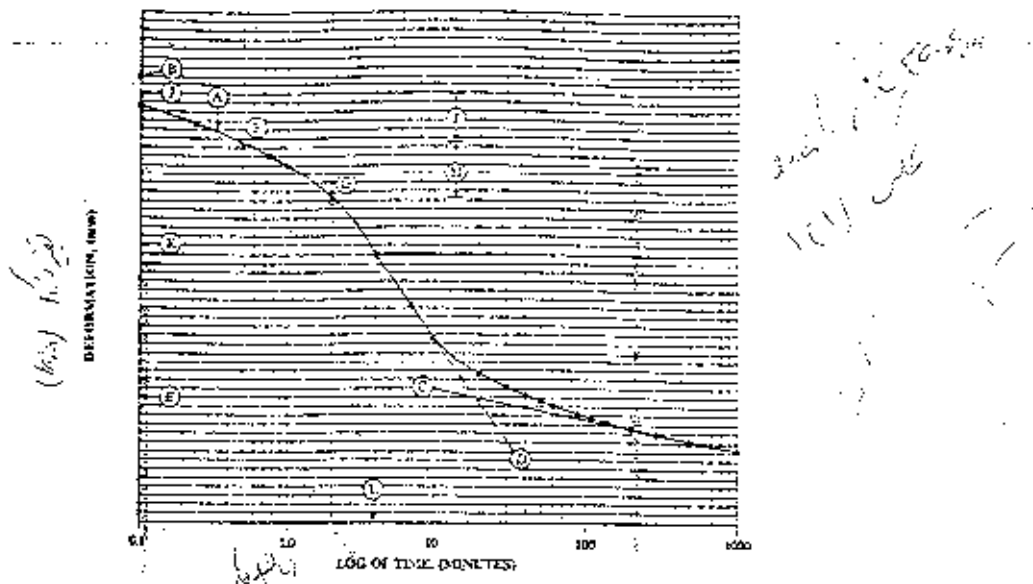
دقیقه) را برای هر افزایش بار رسم کنید.

۱۲-۱-۱- ابتدا خط مستقیمی از میان نقاط نشاندهنده قرائت‌های نهایی رسم نمایید. این خط نشان می‌دهد که نقاط مورد نظر به سمت خط راستی با شیب ثابت میل می‌کند (C).

خط راست بعدی را مماس بر شیبدارترین قسمت منحنی تغییر شکل - لگاریتم زمان رسم کنید (D). محل تقاطع این دو خط، تغییر شکل d_{100} ، زمان t_{100} مربوط به ۱۰۰٪ تحکیم اولیه را نشان می‌دهد (E). فشردگی بیشتر از ۱۰۰٪ تحکیم اولیه تخمین زده شده، فشردگی ثانویه نامیده می‌شود.

۱۲-۱-۳- تغییر شکل نشاندهنده ۵٪ تحکیم اولیه را با انتخاب هر دو نقطه‌ای که نسبت زمانی یک به چهار داشته باشند، پیدا کنید. تغییر شکل در زمان بزرگتر، باید بیشتر از $\frac{1}{4}$ و کمتر از $\frac{1}{2}$ تغییر شکل کل، برای افزایش بار باشد. تغییر شکل مربوط به ۵٪ تحکیم اولیه، برابر با تغییر شکل زمان کوچکتر، منهای اختلاف تغییر شکل در زمان انتخاب شده می‌باشد.

۱۲-۱-۳- تغییر شکل مربوط به ۵۰٪ تحکیم اولیه (d_{50}) برابر میانگین تغییر شکل‌های مربوط به ۵٪ و ۱۰۰٪ تحکیم اولیه می‌باشد. زمان t_{50} مربوط به ۵۰٪ تحکیم را می‌توان از روی منحنی تغییر شکل - لگاریتم زمان و با مشاهده زمان مربوط به ۵۰٪ تحکیم بدست آورد.



شکل ۲ - منحنی تغییر شکل - زمان با استفاده از روش لگاریتم زمان

منحنی تغییر شکل - زمان با استفاده از نقاط داده‌ها

A

تغییر شکل، در زمان = صفر دقیقه

B

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ρ_w = دانسیته آب ، برابر با یک مگاگرم بر متر مکعب یا یک گرم بر سانتی متر مکعب .

۱۲ - ۲ - ۶ - از آنجائیکه سطح مقطع عرضی نمونه در طول آزمایش ثابت می باشد بهتر است برای انجام محاسبات بعدی، عبارت ارتفاع معادل قسمت جامد را مطابق زیر تعریف نمایید.

$$H_s = \frac{V_s}{A}$$

که :

A : سطح نمونه، بر حسب سانتیمتر مربع یا متر مربع .

۱۲ - ۲ - ۷ - نسبت تخلخل قبل و بعد از آزمایش را مطابق زیر محاسبه کنید :

$$e_o = \frac{H_o - H_s}{H_s}$$

$$e_f = \frac{H_f - H_s}{H_s}$$

که :

H_o = ارتفاع اولیه نمونه، بر حسب سانتیمتر یا متر، و

H_f = ارتفاع نهایی نمونه، بر حسب سانتیمتر یا متر.

۱۲ - ۲ - ۸ - درجه اشباع قبل و بعد از آزمایش، بر حسب درصد، را مطابق زیر حساب کنید:

$$S_o = \frac{M_{T_o} - M_d}{\rho_w (H_o - H_s)} \times 100$$

$$S_f = \frac{M_{T_f} - M_d}{\rho_w (H_f - H_s)} \times 100$$

۱۲ - ۳ - خصوصیات تغییر شکل - زمان - برای افزایش های باری که قرائت های تغییر شکل - زمان آنها بدست آمده است، جهت ارائه اطلاعات، تعیین انتهای تحکیم اولیه، محاسبه سرعت تحکیم دو روش ارائه شده است (بندهای ۱۲ - ۳ - ۱ و ۱۲ - ۳ - ۲ ملاحظه گردد). همچنین درخواست کننده ممکن است روشی را با انتخاب خودش مشخص نماید و معهداً مطابق این روش آزمایش باشد. قرائت های تغییر شکل ممکن است بصورت تغییر شکل اندازه گیری شده، تغییر شکل اصلاح شده برای قابلیت تراکم پذیری دستگاه یا بر حسب کرنش (بند ۱۲ - ۴ را ملاحظه نمایید) ارائه گردد.

۱۲ - ۳ - ۱ - یا مراجعه به شکل (۲)، قرائت های تغییر شکل (d) بر حسب لگاریتم زمان (معمولاً بر حسب

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$M_d = \frac{M_{Tf}}{1 + W_{fp}}$$

که در آن:

M_{Tf} = جرم مرطوب کل نمونه بعد از آزمایش، بر حسب گرم یا مگاگرم، و

W_{fp} = درصد رطوبت (بصورت اعشاری) گوه نمونه بعد از آزمایش.

۱۲-۲-۲- درصد رطوبت اولیه و نهایی را مطابق زیر محاسبه نمایید:

درصد رطوبت اولیه:
$$W_o = \frac{M_{T_o} - M_d}{M_d} \times 100$$

درصد رطوبت نهایی:
$$W_f = \frac{M_{T_f} - M_d}{M_d} \times 100$$

که:

M_d = جرم خشک نمونه، بر حسب گرم یا مگاگرم و

M_{T_o} = جرم مرطوب نمونه قبل از آزمایش، بر حسب گرم یا مگاگرم.

۱۲-۲-۳- دانسیته خشک اولیه نمونه را مطابق زیر حساب کنید:

$$\rho_d = \frac{M_d}{V_o}$$

که:

ρ_d = دانسیته خشک نمونه، بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب یا مگاگرم بر متر مکعب، و

V_o = حجم اولیه نمونه، بر حسب سانتیمتر مکعب یا متر مکعب.

۱۲-۲-۴- وزن مخصوص خشک نمونه را مطابق زیر محاسبه کنید:

$\gamma_d = 9.8 \times \rho_d$ (بر حسب KN/m^3)

$\gamma_d = 62.43 \times \rho_d$ (بر حسب Lbf/ft^3)

۱۲-۲-۵- حجم بخش جامد را مطابق زیر محاسبه نمایید:

$$V_s = \frac{M_d}{G \rho_w}$$

که:

G = چگالی ویژه بخش جامد و

(تعمیر جدول ۱۹۷۸) ASTM : D۲۵۷۳-۷۲
روش استاندارد برای آزمایش برش بهره‌ای صحرایی در خاکهای چسبنده

۱- هدف

۱-۱- این روش شامل آزمایش برش بهره‌ای صحرایی در خاکهای نرم چسبنده اشباع می‌باشد. دانستن طبیعت خاک در آزمایش بهره‌ای، بسواری ارزیابی قابلیت کاربرد و تفسیر آزمایش لازم است.

۲- خلاصه روش

۲-۱- بطور اساسی آزمایش برش بهره‌ای شامل قراردادن یک پره چهار تیغه‌ای در خاک دست‌نخورده و چرخاندن آن از سطح زمین برای تعیین نیروی پیچشی مورد نیاز که باعث شود سطح استوانه‌ای بوسیله پره برش شود، می‌باشد و سپس این نیرو به مقاومت برشی در واحد سطح استوانه تبدیل می‌شود. یک اصل مهم آن است که اصطکاک دستگاه و میله بهره در محاسبه منظور شود. چرا که اصطکاک بطور نامناسبی بعنوان مقاومت خاک ثابت خواهد شد. اندازه‌گیری‌های اصطکاک تحت شرایط بدون بار (از طریق بکار بردن یک میله فیزی هم‌اندازه در محل بهره‌ها یا بکار بردن بهره‌ای که به سینه اجاره می‌دهد قبل از بارگذاری مقدار چرخش آزاد انجام دهد) تنها در شرایطی که کشتاور بوسیله یک فنر متعادلی که موجب رانش جانبی نمی‌شود اعمال می‌گردد رضایت بخش می‌باشد. افزایش نیروهای پیچشی در ضریک آزمایش، و یکرانش جانبی در دستگاه موجب افزایش اصطکاک می‌شود که در قرائت‌های بدون بار اولیه در نظر گرفته نشده است. دستگاههایی که موجب رانش جانبی کردند توصیه نمی‌شوند. میله بهره ممکن است با اندازه کافی سخت باشد طوری که تحت شرایط بار گل، تابش ندارد در غیر این صورت برای رسم منحنی چرخش-پیچش یک تصحیح باید انجام شود.

۳- وسایل

۳-۱- این وسیله بهره باید شامل یک پره چهار تیغه با مشخصات شکل ۱ باشد. ارتفاع پره باید دو برابر قطر آن باشد. ابعاد بهره باید مطابق جدول ۱ باشد. بکارگیری ابعادی غیر از آضمایی که در جدول ۱ آمده تنها با اجازه مهندس مسئول برنامه گمانه زنی می‌باشد. انتهای پسره

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ممکن است نوک تیز باشد (شکل ملاحظه گردد) لبه های نفوذ کننده صیغه بره باید شیو گردند و زاویه ۹۰ داشته باشد .
 ۲-۳- بره میباید بوسیله میله های گشتاور فولادی با سطح زمین ارتباط داشته باشند این میله ها میباید مانند اهر کافی قطور باشند ، بطوری که وقتی بره به اندازه ظرفیتش بارگذاری می شود تنش در میله ها از حد الاستیک بالاتر نرود . (توجه ۱) در طی آزمایش که گشتاور اعمال میشود آنها (میله ها) طوری باید در اختتام نیرو ماده با هم جفت باشند که ارتباطی محکم داشته باشند اگر یک محفظه پسره بکار رود میله های پیچشی باید مجز به تکیه گاه های خوب روغن کاری شده ای باشند که از همان محفظه میگذرد . این تکیه گاه ها باید برای جلوگیری از ورود خاک به داخل آنها ، درز بندی شوند . میله های چرخشی باید طوری هدایت شوند که از گسترش اصطکاک ما بین میله های پیچشی و دیواره های غلاف های گمانه جلوگیری شود .

توجه ۱-۱- اگر منحنی های چرخش بر حسب پیچش تعیین می شوند ، اساسی است که میله های پیچشی (قبل از استفاده در حرا) کالیبره شوند . مقدار تاب میله (هر قدر که باشد) باید بر حسب درجه برفوت برای واحد پیچش بیان شود . این تصحیح مهم تر می شود همانطور که عمق آزمایش افزایش می یابد و کالیبره باید حداقل با حداکثر عمق بیش بینی شده برای آزمایش انجام گیرد .

۳-۳- پیچش باید به میله های پیچشی اعمال شود تا به بره انتقال یابد . دقت در قرائت پیچش باید به صورتی باشد که اختلافی بیش از $25 \text{ lb/ft}^2 + (1/20 \text{ kPa})$ در مقاومت برشی ایجاد نشود .
 ۳-۴- بهتر است پیچش توسط یک وسیله چرخ دنده ای به بره اعمال شود . در صورت عدم وجود وسیله چرخ دنده ای ، اعمال پیچش مستقیماً با دست یا یک آچار پیچشی یا معادل آن قابل قبول است . مراحل آزمایش باید توسط وسایل بند ۳-۴ کنترل شود .

جدول ۱- ایجاد توصیه شده برای بره های (A) حرا بی

اندازه پوش	قطر	ارتفاع	ضخامت صیغه	قطر میله بره
	in(mm)	in(mm)	in(mm)	in(mm)

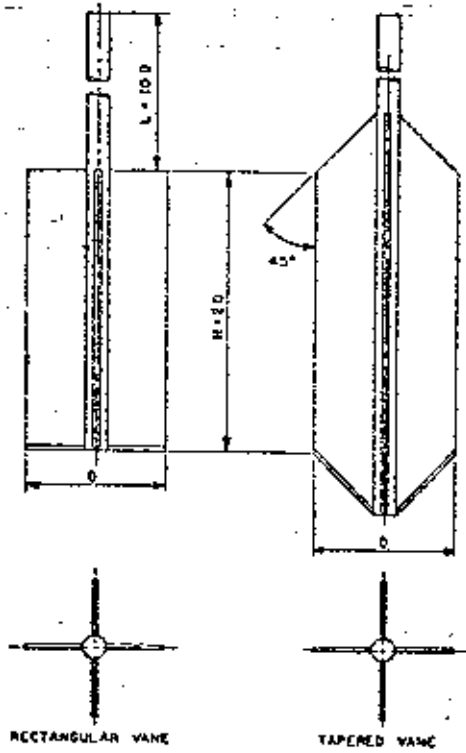
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

AX	1/5(38/1)	2(76/2)	0.0625(1/4)	0.5(12/2)
BX	2(5-/8)	2(1-1/4)	0.0625(1/4)	0.5(12/2)
Nx	1/5(63/5)	5(127/0)	0.125(3/2)	0.5(12/2)
1-1/4 ^B	2/625(92/1)	7/25(182/1)	0.125(3/2)	0.5(12/2)

سیلیندر ۰۴ اینچ

A انتخاب اندازه پره بطور مستقیم به خاک مورد آزمایش مربوط می‌شود، بدین معنی که، خاک نرمتر قطر پره بزرگتر.

B قطر داخلی



شکل ۱- هندسه پره صحرائی

۴- روش

۱-۲ در حالتی که محفظه پره بکار رود محفظه به عمقی که حداقل ۵ برابر قطر محفظه پره‌ها، کمتر از عمق مورد نظر برای شوک پیوسته است چلو بپسید. در جایی که از محفظه پره استفاده نشود چنانچه زنی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱- پایینتر از عمقی که ممکن است در نوک پره نفوذ کند و در خاک دست نخورده در عمقی حداقل پنج برابر قطر کمانه متوقف کنید.

۲-۴- پره را در یک رانش ساده از سه کمانه یا محافظ پره به عمقی که آزمایش باید انجام شود، جلو برانید. احتیاط کنید تا اطمینان حاصل شود که در طی رانش هیچ پیچشی به میله‌های پیچی وارد نمی‌شود.

۳-۴- با تنظیم وضعیت پره، پیچشی، با سرعتی که نیاز بیشتر از ۱/۱ درجه بر ثانیه باشد به پره اعمال کنید.

این کار معمولاً به یک زمان گسیختگی بین ۲ تا ۵ دقیقه نیاز دارد، بجز در رس‌های خیلی نرم که ممکن است زمان گسیختگی بیشتر از ۱۰ تا ۱۵ دقیقه باشد. در مصالح سخت‌تر که گسیختگی در تغییر شکل‌های کوچک بوقوع می‌پیوندد، ممکن است کاهش سرعت تغییر شکل زاویه‌ای قابل قبول باشد. بطوریکه موجب تعیین قابل قبول خواص تعیین تنش کرنش که می‌تواند بدست آید.

در طی چرخش پره آنها در یکسر از ثابت نگه‌دارید. حداکثر پیچش را ثبت کنید. بهتر است که مقادیر متوسط پیچش را در فواصل ۱۵ ثانیه یا در دوره‌های کمتر چنانچه شرایط لازم بدانند با ابزارهای با وسیله چرخ دنده‌ای، ثبت کنید.

۴-۴- تعیین حداکثر پیچش به صورت تدریجی، پره را با سرعت در فاصله حداقل ۱۰ دقیقه بچرخانید، تعیین مقاومت بازسازی شده باید بلافاصله پس از تکمیل چرخش سریع و در همه حالات در حدود ۱ دقیقه پس از عمل بازسازی، شروع شود.

۵-۴- در حالتی که خاک با میله‌های پیچی تماس دارد، تعیین اصطکاک بین خاک و میله بوسیله آزمایش‌های پیچشی در عمق‌های مشابه و بسا میله‌های مشابه بدون هیچ‌رطوبتی پره‌ای انجام می‌شود. آزمایش اصطکاک میله را: حداقل یکبار در هر محل انجام دهید که باید شامل یک سری آزمایش‌های پیچش در عمق‌های مختلف باشد.

۶-۴- در دستگاهی که سینه پیچشی بطور کامل عایق از خاک می‌باشد در هر محل حداقل یکبار یک آزمایش اصطکاک با میله فلزی که به اندازه لازم بریده شده (توجه ۲) انجام دهید و اندازه اصطکاک تک‌کمانه‌ها را تعیین نمایید. در یک دستگاه پره مناسب، این اصطکاک نباید

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

صرفاً نظر شود.

توجه ۲- در برخی حالات نیازی به حرکت مجدد پره برای آزمایش اصطکاک نمیباشد. در جایی که پره در داخل یک غلاف جمع می شود پره با خاک برخورد نمی کند و در این حالت از اندازه گیری اصطکاک صرفاً نظر می شود.

۴-۷- آزمایش های پره ای (روی خاک) دست نخورده و بازسازی شده را در سراسر نیمرخ خاک و وقتی شرایط آزمایش پره اجازه دهد در فواصلی بزرگتر یا ۲/۵ فوت (۰/۷۶ متر) انجام دهیستند. (توجه ۳) آزمایش پره را در هر جایی که در طی زمان آزمایش اجازه زهکشی یا اتساع را به خاک بدهد انجام ندهید، مانند ماسه ها یا سیلتها یا خاکهایی که پره با سنگها یا شیلها برخورد می کند. در چنین مواردی نتایج آزمایش را تحت تاثیر قرار می دهد.

توجه ۳- این فاصله ممکن است بوسیله مهندس مسئول برنامه گمانه زنی تغییر نماید.

۵- محاسبات

۵-۱- مقاومت برشی خاک را به روش زیر محاسبه کنید، لنگر چرخشی مورد نیاز برای برش خاک بصورت زیر است:

$$T = S \times K$$

که در آن:

$T =$ پیچش \cdot lbf.ft (یا N.m)

$S =$ مقاومت برشی \cdot lbf/Ft² (یا KPa)

$K =$ ثابت است، بستگی به ابعاد و شکل پره دارد، Ft³ (یا m³)

۵-۲- توزیع مقاومت برشی در سراسر هر اختیای استوانه و اطراف محیط را یکنواخت فرض کنید، مقدار K را بصورت زیر محاسبه کنید:
بر حسب واحدهای اینج - بوند :

$$K = (\pi / 1.778) \times (DH/2) \times [1 + (D/2H)]$$

بر حسب واحدهای متریک:

$$K = (\pi / 1.27) \times (DH/2) \times [1 + (D/2H)]$$

که در آن:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

i) قطر اندازه گرفته شده پره d (یا cm) و

ii) ارتفاع اندازه گرفته شده پره in (یا cm)

این مطلب مهمی است که این ابعاد باید بصورت دوره ای کنترل شوند تا از کج نبودن و فرسوده نبودن پره اطمینان حاصل کنیم.

۵-۳- هنگامیکه نسبت طول به عرض پره ۲ به ۱ باشد مقدار K ممکن است بوسیله عبارتهای ساده ای از قطر بیان شود همچنانکه بصورت زیر می باشد :

بر حسب واحدهای اینچ-پوند $K = 0.0021D^3$

بر حسب واحدهای متریک $K = 0.0000266D^3$

۵-۴- زمانی که مقدار S مورد نیاز باشد، بسیار مناسب است که معادله زیر نوشته شود :

$$S = T \cdot K$$

که در آن :

$$K = 1/K$$

T همان پیش است که تعیین می شود و بدین ترتیب S می تواند محاسبه شود.

۵-۵- در مورد پره های نوک تیز شکل ۱ ممکن است معادله اصلاحی زیر برای ثابت پره استفاده شود :

بر حسب واحدهای اینچ-پوند : $K = 1/1.728 [\pi D^3 + 0.27(\pi D^3 - d^3)]$

بر حسب واحدهای متریک : $K = 1/1.6 [\pi D^3 + 0.27(\pi D^3 - d^3)]$

که در آن :

d = قطر سینه in (یا cm) برای سینه $0.5in$ (یا $1/2cm$) این مقدار کاهش می یابد به :

بر حسب واحدهای اینچ-پوند $K = 0.00225 D^3 - 0.00002$

بر حسب واحدهای متریک : $K = 0.0000288 D^3 - 0.00000076$

گزارش :

۶-۱- برای هر آزمایش پره مشاهده اش زیر را یادداشت کنید :

۶-۱-۱- تاریخ انجام آزمایش

۶-۱-۲- شماره گمانه

۶-۱-۳- اندازه و شکل پره (نوک تیز یا راست گوشه)

۶-۱-۴- عمق نوک پره

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۶-۱-۵- عمق نوک سرنه در زیر محفظه یا ته گمانه،
- ۶-۱-۶- قرائت حداکثر پیچش و قرائت های متوسط چنانچه برای آزمایش دست نخورده لازم باشد.
- ۶-۱-۷- زمان گسیختگی آزمایش،
- ۶-۱-۸- سرعت بازسازی،
- ۶-۱-۹- قرائت حداکثر پیچش برای آزمایش بازسازی شده، و
- ۶-۱-۱۰- یادداشت های برای هر انحرافی از روش آزمایش استاندارد،
- ۶-۲-۱- علاوه، مشاهدات زیر را برای گمانه زنی ثبت کنید:
 - ۶-۲-۱-۱- شماره گمانه،
 - ۶-۲-۱-۲- موقعیت،
 - ۶-۲-۱-۳- نمودار شرایط خاک،
 - ۶-۲-۱-۴- تراز مرجع،
 - ۶-۲-۱-۵- روش ایجاد گمانه،
 - ۶-۲-۱-۶- توصیف در مورد بهره که آیا محفظه دارد یا خیر،
 - ۶-۲-۱-۷- روش اعمال و اندازه گیری پیچش،
 - ۶-۲-۱-۸- یادداشت های روی مقاومت در برابر رانندگی،
 - ۶-۲-۱-۹- نام سر کارگر حفاری، و
 - ۶-۲-۱-۱۰- نام مهندس ناظر.



روش استاندارد آزمایش مقاومت فشاری سه محوری زهکشی نشده نمونه های مغزه سنگ بدون اندازه گیری فشار منفذی

۱- هدف

۱-۱) این روش آزمایش جهت تعیین مقاومت نمونه های مغزه استوانه ای سنگ در حالت زهکشی نشده تحت بار فشار سه محوری می باشد. این آزمایش اطلاعات مفیدی برای تعیین مقاومت و خواص الاستیک سنگ از جمله : مقاومت برشی در برابر فشارهای جانبی متفاوت، زاویه اصطکاک داخلی (زاویه مقاومت برشی)، چسبندگی و مدول یانگ ارائه می دهد. در اینجا هیچ اشاره ای به اندازه گیری فشار منفذی نمی شود. بنابراین مقادیر مقاومت تعیین شده برحسب تنشهای کل است که برای فشار منفذی تصحیح نمی شوند.

۱-۲) مقادیر در واحد اینچ - پوند به عنوان استاندارد بیان می شوند.

۳-۱) عملکرد این روش، تجهیزات و مصالح ممکن است با نظر همراه باشد. این استاندارد هیچ تضمینی برای مشکلات ایمنی مربوطه ندارد. انتخاب نحوه عملکرد مناسب و رعایت موارد نظم برعهده استفاده کننده این استاندارد می باشد.

۲- مدارک مراجع

۲-۱) استانداردهای ASTM شامل:

D 4543 : دستورالعمل تهیه نمونه های مغزه سنگ و تعیین تولرانس ابعاد و شکل آن.

E 4 : روش کالیبراسیون ماشین اعمال بار

E 122 : دستورالعمل های پیشنهادی جهت انتخاب اندازه نمونه برای تخمین مقدار میانگین یک توده.

۳- اهمیت و کاربرد

رفتار سنگ بصورت تابعی از فشار محدود کننده شناخته می شود. آزمایش فشار سه محوری عموماً برای مشابه سازی شرایط تنشی که اکثر توده های سنگ زیرزمینی در آن وجود دارند، استفاده می شود.

۴- وسایل

۴-۱) وسیله اعمار بار: یک وسیله مناسب جهت اعمال و اندازه گیری بار محوری بر نمونه وسیله باید دارای ظرفیت کافی برای بارگذاری مطابق با شرایط بند ۲-۷ را داشته باشد. دستگاه باید در فواصل زمانی مناسب و با روش ارائه شده در دستورالعمل **E 4** و مطابق شرایط تصریح شده کنترل شود.

۴-۲) وسیله نگهداری فشار - یک پمپ هیدرولیک تشدید فشار یا سیستم دیگری با ظرفیت کافی برای نگهداری ثابت فشار جانبی (σ_3) نیاز می باشد.

توجه ۱: یک تشدید کننده فشار که بوسیله Leonard Obert در گزارش مطالعاتی شماره ۶۳۳۲ در معادن U.S.Bureau

توصیف شده، «یک دستگاه سه محوری ارزان برای آزمایش سنگ معدن» برای تکمیل تجهیزات فوق ساخته شد.



۳-۴- محفظه فشار سه محوری: وسیله است که نمونه آزمایش قرار گرفته شده در یک غشاء نفوذناپذیر در داخل آن بین دو صفحه سخت که یکی باید دارای گوی کروی باشد قرار می گیرد و فشار جانبی ثابتی وارد شده و سپس بار محوری نیز تا حد شکست نمونه اعمال شود. صفحات باید از جنس فولاد سخت با حداقل سختی $58HRC$ ساخته شود، سطوح بارگذاری نباید جدا شوند وقتی که نو هست باید تا 0.0005 in (0.0127 mm) صاف باشد و در حد 0.001 in (0.025 mm) نگهداری شود. علاوه بر صفحات و غشاء دستگاه باید شامل یک استوانه و اعمال فشار جانبی، شیلنگها و گیج ها و سرپوش های مورد نیاز باشد.

۴-۴- وسایل اندازه گیری کرنش و تغییر شکل: یک میکرومتر با درجه بالا یا وسیله اندازه گیری دیگری که تا واحد 0.0001 اینچ (0.0025 میلیمتر) درجه بندی شده باشد و دارای دقت 0.0001 in (0.0025 mm) در دامنه 0.001 in (0.025 mm) و 0.0002 in (0.005 mm) در دامنه 0.010 in باشد باید جهت اندازه گیری تغییر شکل محوری ناشی از بارگذاری بکار رود. این وسیله مرکب از پیچ های میکرومتر، صفحه میکرومتر یا مبدل تغییرات خطی می باشد که بنحو مطمئنی روی استوانه فشار بالا قرار می گیرد.

۱-۴-۴- گیج های الکتریکی که مستقیماً کرنش را می دهد ممکن است برای جهت محوری نمونه سنگ نیز بکار رود. همچنین استفاده از کرنش سنج محیطی اطلاعات لازم جهت محاسبه ضریب پواسون را به ما خواهد داد. در این روش دو گیج محوری (قائم) در دو طرف مقابل هم در قسمت میانی نمونه نصب می شود، بطور مشابه دو گیج محیطی روی محیط اما در جهت عمود بر گیج های محوری نصب می شود.

۵-۴- غشاء انعطاف پذیر: یک غشاء انعطاف پذیر ساخته شده از مواد مناسب که سیال محصور کننده را از نمونه جدا می کند، و نباید بطور ناگهانی از قالب خارج شود. غشاء باید به اندازه کافی بلند باشد که روی ضخامت را بگیرد و وقتی کمی کشیده شود به اندازه قطر نمونه سنگ برسد.

توجه ۲: تیوپ لاستیکی نئوپرن به ضخامت دیواره $\frac{1}{16} \text{ in}$ ($1/588$ میلیمتر) و سختی ۴۰ تا ۶۰ دورومتر از نوع A یا اندازه های گوناگون تیوپ داخلی دوچرخه برای این منظور مناسب خواهد بود.

۵- نمونه گیری

۱-۵- نمونه باید از مغزه هایی که بیانگر متوسط صحیحی از سنگ با توجه به مشاهدات می باشد انتخاب شود. این امر با مشاهدات بصری کانیهای متشکله، اندازه و شکل دانه ها، قطعات و نقصهایی از جمله منافذ و ترکها، امکان پذیر می باشد.

۶- نمونه های آزمایش



۶-۱- آماده سازی: نمونه های آزمایش باید مطابق دستورالعمل D۴۵۴۳ آماده شوند.

۶-۲- شرایط رطوبت نمونه در زمان آزمایش اثر قابل توجهی در مقاومت سنگ می تواند داشته باشد. دستورالعمل استاندارد خوب عموماً انجام آزمایشات آزمایشگاهی را بر روی نمونه هایی که بیانگر شرایط محل باشند را دیکته می کنند. بنابراین شرایط رطوبت محل باید تا زمان آزمایش حفظ شود. از سوی دیگر ممکن است دلایلی برای آزمایش نمونه های با درصد رطوبت های دیگر از جمله صفر وجود داشته باشد. در هر حال شرایط رطوبت نمونه آزمایش باید مشخص شود و در گزارش مطابق بند ۶-۱-۹ گزارش شود.

۷- روش آزمایش

۷-۱- صفحه پائینی را در پایه قرار دهید. سطوح در تماس با نمونه آزمایش خشک و تمیز شده و نمونه روی صفحه پائینی قرار داده می شود. صفحه بالایی روی نمونه قرار داده می شود طوری که با نمونه هم امتداد باشد. غشاء انعطاف پذیر روی نمونه و صفحات محکم شده و O-ring پلاستیکی یا نئوپرنی طوری که نمونه از سیال جانبی جدا شود نصب می گردد. استوانه روی نمونه بنحوی که در محل پایه هیچ روزنه بازی نباشد قرار داده شده و به خط فشار هیدرولیکی متصل می شود. وسیله اندازه گیری تغییر شکل قرار داده شده و محفظه با سیال هیدرولیک پر می شود. مقدار کمی بار محوری تقریباً $20 \text{ lbf} (110 \text{ N})$ وارد نمایند تا محفظه فشار سه محوری بنحو مطلوبی در سطوح تماس روی دستگاه اعمال بار بنشینند. یک قرائت اولیه از وسیله اندازه گیری تغییر شکل گرفته می شود. فشار جانبی را به آهستگی بالا برده تا به حدی که از قبل تعیین شده برسد. همزمان مقداری بار محوری اعمال می شود تا مانع از انحراف وسیله اندازه گیری تغییر شکل از قرائت اولیه گردد. وقتی که فشار جانبی مورد نظر حاصل شد، بار محوری دستگاه بارگذاری را ثبت می کنیم. این بار به عنوان صفر فرض شده و بارگذاری شروع می شود.

۷-۲- بار محوری بطور پیوسته و بدون لرزش وارد می شود تا اینکه بار ثابت بماند یا کاهش یابد و یا کرنش به مقدار از قبل تعیین شده برسد. بار بنحوی وارد می شود که نرخ کرنش در سراسر زمان آزمایش ثابت باشد. نباید اجازه داد که نرخ کرنش تغییراتی بیش از ۱۰٪ داشته باشد. نرخ کرنش طوری انتخاب شود که شکست نمونه مشابه در آزمایش فشاری محصور نشده در زمان ۲ الی ۱۵ دقیقه اتفاق افتد. نرخ کرنش انتخاب شده برای یک نوع سنگ برای تمام آزمایشات هر تحقیقی باید با هم همخوانی داشته باشد. (توجه ۳) فشار جانبی در طول آزمایش باید ثابت نگه داشته شود و قرائت های تغییر شکل مورد نیاز ثبت گردد.



توجه ۳: نتایج آزمایشات دیگر محققین نشان می دهد که نرخ کرنش در این محدوده مقادیر مقاومت مستقل از سرعت بارگذاری را فراهم می کند که در حدود تولرانس قابل قبول می تواند باشند.

۷-۳- جهت اطمینان از اینکه سیال به نمونه نفوذ نکند، غشاء نمونه باید از نظر نداشتن ترک و سوراخ در انجام هر آزمایش کنترل شود. اگر مشکوک بودیم می توان نمونه را قبل و بعد از آزمایش وزن نمود.

۸- محاسبات

۸-۱- محاسبات و نمودارهای لازم بشرح ذیل می باشد:

۸-۱-۱- منحنی اختلاف تنش در برابر کرنش محوری (توجه ۵). اختلاف تنش بصورت تنش محوری اصلی حداکثر (σ_1) منهای فشار جانبی (σ_3) تعریف می شود. در روی منحنی مقدار تنش جانبی (σ_3) نشان داده شود.

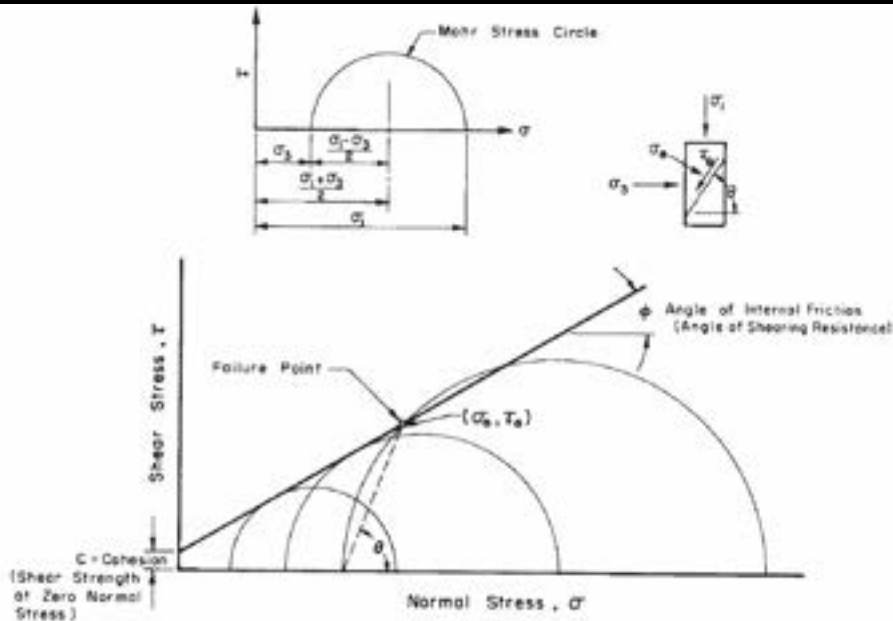
توجه ۴: اگر قطر نمونه به اندازه قطر پیستون داخل محفظه نیست، یک اصلاح باید در بارهای اندازه گیری شده بعلت تفاوت سطح نمونه و پیستون اعمال بار صورت گیرد.

توجه ۵: اگر تغییر شکل کل سیستم در هنگام آزمایش ثبت می شود، یک کالیبراسیون مناسب برای وسیله اندازه گیری تغییر شکل باید انجام شود. این کار با قرار دادن یک استوانه فولادی که خواص الاستیک شناخته شده ای دارد در دستگاه و ملاحظه تفاوت بین تغییر شکل مجموعه و استوانه فولادی در سراسر دامنه بارگذاری انجام می شود. باری تعیین شکل جهت محاسبه کرنش نمونه، تغییر شکل دستگاه از تغییر شکل کل در هر افزایش بار کم می شود.

۸-۱-۲- دایر موهر تنش در یک دستگاه مختصات تنش برشی - تنش عمودی ترسیم می شود. حداقل سه آزمایش فشار سه محوری هر کدام در فشار همه جانبه متفاوت جهت تعیین پوش دایر موهر تنش برای هر مصالحی لازم می باشد.

توجه ۶: بعلت طبیعت ناهمگن سنگ اغلب موارد با نتایج پرت مواجه می شویم، برای داشتن نتیجه ای خوب، حداقل سه آزمایش برای نمونه های یکسان در هر فشار جانبی لازم است یا اینکه یک نمونه با ۹ فشار جانبی متفاوت در محدوده مورد نظر انجام شود. دایر موهر تنش باید ترسیم شده و پوش رسم شده بر آنها مدنظر می باشد.

۸-۱-۳- بهترین منحنی (پوش موهر) تقریباً مماس بر دایر موهر همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده است، رسم شود، همچنین باید صفحه شکست و شیب این صفحه را با صفحه مبنا که جهت تنش اصلی بزرگتر می باشد را نشان دهد.



شکل ۱ - نمونه ای از دواير تنش موهر

توجه ۷: اگر پوش بصورت خط مستقیم باشد باید زاویه خط با محور افق به عنوان زاویه اصطکاک داخلی (Φ) و عرض از مبدا خط به عنوان چسبندگی (C) گزارش شود. اگر پوش بصورت خط مستقیم نباشد، مقادیر (Φ) یا ($tg\Phi$) باید با رسم یک مماس بر دایره موهر برای هر تنش جانبی در نقطه تماس با پوش و همینطور چسبندگی متناظر با آن تعیین شود.

۹- گزارش

۹-۱- گزارش باید شامل موارد ذیل باشد.

۹-۱-۱- منبع نمونه شامل نام پروژه و محل آن، اگر لازم شد محیط انبارکردن آن، موقعیت شامل: شماره گمانه و عمق نمونه برداری.

۹-۱-۲- توصیف فیزیکی نمونه شامل نوع سنگ، موقعیت و جهت صفحات ضعیف، صفحات لایه بندی و شیبستویته، وسعت منطقه ای یا غیر یکنواختی اگر لازم باشد.

۹-۱-۳- تاریخ نمونه برداری و انجام آزمایش

۹-۱-۴- قطر و طول نمونه مطابق با ابعاد مورد نیاز.

۹-۱-۵- نرخ بارگذاری یا نرخ کرنش یا نرخ تغییر شکل.

۹-۱-۶- مشخصات عمومی شرایط رطوبت نمونه در زمان آزمایش از جمله: رطوبت طبیعی، اشباع شده، خشک شده در هوای آزمایشگاه یا خشک شده در اون. توصیه می شود که شرایط رطوبت با بیشترین دقت ممکن تعیین شود و بصورت درصد آب یا درجه اشباع گزارش شود.



شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷-۱-۹- نوع و موقعیت شکست. رسم یک شکل ساده از نمونه شکسته شده توصیه می شود.
توجه ۸: اگر گسیختگی نرم در تنش $\sigma_1 - \sigma_3$ اتفاق افتد، هنوز تنش افزایش خواهد یافت. وقتی که آزمایش پایان می یابد، حداکثر کرنش مربوطه به $\sigma_1 - \sigma_3$ بصورت واضح تعیین شود.

۱۰- صحت و خطا

تغییرپذیری سنگ و ناتوانی جهت تعیین مقدار دقیق مبناء، مانع از تعمیم بیان معنی داری از صحت آنها می شود.
اطلاعات جهت تعیین خطای این روش آزمایش ارزیابی می شود. علاوه بر این زیر کمیته درصدد دریافت اطلاعات از استفاده کنندگان از این روش می باشد.

۱۱- کلمات کلیدی

مقاومت فشاری، آزمایش فشاری، آزمایشات بارگذاری، سنگ، فشار سه محوری.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : D ۲۸۵۰ - ۸۷

روش استاندارد آزمایش مقاومت فشاری تحکیم نشده - زهکشی نشده خاکهای چسبنده
در فشردگی سه محوری

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش، تعیین مقاومت فشاری تحکیم نشده - زهکشی نشده با حداکثر اختلاف تنش اصلی نمونه‌های استوانه‌ای خاکهای چسبنده در شرایط دست نخورده، بازسازی شده یا متراکم شده را با استفاده از نرخ ثابت تغییر شکل (کرنش کنترل شده) و با اعمال بار فشردگی محوری که در آن نمونه در محفظه سه محوری تحت اثر فشار مایع محصورکننده قرار می‌گیرد را فراهم می‌سازد. هیچگونه زهکشی به نمونه در ضمن آزمایش اجازه داده نمی‌شود. این روش برای اندازه‌گیری تنش‌های کل اعمال شده به نمونه یعنی تنشها برای فشار آب حفره‌ای اصلاح نشده، بکار می‌رود. تنش کل جمع تنش مؤثر و فشار آب حفره‌ای است.

۱-۲- این روش آزمایش برای تعیین خواص مقاومتی زهکشی نشده و روابط تنش - کرنش خاکها اطلاعات لازم را ارائه می‌دهد.

توجه ۱- تعیین مقاومت تحکیم نشده - زهکشی نشده خاکهای چسبنده بدون محصوریت جانبی با روش‌های آزمایش D ۲۱۶۶ انجام می‌شود.

توجه ۲- این روش برای اشباع نمونه‌های آزمایشی با استفاده از فشار متقابل را شامل نمی‌شود. اگر اشباع نمونه‌ها با استفاده از فشار متقابل لازم باشد آزمایش بایستی با استفاده از روش‌ها و وسایل مشابه به آنچه برای آزمایش سه محوری زهکشی نشده - تحکیم شده مورد نیاز است، انجام گردد. البته به علت تحکیمی که در ضمن مرحله اشباع می‌تواند رخ دهد، این روش اصلاح شده در حقیقت تحکیم نشده نمی‌باشد. روش آزمایشی برای آزمایش سه محوری زهکشی نشده - تحکیم شده در زیر کمیته ۵۵ - ۱۸ D تحت بررسی است.

توجه ۳- این روش برای بدست آوردن اندازه‌گیریهای فشار آب حفره‌ای دستورالعمل ارائه نمی‌دهد. بنابراین در نرخ‌های کرنش سریع استفاده شده در این روش، این چنین اندازه‌گیریهایی ممکن است دقیق نباشد. اگر اندازه‌گیریهای فشار آب حفره‌ای مورد نظر نباشد دستورالعمل‌های دیگر مثل روش E - ۱۷ (V.S. Bureau of Reclamation) می‌تواند استفاده شود.

۱-۳- مقادیر برحسب واحدهای SI به عنوان استاندارد پذیرفته شده است.

۱-۴- این استاندارد ممکن است مواد، وسایل و عملیات خطرناکی را شامل شود. در این استاندارد تمام

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مسائل ایمنی که در هنگام استفاده از آن باید رعایت شود مشخص نشده‌اند. این در مسئولیت شخص استفاده‌کننده است که تدابیر لازم را برای ایمنی و سلامت خود بکار بندد و محدودیتهای عملی را قبل از استفاده از آن تنظیم نماید.

۲- مراجع

۱-۱-۲- استانداردهای ASTM:

D ۴۲۲	روش تعیین دانه بندی خاک
D ۶۵۳	اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات
D ۸۵۴	روی آزمایش چگالی خاکها
D ۱۵۸۷	دستورالعملی برای نمونه‌گیریهای جدار نازک خاک.
D ۲۱۶۶	روشهای آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوری (محصورنشده) خاک چسبنده
D ۲۲۱۶	روشهای آزمایشگاهی تعیین درصد رصوبت خاک، سنگ و مخلوطهای خاک - مصالح
D ۲۴۸۷	روش آزمایش طبقه‌بندی خاکها برای مقاصد مهندسی
D ۲۴۸۸	دستورالعملی برای تشریح و شناسایی خاکها (روش نظری - دستی)
D ۴۱۲۰	دستورالعملی برای نگهداری و انتقال نمونه‌ها
D ۴۳۱۸	روش آزمایش حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها

۳-۱- اصطلاحات

۳-۱-۱- تعاریف:

۳-۱-۱-۱- آزمایش فشردگی سه‌محوری - آزمایشی است که در آن یک نمونه استوانه‌ای خاک که در غشاء غیر قابل نفوذ تحت اثر فشار محصورکننده قرار گرفته و سپس بطور محوری بارگذاری می‌شود تا در فشردگی، گسیخته شود. (چنانچه در بند ۳-۲-۱ تعریف شده است).

۳-۱-۲-۱-۱- اختلاف تنش اصلی یا تنش تفاضلی - اختلاف بین تنش‌های اصلی بزرگتر و کوچکتر در آزمایش سه‌محوری را گویند.

۳-۱-۲-۲-۱- بحث - اختلاف تنش اصلی یا تنش تفاضلی برابر است با بار محوری وارده به نمونه تقسیم بر مساحت مقطع عرضی اصلاح شده نمونه که در بخش ۸ شرح داده شده است. تنش اصلی بزرگتر در نمونه برابر است با تنش تفاضلی بعلاوه فشار محفظه و تنش اصلی کوچکتر در نمونه برابر با فشار محفظه است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳-۲- تشریح اصطلاحات مخصوص این استاندارد:

۳-۲-۱- گسیختگی - تنش‌های گسیختگی عبارت است از تنش‌های در نمونه مربوط به حداکثر اختلاف تنش اصلی (تنش تفاضلی) ایجاد شده یا تنش تفاضلی در ۱۵٪ کرنش محوری، هرکدام که در حین انجام آزمایش اول بدست آید.

۳-۲-۲- مقاومت فشاری تحکیم نشده - زهکشی نشده - مقدار حداکثر اختلاف تنش اصلی یا تنش تفاضلی که در حین آزمایش بدست می‌آید.

۴- اعتبار و استفاده

۴-۱- در این روش آزمایش، مقاومت فشاری خاک بر حسب تنش کل تعیین می‌گردد، بنابراین مقاومت بستگی به فشار ایجاد شده در مایع حفره‌ای در حین بارگذاری دارد. در این روش آزمایش در حین اعمال بار، اجازه جریان مایع از نمونه خاک یا به داخل آن داده نمی‌شود. از این رو فشار منتقلی بوجود آمده و بنابراین مقاومت با حالتی که در آن زهکشی می‌تواند رخ دهد، فرق می‌کند.

۴-۲- اگر نمونه‌ها ۱۰۰٪ اشباع باشند، در مرحله اعمال فشار همه جانبیه و همچنین در مرحله برش به علت آنکه زهکشی اجازه داده نمی‌شود، تحکیم رخ نمی‌دهد. از این رو اگر چندین نمونه از همان مصالح، مورد آزمایش قرار گیرد و اگر نمونه‌ها در هنگام آزمایش تقریباً در صد رطوبت و نسبت منافذ یکسان داشته باشند مقاومت برشی زهکشی نشده آنها تقریباً یکسان خواهد بود. اگر نمونه‌ها کاملاً اشباع باشند، پوش گسیختگی موهر معمولاً خط مستقیم افقی است که در بالای محدوده کامل تنش‌های همه جانبیه وارد بر نمونه‌ها خواهد بود.

۴-۳- اگر نمونه‌ها بطور جزئی اشباع باشند یا نمونه‌های متراکم شده که درجه اشباع آنها کمتر از ۱۰۰٪ است، زمانیکه فشار همه جانبیه وارد می‌آید و یا در حین برش، حتی اگر اجازه زهکشی داده نشود، ممکن است تحکیم رخ دهد. بدین جهت اگر چندین نمونه از یک مصالح جزئی اشباع در تنش‌های همه جانبیه متفاوت آزمایش شوند، مقاومت برشی زهکشی نشده یکسانی نخواهند داشت. پوش گسیختگی موهر برای آزمایش‌های سه محوری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تحکیم نشده - زهکشی نشده بر روی خاکهای جزئی اشباع معمولاً متخنی است.

۴-۴ - مقاومت سه محوری تحکیم نشده - زهکشی نشده در کارهای مهندسی ژئوتکنیک برای موقعیتهای طراحی خاص که در آنها فرض می شود بارها به سرعت اعمال گردد تا زمان کافی برای محور فشار آب حفره ای ایجاد شده نباشد و همچنین تحکیم در ضمن دوره بسازگذاری رخ ندهد، کاربرد دارد. (بدین معنی که زهکشی رخ نمی دهد) مقاومت سه محوری تحکیم نشده - زهکشی نشده برای تعیین مقاومت در انتهای عملیات ساختمانی بکار می رود.

۴-۵ - مقاومت فشاری تعیین شده از این روش، در حالتیکه شرایط بارگذاری در محل با شرایط موزد استفاده در این آزمایش بطور قابل ملاحظه ای فرق می کند، بکار نمی رود.

۵- وسایل

۵-۱ - وسیله بارگذاری محوری - وسیله اعمال فشار محوری ممکن است چک پیچی باشد که به وسیله یک موتور الکتریکی از طریق یک جعبه دنده باشد یا یک وسیله بارگذاری هیدرولیکی یا بادی باشد، یا هر وسیله ای که ظرفیت و کنترل کافی برای ایجاد نرخ بارگذاری که در بند ۷-۵ توصیف شده را داشته باشد. وقتی که وسیله بارگذاری برای شدت کرنش معینی تنظیم شود، نرخ واقعی کرنش نیابتی به میزانی بیشتر از ۱۰٪ تغییر کند. ارتعاشات ناشی از کار وسیله بارگذاری باید در حداقل نگه داشته شود.

توجه ۴ - وقتی که گفته می شود که یک وسیله بارگذاری ارتعاشات کوچک ایجاد کرده که اگر لیوانی از آب در روی صفحه بارگذاری قرار گیرد و وسیله با سرعت انجام آزمایش کار کند بر روی سطح آب هیچ موجی محسوس نباشد.

۵-۲ - وسیله اندازه گیری بار محوری - وسیله اندازه گیری بار محوری یک حلقه بارگذاری الکتروتیکی، یا سلول بارگذاری هیدرولیکی یا هر وسیله دیگر اندازه گیری بار است که دارای دقت توصیف شده در این بخش بوده و ممکن است قسمتی از وسیله بارگذاری باشد. وسیله اندازه گیری بار محوری باید قادر به

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اندازه گیری بار محوری با دقت ۱٪ بار محوری تخمینی در مرحله گسیختگی باشد.

۵-۳- وسیله اندازه گیری و نگهداری فشار محفظه - وسیله اندازه گیری و نگهداری فشار محفظه باید قادر به اعمال و کنترل فشار محفظه تا $\pm 1\%$ فشار وارد بر محفظه باشد. این وسیله ممکن است شامل یک مخزن که به محفظه سه محوری متصل و به طور جزئی با مایع محفظه (معمولاً آب) پر شده، باشد. قسمت بالایی این مخزن به یک منبع گاز فشرده وصل است، فشار گاز به وسیله یک تنظیم فشار کنترل و به وسیله یک گیج فشار یا تبدیل کننده فشار الکترونیکی یا هر وسیله دیگری که قادر به اندازه گیری با رواداری شرح داده شده باشد، اندازه گیری می شود. گرچه، یک سیستم هیدرولیکی که با بار مرده اعمالی بر روی یک پیستون ایجاد فشار می کند، یا هر وسیله دیگر اندازه گیری و نگهداری فشار که قادر به اعمال و کنترل فشار محفظه تا رواداری شرح داده شده در این بخش باشد می توان مورد استفاده قرار داد.

۵-۴- محفظه فشردگی سه محوری - دستگاهی است که در آن نمونه استوانه ای را که از کلاهک تا پایه در غشایی قرار گرفته، گذاشته و به آن فشار مایع هیدرواستاتیک ثابت وارد آورد. این دستگاه شامل یک بوش و پیستون می باشد که با محور نمونه در یک امتداد می باشند که از طریق آن بار از وسیله بارگذاری محوری به صورت محوری به نمونه بین کلاهک و پایه منتقل می شود. بوش و پیستون باید به نحوی طراحی شوند که اصطکاک و ضربه جانبی به کلاهک نمونه را به حداقل برساند.

۵-۵- کلاهک و پایه نمونه یک کلاهک و پایه صلب غیر قابل نفوذ می بایستی برای جلوگیری از زهکشی نمونه به کار رود. کلاهک و پایه نمونه بایستی از یک ماده غیر خورنده نفوذناپذیر ساخته شوند و باید هر یک سطح تماس صاف دایره ای یا نمونه داشته و سطح مقطع عرضی آن دایره ای باشد. وزن کلاهک نمونه کمتر از یک کیلو نیوتن بر متر مربع ($1\text{KN}/\text{m}^2$) تنش محوری بر روی نمونه ایجاد می کند. قطر کلاهک و پایه برابر قطر اولیه نمونه خواهد بود. پایه نمونه با محفظه فشردگی سه محوری جفت می شود به نحوی که سطح تماس پیستون به کلاهک، با کلاهک هم مرکز باشد. کلاهک نمونه در ضمن برش نباید بیشتر از ۵ درجه بچرخد. سطح استوانه ای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

پایه و کلاhek نمونه که با غشاء در تماس قرار می‌گیرند باید آب‌بندی شود، بدین منظور غشاء مورد استفاده باید صاف و عاری از خراش باشد.

توجه ۵- تنش ایجاد شده می‌تواند از یک کیلو نیوتن بر متر مربع (1KN/m^2) تجاوز کند، داده‌های آزمایش برای اثرات این تنش تصحیح می‌شوند.

۵-۶- نشان‌دهنده تغییر شکل - نشان‌دهنده تغییر شکل یک نشان‌دهنده عقربه‌ای است که قادر به اندازه‌گیری تغییر شکل محوری در حدود 0.03% ارتفاع نمونه بوده و محدوده گردش آن حداقل 20% ارتفاع اولیه نمونه آزمایشی است، یا هر وسیله اندازه‌گیری دیگری، نظیر وسایل اندازه‌گیری تغییر شکل الکترونیکی که توانایی قرائت و محدوده مورد نیاز را داشته باشد.

۵-۷- غشاهای لاستیکی - غشاء لاستیکی که برای روکش نمونه به کار می‌رود باید در برابر تراوش مقاومت قابل اعتمادی را ایجاد نماید. غشاها قبل از استفاده باید به دقت بررسی شوند که اگر دندان‌دار یا سوراخ‌دار باشند، دور انداخته شوند. برای اینکه به نمونه حداقل فشار جانبی ناشی از غشاء وارد شود بایستی، قطر غیر متع غشاء بین 90 و 95 درصد قطر نمونه باشد، ضخامت غشاء از 1% قطر نمونه بیشتر نباشد. غشاء باید به پایه و کلاhek نمونه با هر روشی که آییندگی مثبت ایجاد می‌کند آب‌بندی شود. معادله‌ای که اختلاف تنش اصلی (تنش تفاضلی) را برای تأثیر سختی غشاء تصحیح می‌کند در بند $8-5$ داده شده است.

توجه ۶- این غشاء از نوعی است که با استفاده از حلقه‌های دایره‌ای آییندگی می‌شوند، بین کلاhek و پایه و غشاء گریس سیلیکون استفاده می‌شود.

۵-۸- بیرون آورنده نمونه - بیرون آورنده نمونه قادر به بیرون آوردن مغزه خاک از لوله نمونه‌گیری در همان جهتی که نمونه داخل لوله شده یا حداقل دستخوردگی نمونه باشد. اگر مغزه خاک بطور قائم خارج نشود، باید دقت کرد که تنش‌های خمشی ناشی از نیروی وزن به مغزه وارد نیاید. شرایط زمان بیرون آوردن نمونه، ممکن است جهت بیرون آوردن را تعیین نماید، اما مطلب اصلی آن است که درجه دستخوردگی در حداقل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نگه داشته شود.

۵-۹- وسایل اندازه گیری اندازه نمونه - وسایل مورد استفاده برای اندازه گیری ارتفاع و قطر نمونه قادر به اندازه گیری ابعاد مورد نظر تا $\pm 1\%$ طول واقعی بوده و به نحوی ساخته می شوند که استفاده از آنها، نمونه را دستخورده نکند.

۵-۱۰- زمان سنج - یک وسیله اندازه گیری زمان که مدت زمان آزمایش را با دقت ۱ ثانیه نشان دهد که برای تعیین نرخ کرنش اعمالی توصیف شده در بند ۷-۵ استفاده خواهد شد.

۵-۱۱- ترازوها - ترازوی مورد استفاده برای توزین نمونه ها، جرم نمونه ها را تا $\pm 1\%$ جرم کل تعیین می کند.

۵-۱۲- وسایل تعیین درصد رطوبت که در روش D ۲۲۱۶ مشخص شده است.

۵-۱۳- وسایل متفرقه - صاف کننده نمونه و ابزارهای بریدن، متسع کننده های غشاء و حلقه های دایره ای، وسایل تراکم و اوراق مورد نیاز گزارش.

۶- نمونه های آزمایشی

۶-۱- اندازه نمونه - حداقل قطر نمونه ۳۰ میلی متر و بزرگترین ذره موجود در نمونه آزمایشی باید از $\frac{1}{6}$ قطر نمونه کوچکتر باشد. اگر پس از تکمیل آزمایش معلوم شد که در آن ذرات درشت تر بوده است این موضوع در گزارش قید می گردد. با استفاده از وسیله مشخص شده در بند ۵-۹ میانگین قطر و ارتفاع نمونه را تعیین کنید. حداقل سه اندازه گیری ارتفاع (به فواصل ۱۲۰ درجه) و حداقل سه اندازه گیری قطر در نقاط به فاصله $\frac{1}{4}$ ارتفاع نمونه انجام دهید. نسبت ارتفاع به قطر نمونه باید بین ۲ و $\frac{2}{5}$ باشد.

توجه ۷- اگر پس از انجام آزمایش در نمونه ذرات بزرگ پیدا شود، ممکن است طبق روش D ۴۲۲ تحلیل اندازه ذرات انجام داد تا مشاهده نظری مورد تأیید قرار گیرد و نتایج در گزارش قید شود.

۶-۲- نمونه های دستخورده - از نمونه های دستخورده بزرگ یا از نمونه هایی که بر طبق دستورالعمل

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D ۱۵۸۷ تهیه شده یا سایر روش های نمونه گیری لوله ای دست نخورده قابل قبول نمونه های دست نخورده تهیه نمایند. نمونه های دست نخورده باید مطابق با نمونه های، گروه های C یا D در دستورالعمل D ۴۲۲۰ حفاظت و حمل و نقل گردند. نمونه هایی را که با نمونه گیری لوله ای بدست می آید بدون آرایش کردن می توان مورد آزمایش قرار داد به جز آنکه دو انتهای آن را صاف کنند به شرطی که خواص خاک بنحوی باشد که دست خوردگی قابل توجهی در نمونه گیری ایجاد نشده و نمونه ها بطور یکنواخت دایره ای باشند. نمونه ها را به دقت جابجا کنید که دست خوردگی، تغییرات مقطع عرضی یا کم شدن درصد رطوبت حداقل باشد. اگر وسیله خارج کننده موجب دست خوردگی محسوس و فشردگی شود، لوله نمونه را به طور طولی جدا کنید یا آنرا به بخش های کوچک ببرید تا خارج کردن نمونه ها با حداقل دست خوردگی انجام گیرد. نمونه ها را در محیطی آرایش کنید که تغییر درصد رطوبت خاک حداقل باشد (توجه ۸). مساحت مقطع نمونه ها یا بستنی به طور یکنواخت دایره ای و عمود به محور نمونه باشد. اگر وجود شن یا اتحناء موجب ناصافی زیاد در لبه های خارجی نمونه یا در دو انتها گردد، ناصافی ها را تا حصول به سطح مورد نیاز از بریده های نمونه پر کنید، به روش دیگر دو انتهای نمونه را می توان با حداقل ضخامت از گچ پاریس، ترکیبات سنگ^(۱) یا مصالح مشابه اندود کرد؛ اگر شرایط خاک اجازه دهد می توان از یک ماشین صاف کننده برای کل نمونه استفاده نمود و نمونه را تا قطر مورد نظر صاف کرد. جرم و ابعاد نمونه آزمایش را طبق بندهای ۵-۹ و ۵-۱۱ تعیین کنید. اگر نمونه اندود می شود، جرم و ابعاد آن را قبل از اندود کردن تعیین نمایید. نمونه را در غشاء لاستیکی داخل کرده و غشاء را به نمونه از پایه تا کلاهک بلافاصله پس از آماده سازی، آب بندی کنید.

توجه ۸ - معمولاً از اطاق یا کنترل رطوبت، برای این منظور استفاده می شود.

۳-۶ - نمونه های بازسازی شده - نمونه را از نمونه دست نخورده که هنوز در غشاء لاستیکی قرار گرفته و قبلاً آزمایش شده و با انگشتان به عمل آورده شده، تهیه نمایید. سپس نمونه را در یک قالب که ابعاد آن به اندازه ای

1-hydrostone

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

باشد که ابعاد نمونه‌های بازسازی شده در آن برابر نمونه‌های دستخوردده شود، شکل دهید. دقت زیادی صورت گیرد که از محبوس شدن هوا در نمونه اجتناب شود. این موضوع با ایجاد وزن مخصوص یکنواخت و با بازسازی نسبت منافذ همانند با نسبت منافذ نمونه دستخوردده و با حفظ درصد رطوبت طبیعی خاک حاصل می‌شود. ۴-۶ نمونه‌های متراکم شده - با استفاده از روش تراکم و درصد رطوبت از پیش تعیین شده و وزن مخصوص که در مشخصه آزمایش تشریح شده نمونه‌ها را تهیه نمایید. نمونه‌های متراکم شده را ممکن است با تراکم مصالح در حداقل ۶ لایه با استفاده از فشار دادن، در یک قالب دوکفه‌ای با سطح مقطع دایره‌ای و ابعاد مورد نیاز در بند ۶-۱ تهیه نمود. مصالح لازم نمونه را با مخلوط کردن خاک با آب کافی تا حصول به درصد رطوبت مورد نظر بهم بمالید. بعد از مالیدن، مصالح قبل از تراکم حداقل ۱۶ ساعت در ظرف سرپوشیده‌ای نگه دارید. نمونه‌ها ممکن است به یکی از این دو روش تا رسیدن به دانسیته مورد نظر قالب‌گیری گردد:

(۱) هر لایه را مالش داده یا ضربه می‌زنند تا تمامی وزن خاک در قالب جای داده شده و تا در حجم مشخص متراکم شود.

(۲) با تنظیم تعداد لایه‌ها، تعداد ضربات هر لایه و نیروی هر ضربه.

روی هر لایه را قبل از اضافه کردن مصالح برای لایه بعدی خراش دهید. سطح تماس چکش با خاک برای متراکم کردن مصالح باید مساوی یا کمتر از $\frac{1}{4}$ سطح قاب باشد. پس از شکل دادن نمونه، در حالیکه دو انتها عمود بر محور طولی است، قالب را جدا کرده و بجرم و ابعاد نمونه را با استفاده از وسایل تشریح شده در بندهای ۵-۹ و ۱۱- تعیین کنید. بر طبق روش D ۲۲۱۶ از مصالح اضافی که برای تهیه نمونه بکار رفته یکی یا بیشتر تعیین درصد رطوبت انجام دهید.

توجه ۹- پس از خارج کردن از قالب اغلب وزن مخصوص نمونه کمتر از مقداری است که براساس حجم قالب بدست می‌آید. این اتفاق به علت تورم نمونه پس از حذف قید جانبی ناشی از قالب می‌باشد.

توجه ۱۰- تجربه نشان داده است که نمونه‌هایی که درجه اشباع آنها از ۹۰٪ بیشتر است، تراکم، جایجایی و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اخذ نتایج معتبر از آنها مشکل است.

۷- روش

۷-۱- غشاء را روی متسع کننده (چپقی) غشاء قرار دهید یا اگر غشاء روی نمونه پیچیده می شود آن را روی کلاهک و پایه آن ببیچید. نمونه را بر روی پایه قرار دهید. غشاء لاستیکی را دور نمونه قرار داده و آن را در کلاهک و پایه به وسیله حلقه های دایره ای یا وسایل دیگر در دو انتها آب بندی کنید. قشر نازکی از گریس سیلیکون روی سطوح قائم کلاهک یا پایه در آبیندی غشاء مؤثر خواهد بود.

۷-۲- همراه با قراردادن نمونه در غشاء لاستیکی و آبیندی بالا و پائین آن که در محفظه قرار گرفته، محفظه سه محوری را سوار کنید. پیستون بار محوری را با کلاهک نمونه چندین بار تماس کنید تا جای گیری مناسبی بدست آورده و پیستون با کلاهک در یک امتداد قرار گیرند، وقتی که پیستون در آخرین مرتبه تماس شد، رقم نشان دهنده تغییر شکل را بخوانید و یادداشت کنید. در حین این عمل دقت کنید که به نمونه تنش محوری بیشتر از تقریباً ۵٪ مقاومت فشاری تخمینی وارد نیاید. اگر وزن پیستون به قدری است که تنش محوری بیشتر از تقریباً ۵٪ مقاومت فشاری تخمینی وارد می آورد، پیستون را در محل بالای کلاهک نمونه پس از بازدید و جای گیری و هم راستا بودن آن قفل کرده و تا اعمال فشار محفظه قفل نگه دارید.

۷-۳- محفظه را در محل خود در وسیله بارگذاری محوری قرار دهید دقت کنید وسیله بارگذاری محوری، وسیله اندازه گیری بار محوری و محفظه سه محوری در یک امتداد باشند تا در ضمن آزمایش از اعمال ضربه جانبی به پیستون جلوگیری شود. وسیله اندازه گیری و نگهداری فشار را وصل کرده و محفظه را از مایع محصور کننده پر کنید. وسیله اندازه گیری و نگهداری فشار را با فشار مورد نظر محفظه تنظیم نموده و بر مایع محفظه فشار اعمال نمایید. پس از اعمال فشار محفظه قبل از ادامه آزمایش تقریباً ده دقیقه صبر کنید.

توجه ۱۱- در بعضی موارد محفظه پر می شود و فشار محفظه قبل از گذاردن وسیله بارگذاری محوری اعمال می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ۱۲ - مطمئن شوید که پیستون قفل و در جای خود نگه داشته شده است. این عمل با وسیله بارگذاری محوری قبل از اعمال فشار محفظه انجام می‌گیرد.

توجه ۱۳ - منظور از زمان انتظار آن است که نمونه تحت فشار محفظه قبل از اعمال بار محوری، تثبیت شود.

۷-۴ - اگر وسیله اندازه‌گیری بار محوری در خارج محفظه سه محوری قرار داشته باشد، فشار محفظه بر روی پیستون یک‌نیروی به طرف بالا وارد خواهد کرد که مخالف با وسیله بارگذاری محوری عمل خواهد کرد. در این صورت در حالی که پیستون کمی بالای کلاهک نمونه قرار گرفته آزمایش را شروع کنید و همچنین پیش از اینکه پیستون با کلاهک در تماس باشد، (۱) اصطکاک اولیه پیستون و نیروی به طرف بالای پیستون را که از فشار محفظه ناشی می‌شود اندازه‌گیری و یادداشت کرده و بعداً بار محوری اندازه‌گیری شده را تصحیح کنید یا (۲) وسیله اندازه‌گیری بار محوری را تنظیم کنید تا اصطکاک و نیرو را جبران نماید. اگر وسیله اندازه‌گیری بار محوری در داخل محفظه قرار دارد، تصحیح یا جبران برای نیروی به طرف بالا که به وسیله بارگذاری محوری اثر می‌کند با اصطکاک پیستون لازم نیست. در هر دو مورد قرائت اولیه نشان‌دهنده تغییر شکل را وقتی که پیستون با کلاهک نمونه تماس حاصل می‌کند، را یادداشت کنید.

۷-۵ - بار محوری را طوری وارد آورید که نرخ کرنش محوری ایجاد شده در مورد مصالح خمیری تقریباً یک درصد در دقیقه و در مورد مصالح شکننده که حداکثر تنش تفاضلی آنها، تقریباً در ۳ تا ۶٪ کرنش اتفاق می‌افتد، ۰/۳ درصد در دقیقه باشد. در این نرخ‌ها، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر تنش تفاضلی تقریباً ۱۵ تا ۲۰ دقیقه خواهد بود. بارگذاری را تا ۱۵٪ کرنش محوری ادامه دهید، جز آنکه بارگذاری را ممکن است وقتی که تنش تفاضلی به اوج رسید و سپس تا ۲۰٪ کرنش محوری اکت کرد یا کرنش محوری به میزان ۵٪ بیشتر از کرنش مربوط به وقوع تنش تفاضلی اوج برسد، متوقف نمایید.

۷-۶ - مقادیر بار و تغییر شکل را در حدود ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ درصد کرنش سپس در افزایش‌های ۰/۵ درصد کرنش تا رسیدن به کرنش ۳ درصد و بعد از آن هر ۱ درصد یادداشت کنید. قرائت‌های کافی که بتوان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

منحنی تنش - کرنش را رسم نمود، انجام دهید. بنابراین قرائتهای بیشتر در مراحل اولیه آزمایش و وقتی که گسیختگی به پیش برود، لازم می باشد.

توجه ۱۴ - فواصل دیگری برای قرائتها ممکن است مورد استفاده قرار داد تا برای رسم منحنی تنش - کرنش نقاط کافی بدست آید.

۷-۷ - پس از تکمیل آزمایش، نمونه آزمایش را از محفظه خارج کنید. درصد رطوبت نمونه را مطابق روش D ۲۲۱۶ با استفاده از تمام نمونه، مگر آنکه بریده های نمایانگر برای این منظور بدست آمده باشد، مانند حالت نمونه های دستخورده تعیین نمایید. در گزارش قید کنید که آیا تعیین درصد رطوبت نمونه قبل یا بعد از آزمایش برش بدست آمده، مانند آنچه در بند ۹-۱-۲ لازم می باشد.

۷-۸ - از نمونه آزمایشی، شکلی یا عکسی در مرحله گسیختگی تهیه کرده و زاویه شیب سطح گسیختگی را اگر زاویه محسوس و قابل اندازه گیری است نشان دهید.

۸- محاسبات:

۸-۱ - کرنش محوری، ϵ (بصورت اعشاری) برای بار محوری وارده معلوم را به طریق ذیل محاسبه نمایید:

$$\epsilon = \Delta L / L_0$$

که در آن:

ΔL = تغییر طول نمونه که از نشاندننده تغییر شکل خوانده شده، و

L_0 = طول اولیه نمونه آزمایش منهای هر تغییر در طول قبل از بارگذاری.

۸-۲ - میانگین مساحت مقطع عرضی، A ، برای بار محوری وارده معلوم را به شرح ذیل محاسبه نمایید:

$$A = A_0 / (1 - \epsilon)$$

که در آن:

A_0 = میانگین مساحت مقطع عرضی اولیه نمونه، و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸ = کرنش محوری برای بار محوری معلوم (به صورت اعشار)

توجه ۱۵ - در صورتی که اعمال فشار محفظه منجر به تغییر طول نمونه شود، A_0 باید تصحیح گردد تا در تغییر حجم منعکس شود. غالباً این عمل با فرض آنکه کرنش‌های جانبی برابر با کرنش‌های قائم است انجام می‌شود. قطر نمونه پس از تغییر حجم با رابطه $D = D_0 / (1 - \Delta L / L_0)$ بدست می‌آید.

۸-۳ - اختلاف تنش اصلی (تنش تفاضلی)، $\sigma_1 - \sigma_3$ ، برای بار محوری وارده معلوم رابه شرح زیر تعیین نمایید:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A}$$

که در آن:

P = بار محوری اعمالی اندازه‌گیری شده (تصحیح شده برای نیروی به طرف بالا و اصطکاک پیستون، در صورت نیاز بند ۷-۴ را ملاحظه نمایید)، و

A = میانگین مساحت مقطع عرضی مربوطه

۸-۴ - منحنی تنش - کرنش - نموداری رسم نمایید که رابطه بین اختلاف تنش اصلی (تنش تفاضلی) و کرنش محوری را نشان دهد، اختلاف تنش به عنوان عرض و کرنش محوری (برحسب درصد) به عنوان طول می‌باشد. مقاومت فشاری و کرنش محوری در مرحله گسیختگی را طبق تعاریف بندهای ۳-۲-۱ و ۳-۲-۲ انتخاب کنید.

۸-۵ - تصحیح مقاومت ناشی از سختی غشاء لاستیکی با فرض اینکه واحدها یکی باشند. معادله ذیل یا سایر معادلات قابل قبول دیگر، جهت تصحیح اختلاف تنش اصلی یا تنش تفاضلی برای غشاء لاستیکی استفاده می‌شود، اگر خطاء در اختلاف تنش اصلی ناشی از سختی غشاء از ۵ درصد تجاوز نکند:

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = \frac{r E_m t \epsilon_1}{D}$$

که در آن:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$(\sigma_1 - \sigma_2) \Delta$ = تصحیحی که بایستی از اختلاف تنش اصلی اندازه گیری شده کسر گردد،

$$D = \sqrt{4A/\pi} = \text{قطر نمونه،}$$

E_m = مدول یانگ برای مصالح غشاء،

t = ضخامت غشاء، و

ϵ_1 = کرنش محوری.

۸-۵-۱- برای تعیین مدول یانگ مصالح غشاء، ممکن است نواری از این غشاء را به عرض ۱۰/۰ میلیمتر را در فاصله بین دو میله نازک قرار داده و نیروی لازم برای کرنش واحد را با کشیدن غشاء اندازه گیری نمود. مقدار مدول با استفاده از معادله ذیل با فرض واحدهای مشابه محاسبه می شود:

$$E_m = \frac{F.L}{A_m \Delta L}$$

که در آن:

E_m = مدول یانگ مصالح غشاء،

F = نیروی وارده برای کشیدن غشاء،

A_m = دو برابر ضخامت اولیه غشاء که در عرض نوار ضرب شده است،

L = طول کشیده نشده غشاء، و

ΔL = تغییر طول غشاء ناشی از اعمال نیروی F

مقدار E_m برای غشاء از جنس لانتکس برابر با ۱۴۰۰ کیلونیوتن بر مترمربع می باشد.

توجه ۱۶- تصحیح در مورد غشاهای لاستیکی بر فرضیات ساده شده مربوط به رفتار غشاها در حین برش

متکی است. رفتار واقعی غشاها پیچیده است و توافق کلی برای تصحیحات واقعی تر موجود نیست.

۸-۶- تنش های اصلی کل بزرگتر و کوچکتر در مرحله گسیختگی را به طریق ذیل محاسبه نمایید:

σ_2 = تنش اصلی کل کوچکتر = فشار محفظه، و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

σ_1 = تنش اصلی کل بزرگتر = تنش تفاضلی در مرحله گسیختگی با اضافه فشار محافظه.

۸-۷- درجه اشباع اولیه نمونه آزمایشی را با استفاده از جرم و ابعاد اولیه محاسبه نمایید.

توجه ۱۸- برای محاسبه درجه اشباع، چگالی تعیین شده مطابق روش D ۸۵۴ لازم می باشد، یا از یک مقدار

فرضی ممکن است استفاده نمود. در گزارش آزمایش مقدار فرضی مورد استفاده قید شود.

۹- گزارش

۹-۱- گزارش موارد ذیل را شامل می شود:

۹-۱-۱- شناسایی و تشریح نظری نمونه شامل نام گروه خاک، علامت، آیا نمونه دستخورده، بازسازی شده

یا متراکم، یا مانند اینهاست. همچنین گزارش شامل اطلاعات مربوط به شناسایی نمونه نظیر، محل پروژه، شماره

گمانه، شماره نمونه، عمق و مانند اینها می باشد. تشریح نظری باید مطابق با دستورالعمل D ۲۴۸۸ انجام گیرد.

۹-۱-۲- وزن مخصوص خشک اولیه و درصد رطوبت (مشخص نماید که آیا درصد رطوبت نمونه قبل یا

بعد از برش و یا از بریده ها یا تمام نمونه انجام شده است).

۹-۱-۳- درجه اشباع.

۹-۱-۴- ارتفاع و قطر نمونه.

۹-۱-۵- نسبت ارتفاع به قطر.

۹-۱-۶- مقدار مقاومت فشاری و مقادیر تنش های اصلی بزرگتر و کوچکتر در مرحله گسیختگی

۹-۱-۷- منحنی تنش - کرنش که در بند ۸-۴ تشریح شده.

۹-۱-۸- کرنش محوری در مرحله گسیختگی بر حسب درصد.

۹-۱-۹- میانگین نرخ کرنش محوری تا گسیختگی بر حسب درصد در دقیقه.

۹-۱-۱۰- حدود روانی و خمیری، اگر مطابق با روش آزمایش D ۴۳۱۸ تعیین شده است.

۹-۱-۱۱- شکل یا عکس نشانه‌دهنده نوع گسیختگی یعنی باد کردگی، برش چند وجهی و مانند اینها.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۱-۱۲- تحلیل اندازه ذرات ایگر مطابق با روش ۴۲۲ D تعیین شده است.

۹-۱-۱۳- اگر تصحیح غشاء به کار رفته، در گزارش بایستی اظهار شود که تصحیح غشاء جهت تنظیم مقاومت فشاری به کار رفته و بایستی معادله تصحیح غشاء که استفاده شده نیز ذکر گردد.

۹-۱-۱۴- در بخش ملاحظات هر شرایط غیر معمول یا سایر اطلاعات که بنظر می آید برای تفسیر دقیق نتایج بدست آمده لازم باشد، مثلاً صاف کردن سطوح جانبی، لایه بندی، پوسته ها، شن ها، ریشه ها یا شکنندگی ها گزارش شود.

۱۰- دقت و انحراف

۱۰-۱- تاکنون روشی برای ارزیابی دقت گروه آزمایش های فشردگی سه محوری نمونه های دست نخورده به علت تنوع نمونه موجود نیست. نمونه های خاک دست نخورده از نهشته های خاک ظاهراً همگن در همان موقعیت مقاومت و خواص تنش - کرنش اغلب رفتار کاملاً متفاوتی دارند.

۱۰-۲- مصالح مناسب آزمایش و روش تهیه نمونه برای تعیین اختلافات آزمایشگاهی نمونه های متراکم شده ناشی از مشکلات تهیه نمونه های خاک چسبنده تعمیم نیافته است. هیچ تخمینی از دقت برای این روش آزمایش در دسترس نمی باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM: D ۲۹۳۷- ۸۳ (۱۹۹۰)

روش استاندارد آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل با روش استوانه پیش رو

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل را با روش استوانه پیش رو فراهم می نماید. روش آزمایش، برای تعیین دانسیته در محل، مستلزم بدست آوردن نمونه‌ای نسبتاً دست نخورده، با پیش روی استوانه‌ای جدار نازک و فعالیت‌های بعدی می باشد. برای این آزمایش دو روش، یکی برای آزمایش کردن در سطح و دیگری برای اعماق زیادتر، شرح داده شده است.

۱-۲- این روش آزمایش برای نمونه‌گیری خاکهای آلی، خاکهای خیلی سخت که بسادگی قابل نفوذ نباشد، خاکهای با خاصیت خمیری کم که سهولت در استوانه جای نمی‌گیرد، یا خاکهایی که محتوی مقدار قابل ملاحظه‌ای مصالح دانه‌ای یا درشت باشد، مناسب نیست.

۱-۳- این روش آزمایش به روش‌های مورد لزوم برای بدست آوردن نمونه‌های مناسب، جهت تعیین دانسیته در محل و درصد رطوبت، بعضی از خاکهای خاص محدود می‌گردد. روش‌ها و احتیاطات لازم برای بدست آوردن نمونه‌های دست نخورده مناسب جهت آزمایش آزمایشگاهی با عبارت دیگر تعیین خواص مهندسی، ماورای هدف این روش آزمایش می‌باشد.

توجه - اصول کلی این روش آزمایش در بدست آوردن نمونه‌هایی از برخی خاکهای ریزدانه متراکم شده در محل دارای حداکثر اندازه ذرات $4/75$ میلیمتر برای مقاصد غیر از تعیین دانسیته، مانند آزمایش جهت خواص مهندسی، بطور موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار گرفته است.

۱-۴- مقادیر می‌تواند به اینچ - پوند، گرم - سانتیمتر یا سایر واحدها بیان شود، مشروط براینکه ضرائب تبدیل مناسب جهت برقراری تطبیق واحدها در تمامی اندازه‌گیری‌ها و محاسبات مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۵- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند، استفاده‌کننده از این استاندارد مسئولیت دارد تا اصول ایمنی و صحت را رعایت کند و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۲- منابع مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D ۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ، و مایعات در برگیرنده.

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D ۶۹۸ روش های آزمایش برای تعیین رابطه بین رطوبت - دانسیته خاکها و مخلوط های خاک - مصالح سنگی با استفاده از چکش ۵/۵ پوند (۲/۴۹ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر).

D ۱۵۵۷ روش های آزمایش برای تعیین رابطه بین رطوبت - دانسیته خاکها و مخلوط های خاک - مصالح سنگی با استفاده از چکش ۱۰ پوند (۴/۵۴ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر).

D ۲۲۱۶ روش آزمایشگاهی برای تعیین درصد رطوبت خاک، سنگ و مخلوط های خاک - مصالح سنگی

۳ - اهمیت و کاربرد

۳ - ۱ - این روش آزمایش می تواند در تعیین دانسیته در محل خاکهای طبیعی، غیر آلی، ریزدانه مورد استفاده قرار گیرد.

۳ - ۲ - این روش آزمایش همچنین می تواند در تعیین دانسیته در محل خاکهای مورد استفاده در ساختمان، خاکریز سازه، خاکریزهای بزرگراه، یا سدهای خاکی بکار رود.

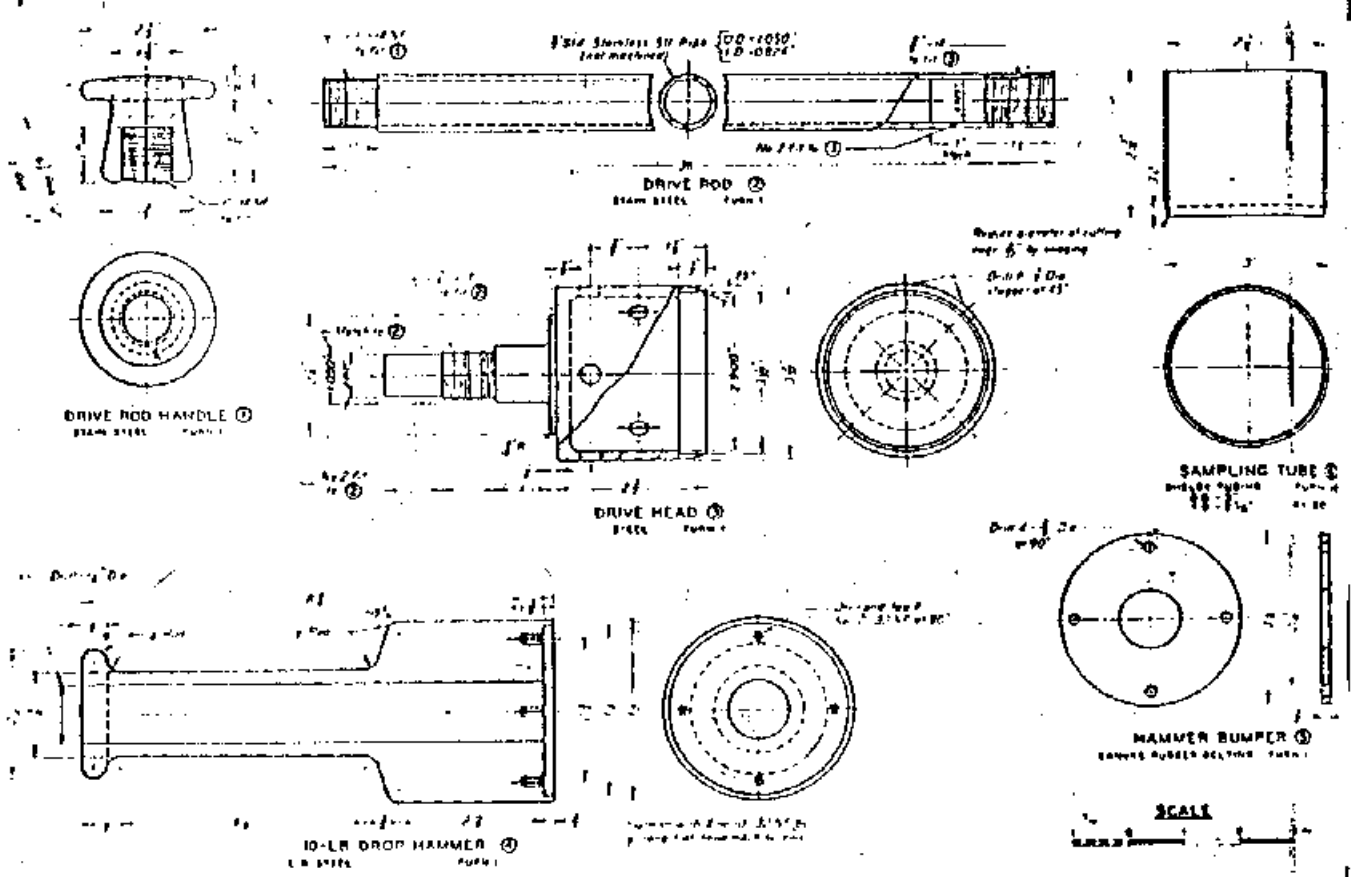
۳ - ۳ - این روش آزمایش برای استفاده در خاکهای آلی، غیر چسبنده، یا شکننده توصیه نمی شود. این روش آزمایش در خاکهای نرم با خاصیت خمیری بالا، یا اشباع شده یا سایر خاکهاییکه به آسانی تغییر شکل می دهند، یا آنکه در استوانه پیش رو نتواند باقی بماند، قابل اجرا نمی باشد. استفاده در خاکهای ریزدانه محتری مقدار قابل توجهی مصالح درشت نتایج معنی داری را بیار نمی آورد و امکان دارد به تجهیزات استوانه پیش رو آسیب برساند.

۴ - دستگاه

۴ - ۱ - استوانه های پیش رو، با قطرهای تقریباً ۲ تا ۵/۵ اینچ (۵۰ تا ۱۴۰ میلیمتر) یا بزرگتر. جزئیات الگویی دو نوع از استوانه های پیش رو با قطرهای خارجی ۱۳ اینچ (۷۶/۲ میلیمتر) در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است. استوانه های پیش رو سایر قطرها، تغییرات متناسبی در ابعاد لوله استوانه پیش رو و سرپیش رو خواهد داشت. حجم استوانه ها، با ابعاد نشان داده شده در شکل های ۱ و ۲ تقریباً ۰/۱۱۰ فوق مکعب (۲۸۳ سانتیمتر مکعب) می باشد. دستگاه نشان داده شده در شکل ۱ طرح مناسبی برای استفاده در سطح زمین با نزدیک سطح زمین می باشد. دستگاه نشان داده شده در شکل ۲، طرحی برای استفاده در اعماق بیشتر می باشد.

۴ - ۱ - ۱ - تعداد استوانه های مورد نیاز با تعداد نمونه هاییکه بایستی گرفته شود و سرعت پیش بینی شده ای که استوانه ها بتواند بعد از وزن کردن، تمیز کردن، غیره به سرویس برگردانده شود، ارتباط دارد. حداقل ۶ استوانه پیشنهاد می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



Note.—Refer to Fig. 2 for metric equivalents.

شکل ۱ - نمونه‌ای از طرح نمونه‌گیری خاک سطحی

۴-۱-۲ - استوانه‌های نشان داده شده در شکل‌های ۱ و ۲ همانطوریکه بوسیله هورسلو (Hvorslev) برای نمونه‌گیری‌های پیش‌رو بیان می‌شود، نیازهای ضخامت دیواره و نسبت سطحی را برآورده می‌سازد، همانطوریکه با شرح زیر مشخص شده، ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌باشد.

$$A_r = \left[\frac{(D_e^2 - D_i^2)}{D_i^2} \right] \times 100 \quad (1)$$

که در آن:

A_r = نسبت سطحی، %

D_e = حداکثر قطر خارجی نمونه‌گیر پیش‌رو، و

D_i = حداقل قطر داخلی نمونه‌گیر پیش‌رو در لبه برش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

استوانه‌های با قطرهای دیگر بایستی با این نیازها مطابقت نماید.

۴-۱-۳- وقتی که قرار است دانسیته در محل بعنوان مأخذی برای قبول خاکریز متراکم‌شده مورد استفاده قرار گیرد، استوانه‌ها بایستی تا حد امکان بزرگ باشد تا اثرات خطاها را بحداقل برساند و در هیچ حالتی نبایستی کوچکتر از ۲۵/۰ فوت مکعب (۷۱۰ سانتیمتر مکعب) باشد. بنابراین استوانه‌های بزرگتر از استوانه‌های نشان داده شده در شکل‌های ۱ و ۲ مورد نیاز خواهد بود.

۴-۲- سرپیش‌رو - جزئیات الگویی سرهای پیش‌رو و دستگاهها در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. سرپیش‌رو برای استفاده در سطح یا نزدیک آن برای پیشروی استوانه دارای وزنه‌ای لغزان می‌باشد. استوانه مورد استفاده در اعماق بیشتر با چکش یا وسائل دیگر پیش برده می‌شود. برای نمونه‌گیری زیر اعماق سطحی، ممکن است به اندازه مورد نیاز الحاقی‌ها به میله پیش‌رو اضافه شود تا به لایه مورد نمونه‌برداری برسد.

۴-۳- لیه مستقیم، فولادی، تقریباً ۱۲۵/۰ در ۱/۵ در ۱۲ اینچ با یک لبه تیز شده با زاویه تقریبی ۴۵° برای تراشیدن انتهای نمونه، هم سطح با استوانه.

۴-۴- مته - یک مته از نوع ایوان (Iwan) با نوع مشابه برای حفاری زیر اعماق سطحی.

۴-۵- بیبل - هر یک از چند نوع بیبل یا بیبلچه در نمونه‌گیری سطحی، برای بیرون آوردن استوانه‌های فرو رفته در خاک، رضایت بخش می‌باشد.

۴-۶- ترازو - ترازو یا توزین‌گری با ظرفیت حداقل ۱ کیلوگرم با دقت تا ۱/۰ گرم و ترازویی با ظرفیت ۵۰۰ گرم با دقت تا ۱/۰ گرم برای استوانه‌های نشان داده شده در شکل‌های ۱ و ۲ مورد نیاز می‌باشد. استوانه‌های بزرگتر ترازوی با ظرفیت ۲۰ کیلوگرم و دقت تا ۱/۰٪ نیاز خواهد داشت.

۴-۷- لوازم خشک‌کن - لوازم و گرمخانه با روش D ۲۲۱۶ مطابقت نماید. برای ارزیابی سریع درصد رطوبت، اگر تصریح شود، سایر لوازم خشک‌کن را می‌توان مورد استفاده قرار داد. (بند ۷-۲ ملاحظه گردد).

۴-۸- لوازم متفرقه - برس‌ها، پتک‌ها، کیسه‌ای پلاستیکی، قوطی‌های فلزی با دربوش‌ها، یا سایر ظروف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مناسب برای نگه‌داری استوانه پیش‌رو و نمونه تا موقع تعیین جرم و خشک‌کردن، فاشنق‌ها، کولیس ورنیه داخلی / خارجی، یا معادل با دقت تا $0/01$ اینچ ($0/025$ میلیمتر) برای کالیبراسیون، دستکش‌ها، عینک‌های ایمنی.

۵- کالیبراسیون

۵-۱- قبل از اینکه آزمایش شروع شود، و پس از آن در فواصل معین، یا وقتی که شک به آسیب‌دیدگی باشد، لبه برش استوانه پیش‌رو را کنترل نمایید (استوانه‌های آسیب‌دیده یا کنده شده می‌توانند دو مرتبه تیز و قالب‌گیری شود یا دور ریخته شود).

۵-۱-۱- قبل از آزمایش و بعد از آن در فواصل معین، جرم و حجم هر استوانه را تعیین نمایید. جرم را با دقت 1 گرم تعیین و یادداشت نمایید. با اندازه‌گیری قطر انتهای قالب و ارتفاع، در چهار نقطه بفواصل مساوی تا $0/01$ اینچ ($0/254$ میلیمتر) و معدل‌گیری ابعاد مربوطه، حجم هر استوانه را تعیین نمایید. حجم را با تقریب $0/01$ اینچ مکعب محاسبه و یادداشت نمایید.

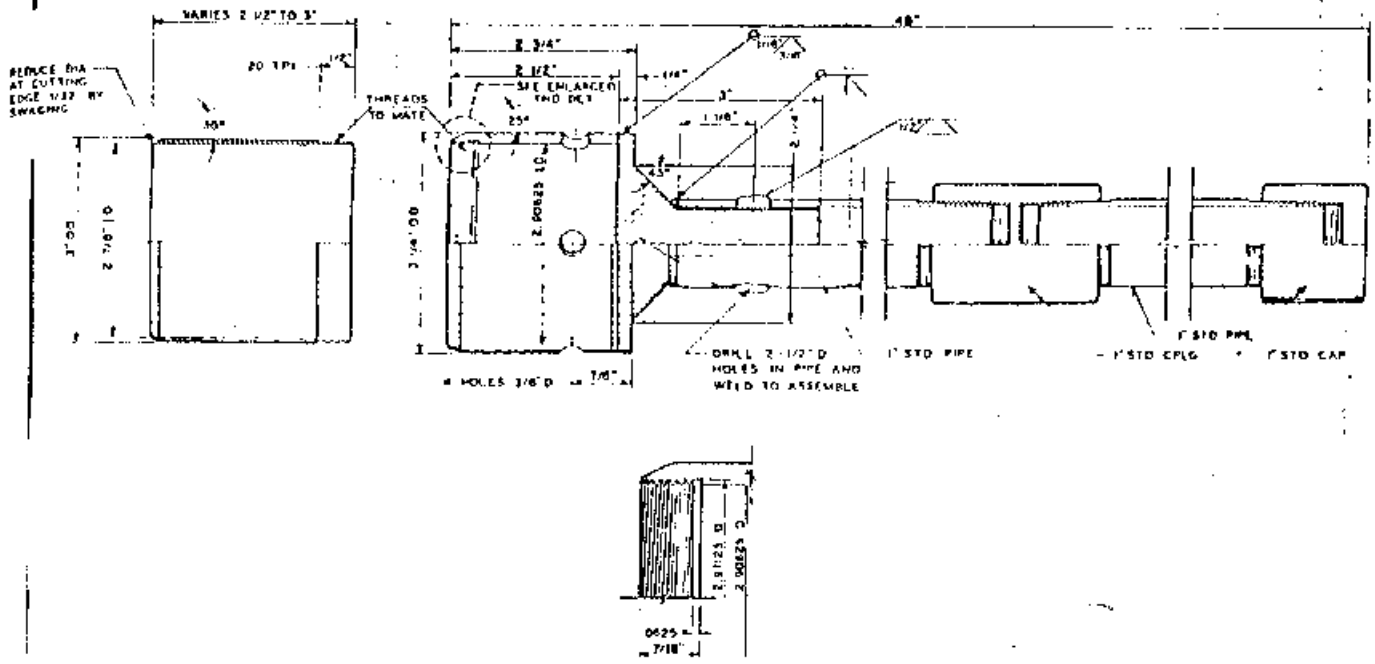
۵-۲- هر استوانه را با شماره یا نشانه‌ای قابل ردیابی با اطلاعات کالیبراسیون، بطور همیشگی مشخص نمایید. در بعضی موارد نشان‌دادن جرم و حجم روی استوانه همراه با مشخصات می‌تواند ارزشمند باشد.

۶- نمونه‌گیری

۶-۱- نمونه‌گیری در سطح یا نزدیکی آن

۶-۱-۱- تمام ذرات سست را از سطح پاک کنید. برای نمونه‌گیری نزدیک سطح (بیشتر از 36 اینچ) یک متر (عمق نباشد) از وسط حفزه‌ای که با مته حفری یا بیل کنده شده، و مصالح سست حاصله برداشته شده است، نمونه‌برداری نمایید. قبل از اینکه هر نوع استوانه‌ای فرو رود، سطح نسبتاً همواری را فراهم آورید. با توجه به بافت و رطوبت خاک، سطح می‌تواند با استفاده از تیغه بولدوزر، یا سایر تیغه‌های وسائل سنگین، آماده شود. مشروط بر اینکه سطح نمونه و مجاور آن تغییر شکل، متراکم، چاک‌داده، یا بصورت دیگری دست‌خورده، نشود.

شرکت سنهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



ENLARGED
1/4\"/>

Metric Equivalents for Figs. 1 and 2

Note - All tolerances are nominal. Machine to fit as required.

in.	mm	in.	mm	in.	mm	in.	mm
1/32	0.794	1/4	19.050	1 1/16	39.688	2.90625	73.81875
0.0625	1.5875	0.012	0.305	1 1/8	31.750	2.97125	75.46975
1/16	1.588	0.024	0.610	1 1/4	31.750	3	76.200
3/32	2.381	0.025	0.635	2	50.800	3 1/2	88.900
1/8	3.175	3/16	4.762	2 1/4	57.150	3 3/4	95.250
5/32	4.762	1/4	6.350	2 1/2	63.500	3 7/8	98.425
3/16	4.762	1/2	12.700	2 5/8	66.675	4	101.600
1/4	6.350	5/8	15.875	3	76.200	4 1/4	110.475
5/16	7.937	3/4	19.050	3 1/4	82.550	4 1/2	114.300
3/8	9.525	7/8	22.225	3 3/4	93.975	4 3/4	119.375
7/16	11.112	1	25.400	4	101.600	5	127.000
1/2	12.700	1 1/8	28.575	4 1/4	111.750	5 1/4	137.175
9/16	14.287	1 1/4	31.750	4 1/2	114.300	5 3/4	144.775
5/8	15.875	1 3/8	34.925	4 3/4	119.375	6	152.400
3/4	19.050	1 1/2	38.100	5	127.000	6 1/4	162.550

شکل ۲ - نمونه های طرح برای نمونه گیر خاک مورد استفاده در زیر سطح

۶-۱-۲ - استوانه و سرپیش رو با لبه تیز شده را روی سطح مورد نمونه برداری سوار کنید، استوانه را با بلند کردن و انداختن چکش ضربه، پیش برانید. میله پیش رو را در موقعیتی ثابت و عمودی نگه دارید، سرپیش رو را در تماس با استوانه نگاه دارید. پیشروی را تا زمانیکه بالای استوانه در حدود ۵/۸ اینچ (۱۳ میلی متر) زیر سطح مبداء قرار گیرد، ادامه دهید. پیشروی بیش از حد ممکن است منتج به تغییر شکل یا متراکم شدن نمونه گردد. و امکان دارد نتایج اشتباهی را بیار آورد. بایستی دقت شود تا از اضافه پیشروی، بویژه در موقع نمونه گیری زیر سطح، جلوگیری شود. اگر اضافه پیشروی رخ داد، نمونه باید دور ریخته شود و مجدداً از خاک نمونه گیری شود.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

سربیش رو را بردارید و استوانه را با بلنجه ای از زمین بکاوید، قبل از بالا آوردن استوانه، دور تا دور و کناره های آنرا کنده و چند اینچ زیر ته آنرا ببرید. در صورتیکه نمونه گیری نزدیک، اما در زیر، سطح انجام شود، همان روش را مورد استفاده قرار دهید. اما نیاز به کنده شدن خاک بیشتری از دور تا دور کناره های استوانه خواهید داشت تا استوانه خیلی خوب از زیر بریده شود.

۶-۱-۳- بعد از اینکه استوانه از زمین بیرون آورده شد، اطراف آنرا از خاک اضافی تمیز نمایید. با استفاده از لبه مستقیم انتهاهای نمونه را صاف بتراشید و با انتهای استوانه همسطح نمایید. نمونه رضایت بخش شامل خاک دست نخورده، معرف خاک در محل، می باشد و نیاستی محتوی سنگ، ریشه گیاهی و سایر مواد خارجی باشد. اگر استوانه پر نباشد، یا معرف خاک محل نباشد، نمونه را دور بریزید و نمونه دیگری تهیه نمایید. اگر استوانه در هنگامی که بداخل خاک فرو می رود یا از آن بیرون می آید تغییر شکل بدهد یا طور دیگری آسیب ببیند نمونه را دور بریزید و استوانه را تعمیر یا تعویض نمایید. بلافاصله جرم نمونه و درصد رطوبت را تعیین نمایید یا استوانه پیش رو و نمونه را در ظرفی قرار دهید که از کاهش خاک یا آب جلوگیری نماید، تا امکان اندازه گیری های جرم و میزان آب فراهم گردد.

۶-۲- نمونه گیری زیر سطح

۶-۲-۱- چاله ای با مته حفاری تا ارتفاع لایه مورد نمونه برداری حفر کنید. ته چاله را با مته تمیزکننده یا وسیله مناسب دیگری تا حد امکان، از مواد شل شده با مته، تمیز کرده بطوریکه ته چاله نسبتاً تراز گردد.

۶-۲-۲- استوانه را به سربیش رو متصل کنید (و در صورت لزوم الحاقی ها را) و استوانه را بداخل حفره پائین بیاورید، آنرا محکم روی لایه مورد نمونه برداری قرار دهید. استوانه را با ضربه های چکش بر روی سر میله پیش رو بداخل خاک پیش برانید. پیشروی را ادامه دهید تا اینکه بالای استوانه حدود یک اینچ (۲۵ میلیمتر) در زیر سطح مورد نمونه برداری قرار گیرد. بایستی دقت بعمل آید تا بیش از حد فرو نرود، چون فقط در حدود ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) فاصله آزاد در سربیش رو وجود دارد. با حرکت دادن میله نمونه گیر به جلو و عقب نمونه را از زمین قطع کنید. بدقت مجموعه را از چاله بیرون بیاورید و با دقت استوانه را از سربیش رو جدا کنید. در مواردیکه نمونه بمقدار جزئی از بالای لبه برش از زمین قطع شود، با دقت فشار دادن بالای نمونه به سطحی تخت می توان آنرا در داخل استوانه به عقب راند. با استفاده از لبه مستقیم هر خاک اضافی را بتراشید تا نمونه صاف و با انتهای استوانه هم سطح شود. اگر در اثنای فروردن استوانه تغییر شکل داده یا آسیب ببیند، یا اگر نمونه شکسته شود، دست خورده گردد، یا اگر با تکان های نوسانی کنده شود، نمونه را دور بریزید. فوری جرم نمونه مورد قبول را تعیین کنید و درصد رطوبت را تعیین کنید یا استوانه پیش رو و نمونه گیر را در ظرفی قرار دهید که از کاهش خاک و آب جلوگیری نماید، تا امکان اندازه گیری های جرم و میزان آب فراهم گردد.

۷- روش آزمایش

۷-۱ - جرم استوانه پیش‌رو و نمونه خاک را با دقت یک گرم تعیین و یادداشت نمایید.
 ۷-۲ - نمونه را از استوانه بیرون بیاورید. نمونه‌ای معرف برای تعیین میزان آب فراهم آورید، یا تمام نمونه را مورد استفاده قرار دهید. نمونه‌های جهت تعیین میزان آب بایستی تا حد امکان زیاد باشد ولی در هیچ وضعی کمتر از ۱۰۰ گرم نباشد و طوری انتخاب کنید که معرف تمام مصالح استوانه باشد. میزان رطوبت خاک، را مطابق روش D ۲۲۱۶ تعیین نمایید. روش سریع برای تعیین میزان رطوبت، در صورتیکه تصریح گردد، می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. معمولاً روش‌های سریع تعیین میزان آب، نسبت به روش D ۲۲۱۶، با دقت کمتری می‌باشد و فقط وقتی بایستی مورد استفاده قرار گیرد که دقت آنها برای مقصود آزمایش کافی فرض شود.

۸- محاسبات

۸-۱ - جرم خاک خشک تقسیم بر حجم خاک بعنوان دانسیته خاک خشک در محل بیان می‌شود، و معمولاً به پوند بر فوت مکعب یا کیلوگرم بر متر مکعب گزارش می‌گردد.
 ۸-۲ - جرم خشک نمونه استوانه پیش‌رو، M_3 ، به گرم را بشرح زیر محاسبه نمایید.

$$M_3 = [(M_1 - M_2) / (100 + W)] \times 100 \quad (2)$$

که در آن:

M_1 = جرم استوانه و نمونه خاک مرطوب، به گرم،

M_2 = جرم استوانه، به گرم و

W = میزان رطوبت بر مبنای جرم خشک، به %.

۸-۳ - دانسیته خشک، ρ_d ، نمونه استوانه پیش‌رو را به پوند بر فوت مکعب بشرح زیر محاسبه نمایید.

$$\rho_d = (M_3 / V) \times (2/810) \quad (3)$$

که در آن:

V = حجم استوانه پیش‌رو به اینچ مکعب (با دقت ۰/۰۱ اینچ مکعب)

توجه ۲ - ممکن است درخواست شود تا دانسیته در محل بصورت درصد نسبت به دانسیته‌های

دیگر، بعنوان مثال حداکثر دانسیته آزمایشگاهی تعیین شده با روش‌های D ۶۹۸ بیان گردد. این نسبت می‌تواند با

تقسیم دانسیته در محل بر حداکثر دانسیته و ضربدر صد تعیین شود.

۹- گزارش

۹-۱ - اطلاعات زیر را گزارش نمایید.

۹-۱-۱- محل

۹-۱-۲- عمق زیر سطح زمین با ارتفاع سطح، یا هر دو

۹-۱-۳- دانسیته خشک

۹-۱-۴- میزان رطوبت

۹-۱-۵- ابعاد و حجم نمونه گیر

۹-۱-۶- تشریح نظری نمونه خاک، و

۹-۱-۷- تفسیرهایی درباره دست خوردگی خاک

۱۰- دقت و انحراف

۱۰-۱- برای اندازه گیری دانسیته خاکها در محل با روش استوانه پیش رو، دقت و انحراف این روش تعیین نشده است. هیچ یک از روشهای موجود مقادیر مطلق برای دانسیته خاک در محل، که در برابر این روش بتواند قابل مقایسه باشد، ارائه نمی دهد. تغییر پذیری خاک و ماهیت مخرب روش آزمایش تکرار آنرا، برای حصول مجدد نتایج آزمایش مورد نیاز جهت ارزیابی آماری یا معنی را، اجازه نمی دهد. دقت تابعی از مراقبت اعمال شده در انجام مراحل روش آزمایش، با توجه به تکرار منظم روش آزمایش و نگهداری لوازم می باشد.

روش آزمایش استاندارد برای مقاومت فشاری تک محوری نمونه های سنگ سالم ASTM D2938

۱- چکیده

- ۱-۱- این روش آزمایش، اسباب و لوازم، تجهیزات و پروسه تعیین مقاومت فشاری تک محوری روی نمونه های سنگ سالم را در برمی گیرد.
- ۲-۱- مقادیر ثابت با واحدهای اینچ- پوند (سیستم انگلیسی) بیان شده است و این مقادیر در سیستم SI در داخل پرانتز فقط جهت اطلاع آورده شده اند.
- ۳-۱- این استاندارد در نظر ندارد که کلیه مسائل ایمنی را بطور کامل توضیح دهد و این به عهده خود کاربر است که مسائل ایمنی را در حین انجام آزمایش رعایت کند و در نظر داشته باشد.

۲- منابع مورد استفاده

۲-۱- استاندارد ASTM

- روش استاندارد D2216 برای تعیین درصد رطوبت آزمایشگاهی خاک و سنگ
روش استاندارد D4543 برای تهیه نمونه های استوانه ای و تعیین تلورانس شکلی و ابعادی
روش استاندارد E4 برای روش کالیبراسیون دستگاههای بارگذاری
روش استاندارد E122 برای روش انتخاب سایر نمونه برای تخمین مقدار متوسط احتمال در یک فرآیند

۳- خلاصه روشی آزمایش

- ۳-۱- یک نمونه استوانه ای سنگ تهیه می گردد و سرو ته آن بریده و صاف می شود. نمونه در یک ماشین بارگذاری قرار داده می شود و در صورت نیاز درجه حرارت آن ثابت می گردد بار محوری بطور مداوم روی نمونه افزایش می یابد تا به حداکثر خود برسد و نمونه بشکند.

۴- هدف و کاربرد:

- ۴-۱- مقاومت فشاری تک محوری سنگ برای اهداف مختلفی مورد استفاده قرار می گیرد و گاهی اوقات بعنوان یک خاصیت شاخص برای انتخاب روش استخراج مناسب استفاده می شود.
- ۴-۲- مقاومت اندازه گیری شده مغزه های سنگی در آزمایشگاه، خواص مقاومتی سنگ برجا در مقیاس بزرگ را بدرستی بیان نمیکند زیرا درزه ها، گسل ها، ناهمگنی، صفحات ضعیف و دیگر فاکتورها تأثیر زیادی بر مقاومت توده سنگ می گذارند. بنابراین مقادیر آزمایشگاهی برای نمونه های سالم باید در فضاهای مهندسی با احتمال و تقریب لحاظ گردد.

۵- وسایل لازم:

۵-۱- دستگاه بارگذاری برای اعمال بار محوری و اندازه گیری آن:

این وسیله باید دارای ظرفیت کافی بوده و قادر باشد بار را با نرخ (سرعت) مورد نظر اعمال نماید، این دستگاه باید در فواصل زمانی مناسب کالیبره شده و با مشخصات ذکر شده در استاندارد E4 مطابقت داشته باشد. وسایل بارگذاری ممکنست به یک ترانسدیوسر تعیین جابجایی مجهز شده باشد که دارای حافظه ای برای اعمال بار با نرخ (سرعت) مشخص باشد.

۵-۲- محفظه حرارتی برای ثابت نگهداشتن دمای آزمایش:

این محفظه ممکنست داخل دستگاه بارگذاری نصب شود و یا اینکه بصورت یک سیستم خارجی کل دستگاه بارگذاری را در برگیرد. این محفظه برای آزمایش نمونه هایی که باید در طوبیت ثابت آزمایش شوند مجهز به دستگاه کنترل رطوبت نیز می باشد. برای آزمایش در حرارت های بالا، به سیستمی مجزا برای تولید حرارت و نیز وسیله ای برای اندازه گیری دما احتیاج است. دما توسط سه سنسور در سه نقطه از نمونه (بالا، وسط، پایین) اندازه گیری می شود. درجه حرارت اندازه گیری شده توسط سنسور میانی که به عنوان دمای میانگین نمونه در نظر گرفته شود باید با دقت ± 1 درجه سانتیگراد در محدوده حرارت مورد نیاز آزمایش نگه داشته شود. ضمناً حداکثر اختلاف دما بین سنسور میانی و دو سنسور انتهایی نباید از ۳ درجه سانتیگراد تجاوز نماید.

تکته:

یک مورد برای اندازه گیری درجه حرارت در سه موقعیت طولی نمونه در مدت آزمایش، تعیین توزیع درجه حرارت (دما) در یک نمونه دست ساز است که سنسورهای درجه حرارت آن در حداقل شش نقطه داخل حفراتی جایگذاری شده اند (هم در طول محور نمونه و هم در ارتفاع میانی محیط آن و هم در هر یک از دو انتهای نمونه) کنترل کننده حرارتی برای بدست آوردن تغییرات یکتوانخت دمایی در نمونه ها بکار می رود و درجه حرارت اندازه گیری شده توسط سنسور میانی بعنوان دمای میانگین در نظر گرفته می شود و باید با دقت ± 1 درجه سانتیگراد در محدوده حرارت مورد نیاز آزمایش نگهداشته شود و حداکثر دمای بین دو سنسور انتهایی نمونه نباید از ۳ درجه سانتیگراد بیشتر باشد. ارتباط بین درجه حرارت نقاط ثبت شده باید بطور پیوسته کنترل شود، نمونه دست ساز برای تعیین توزیع حرارت در نمونه های محصور بکار می رود و برای تعیین مقاومت فشاری نمونه بکار نمی رود.

۵-۳- وسیله اندازه گیری دما:

می توان از ترموکوپل های مخصوص یا دماسنج های مقاومتی پلاتینیوم (RTD) با دقت حداقل ± 0.1 درجه سانتیگراد استفاده نمود.

۵-۴- صفحات بارگذاری:

دستگاه باید مجهز به دو صفحه بارگذاری فولادی برای اعمال بار محوری به نمونه با سختی راگول حداقل ۵۸HRC باشد. یکی از این صفحات دارای نشیمنگاه کروی بوده و دیگری صفحه ای صلب و ثابت است. نشیمنگاه کروی که در بالای نمونه قرار می گیرد باعث می شود که صفحات

بارگذاری کاملاً روی سطوح نمونه نشسته و بار بصورت محوری اعمال شود. صفحات بارگذاری باید کاملاً صاف و صیقلی باشند و ناصافی این سطوح در صفحات نو نباید از ۰/۰۲۵ میلیمتر بیشتر باشد و این ناصافی در مورد صفحات در حال استفاده نباید از ۰/۰۲۵ میلیمتر بیشتر باشد. قطر نشیمنگاه کرووی حداقل باید بزرگتر از نمونه مورد آزمایش باشد اما در ۱/۱ برابر قطر نمونه کمتر باشد. ضخامت صفحات باید حداقل نصف قطر نمونه باشد.

۵-۴-۱- نشیمنگاه کرووی:

یکی از صفحات باید نشیمنگاه ک وی و دیگری صفحه سخت و ثابت داشته باشد. قطر نشیمنگاه کرووی باید حداقل به اندازه قطر نمونه استوانه ای باشد اما نباید بیشتر از دو برابر قطر نمونه باشد مرکز کره در نشیمنگاه کرووی باید منطبق بر مرکز صفحه بارگذاری نمونه باشد. این قسمت باید روغنکاری شود تا به راحتی قدرت مانور و حرکت داشته باشد.

۵-۴-۲- نشیمنگاه سخت:

اگر یک نشیمنگاه کرووی مورد استفاده قرار نگیرد باید صفحات فولادی استوانه ای بطور موازی تا حداکثر $0.100 \pm 0.5 \text{ mm/m}$ باشند. این معیار باید وقتی صفحات در دستگاه بارگذاری هستند و بنا توجه به ارتفاع نمونه بازدید و اندازه گیری شود.

۶- ملاحظات ایمنی:

تخلیاتی از سنگها وقتی تحت فشار محوری قرار می گیرند، درآنی از آنها پرتاب می شود یک صفحه محافظ (توری مانند) جهت جلوگیری از پرتاب سنگ باید جلوی نمونه قرار داد درجه حرارت‌های بالا خطر آتش سوزی و مشکلات الکتریکی را بوجود آورده است.

۷- نمونه گیری:

نمونه باید از مغزه هایی انتخاب شود که نمایانگر ویژگیهای میانگینی از نوع سنگ باشد. با مشاهده چشمی و دیگر روشهای اندازه گیری تعیین سرعت متوسط مانند اولتراسونیک، کاتیونهای موجود، اندازه و شکل دانه ها، تخلخل و درز و ترکهای ریز می توان نمونه معرفی انتخاب نمود.

۸- نمونه های مورد آزمایش:

۸-۱- آماده سازی نمونه با توجه به استاندارد D۴۵۴۳

۸-۲- رطوبت می توانند تأثیر قابل ملاحظه ای بر تغییر شکل پذیری نمونه مورد آزمایش داشته باشد.

در صورت امکان باید رطوبت طبیعی نمونه را تا زمان انجام آزمایش حفظ کرد و طبق ۱۱-۱-۳-۳ گزارش کرد.

۸-۳- اگر مقداری رطوبت باقی مانده باشد و تجهیزات لازم جهت کنترل رطوبت در اثر افزایش دما وجود نداشته باشد، نمونه را داخل یک ماده قابل انعطاف یا یک پلاستیک یا یک لاستیک سیلیکون ببوشانید تا رطوبت آن خارج نشود.

۹- مراحل انجام آزمایش:

۹-۱- قبل از انجام هر آزمایش نشیمنگاه کرووی کنترل شده و از حرکت آزادانه آن اطمینان حاصل شود.

۹-۲- صفحات بارگذاری و سطوح نمونه کاملاً تمیز شده و نمونه روی صفحه پایین بتحوی قرار می گیرد که محور نمونه با مرکز دوران نشیمنگاه کرووی در یک امتداد قرار گیرد. سپس در حالیکه بار بتدریج برنمونه اعمال می گردد، صفحه متحرک طوری حرکت داده می شود که بصورت یکنواخت روی نمونه بنشینند. برای نشستن کامل صفحه بارگذاری نمونه، کفیسیت که بار محوری کوچکی تقریباً معادل ۱۰۰ نیوتن به نمونه اعمال گردد.

۹-۳- در زمان مناسب نصب وسایل افزایش دمای محصور.

۹-۴- چنانچه آزمایش در دمای بالا انجام گیرد، در اطراف نمونه یک محفظه حرارتی نصب می گردد، برای رسیدن به حرارت مورد نظر، دما با سرعت ۲ درجه سانتیگراد بر دقیقه افزایش داده می شود (نکته ۲) در چنین حالتی متصدی دستگاه باید سرعتی را انتخاب نماید که مسئله فوق اتفاق نیفتد. سپس از رسیدن به درجه حرارت مطلوب، نمونه تحت نظر قرار می گیرد تا وقتی که وسایل اندازه گیری دما عدد ثابتی را نشان دهند و نیز قرائت دماسنج ها حداقل در سه نوبت به فاصله زمانی ۳۰ دقیقه ثابت بماند (برای آزمایشهایی که در دمای اتاق انجام می شوند این فاصله زمانی ۲ دقیقه می باشد) در این هنگام نمونه از نظر حرارتی به حالت تعادل رسیده است.

نکته ۲:

مشاهده شده که برای برخی از سنگها در سرعتهای گرمایش بیش از یک درجه سانتیگراد بر دقیقه ریز ترکهای گسترش می یابد.

۹-۵- بار محوری (قائم) بطور پیوسته و بدون تغییر ناگهانی وارد می شود تا زمانی که بار ثابت شود، کم شود یا کرنش به یک مقدار از پیش تعیین شده برسد. بار بصورتی اعمال شود که در تمام مدت، آزمایش نرخ تنش یا کرنش ثابت بماند. هیچگاه اجازه ندهید نرخ تنش یا کرنش از مقدار ثابت انتخاب شده بیش از ۱۰ درصد تغییر کند، در واقع باید روند افزایش تنش یا کرنش را به گونه ای تنظیم کرد که نمونه بین ۲ تا ۱۵ دقیقه شکسته شود.

نرخ تغییرات تنش یا کرنش انتخاب شده باید برای یک نوع سنگ برای تمام نمونه های مورد آزمایش یکسان باشد (نکته ۳) در انتها ماکزیمم بار تحمل شده توسط نمونه ثبت می گردد.

نکته ۳:

بررسی دیگر نتایج آزمایشات انجام شده توسط محققین دیگر نشان داده است که نرخ تغییرات کرنش در داخل این محدوده، مقادیر مقاومتی ایجاد می کند که مستقل از اثرات سرعت بارگذاری هستند و با دقت قابل قبولی قابل تکرار می باشند. اگر نیاز به دقت و تحقیق بیشتری باشد نسبتهای پایین تر نرخ (سرعت) کرنش مجاز هستند.

۱۰- محاسبات:

مقاومت فشاری یک نمونه از ماکزیمم بار وارده بر نمونه به مساحت سطح مقطع آن بصورت ذیل محاسبه می شود.

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ : مقاومت فشاری

P : ماکزیمم بار

A : مساحت سطح مقطع

نکته ۴:

تنش کششی مثبت در نظر گرفته می شود. اما علامت تنش فشاری مثبت قرار داده می شود. این قرار داد باید بطور واضح در گزارش قید شود.

۱۱- گزارش:

۱-۱۱- گزارش باید شامل موارد ذیل باشد.

۱-۱-۱- منشأ نمونه شامل نام پروژه، موقعیت جغرافیایی، محل نمونه برداری (شماره گمانه) و

عمق نمونه برداری

۱-۱-۲- توصیف سنگ شناسی نمونه، نام تشکیلات زمین شناسی، زاویه محور بارگذاری با

سطوح ناهمسانگردی

۱-۱-۳- وضعیت رطوبت نمونه قبلی از آزمایش

۱-۱-۴- قطر و ارتفاع نمونه با ذکر دیمانسیون

۱-۱-۵- درجه حرارت در حین آزمایش

۱-۱-۶- نرخ بارگذاری یا نرخ تغییر شکل

۱-۱-۷- مقاومت فشاری تک محوری

نکته ۵:

اگر شکست سنگ ناگهانی باشد با افزایش بار بر روی نمونه در هنگام شکست، کرنش در تنش تک محوره باید محاسبه و گزارش گردد.

۱-۱-۸- نوع و محل شکست (بهرتر است تصویری از شکست نمونه به همراه گزارش باشد)

۱۱-۱-۹- چنانچه در مواردی آزمایش یا شرایط عنوان شده در دستورالعمل مطابقت نداشته باشد لازم است که این موارد در گزارش قید گردد.

۱۲- دقت و خطا:

۱-۱۲- دیتاهای محاسبه شده در یک کار آزمایشی در آزمایشگاه برای بدست آوردن خواص سنگ به منظور تعیین دقت این روش بکار می رود.

۲-۱۲- خطاهای این روش را نمی توان تعیین کرد زیرا هیچ مقدار استاندارد برای مقاومت فشاری وجود ندارد که بتوان آن را با مقادیر بدست آمده از این روش مقایسه کرد.

۱۳- نکات کلیدی:

آزمایش فشاری تک محوری ، مقاومت فشاری ، آزمایشات بارگذاری ، سنگ

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : D ۳۰۸۰-۹۰

CD

روش استاندارد آزمایش برش هستقیم خاکها تحت شرایط تحکیم یافته - زهکشی شده

۱- هدف:

۱-۱- این روش آزمایش مراحل تعیین مقاومت برشی تحکیم یافته - زهکشی شده خاک در آزمایش برش مستقیم را ارائه می دهد. آزمایش بصورت تغییر شکل یک نمونه در حالت کرنش کنترل شده در نزدیک با روی صفحه برش ساده [منفرد] بوسیله تنظیم وضعیت وسایل آزمایش انجام می گیرد. عموماً سه نمونه یا بیشتر تحت بارهای عمودی مختلف آزمایش می شوند تا تأثیر بار عمودی روی مقاومت برشی و تغییر مکان، و خواص مقاومتی همچون پوش موهر تعیین گردد.

۱-۲- تنش های برشی و تغییر مکانها در داخل نمونه توزیع غیریکنواختی دارند، ارتفاع مناسبی برای محاسبه کرنش های برشی نمی توان تعریف کرد. بنابراین از این آزمایش نمی توان روابط بین تنش - کرنش و یا هر کمیتی مثل مدولها که در رابطه با تنش - کرنش می باشد، را تعیین نمود.

۱-۳- تعیین پوش های مقاومت و تعمیم معیارهایی برای تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش به مهندس یا اداره درخواست کننده آزمایش واگذار می شود.

۱-۴- وجود ذرات (تکه های) سنگ و خاک و یا هردوی آنها ممکن است بر نتایج آزمایش تأثیر بگذارد (بخش ۷ را ملاحظه فرمائید).

۱-۵- شرایط آزمایش شامل تنش عمودی و رطوبت محیط طوری انتخاب می شود که بیانگر شرایط محل مورد بررسی باشد سرعت برش باید به اندازه کافی کند باشد تا از شرایط زهکشی شده اطمینان حاصل شود.

۱-۶- مقادیری که بر حسب واحدهای اینچ - پوند بیان شده اند بعنوان استاندارد در نظر گرفته می شود. در این روش آزمایش واحدهای SI در داخل پرانتز نشان داده شده است.

مقادیر در سیستم های واحد مختلف کاملاً معادل نیستند لذا هر سیستم واحدی باید بطور مستقل از دیگری بکار رود.

۱-۷- در این استاندارد تمام مسائل ایمنی که در هنگام استفاده از آن باید رعایت شود مشخص نشده اند، این مسئولیت شخص استفاده کننده است که تدابیر لازم را برای ایمنی و سلامت خود بکار بندد و محدودیتهای عملی را قبل از استفاده از آن تنظیم نماید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲- مراجع:

۲-۱- استانداردهای ASTM

D ۴۲۲ روشی برای تحلیل اندازه ذرات خاکها.

D ۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و سیال داخل آنها

D ۶۹۸ روشهای آزمایش برای روابط رطوبت - دانسیته خاکها و مخلوط های دانه ای با استفاده از کوبه

۵/۵ lb (۲/۴۹ kg) و ارتفاع سقوط ۱۲in (۳۰۵ میلیمتر)

D ۸۵۴ روش آزمایش برای تعیین چگالی خاکها

D ۱۵۵۷ روشهای آزمایش برای روابط دانسیته - رطوبت خاکها و مخلوط های دانه ای با استفاده از کوبه

۱۰lb (۴/۵۴kg) و ارتفاع سقوط ۱۸in (۴۵۷ میلیمتر)

D ۱۵۸۷ روشی برای نمونه گیری خاکها بوسیله لوله جدار نازک

D ۲۲۱۶ روش آزمایشگاهی برای تعیین میزان رطوبت خاک، سنگ و مخلوط های دانه ای

D ۲۴۳۵ روش آزمایش برای تعیین خواص تحکیم یک بعدی خاکها

D ۲۴۸۷ روش طبقه بندی خاکها به منظور اهداف مهندسی

D ۲۴۸۸ روشی برای توصیف و شناسایی خاکها (روش دستی - بصری)

D ۴۲۲۰ روشی برای نگهداری و حمل و نقل نمونه های خاک

D ۴۳۱۸ روش آزمایش حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها

D ۴۷۵۳ ویژگیهایی برای ارزیابی، انتخاب ترازو و مقیاس های ویژه برای استفاده در آزمایش سنگ و خاک

D 3748 معیارهای برای کنترل بارهای یک سازه در اجزای آزمایشات بر روی خاک و سنگ

۳- اصطلاحات:

۳-۱- تعاریف - برای تعریف اصطلاحات بکار رفته در این روش آزمایش، به اصطلاحات D ۶۵۳ مراجعه

شود.

۳-۲- توصیف اصطلاحات خاص این استاندارد:

۳-۲-۱- تغییر مکان نسبی جانبی - جابجایی افقی بالا و پائین نیمه های جعبه برش

۳-۲-۲- گسیختگی - شرط تنش در هنگام گسیختگی برای یک نمونه آزمایشی: در اغلب اوقات

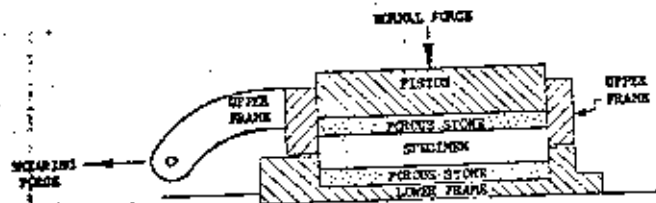
گسیختگی متناظر با حداکثر تنش برشی حاصله، یا تنش برشی در ۱۵ تا ۲۰ درصد تغییر مکان نسبی جانبی در

نظر گرفته می شود با توجه به رفتار خاک و کاربردهای صحرائی معیارهای مناسب دیگری ممکن است تعریف

شود.

۴- خلاصه روش آزمایش: ۴

۴-۱- این روش آزمایش شامل قرار دادن نمونه آزمایشی در وسیله برش مستقیم اعمال تنش عمودی از پیش تعیین شده، فراهم آوردن شرایط زهکشی یا مرطوب سازی یا هردو برای نمونه آزمایشی، تحکیم نمونه تحت تنش عمودی، آزاد کردن قابهایی که نمونه آزمایشی را نگه میدارد و جابجایی یک قاب بطور افقی نسبت به قاب دیگر یا نرخ جابجایی برشی ثابت و اندازه گیری نیروی برشی و جابجایی های افقی هنگامی که نمونه، برش داده می شود، می باشد (شکل ۱)



شکل ۱- نمونه های آزمایش در برش تکی

۵- هدف و کاربرد: ۵

۵-۱- آزمایش برش مستقیم، جهت حصول نسبتاً سریع خواص مقاومتی تحکیم یافته - زهکشی شده مناسب می باشد زیرا مسیرهای زهکشی نمونه آزمایشی کوتاه است که بدین وسیله اجازه می دهد فشارهای منفذی اضافی سریعتر از آزمایشهای زهکشی شده دیگر محو گردد. این آزمایش می تواند برای همه خاکها، نمونه های دست نخورده، بازسازی شده یا متراکم شده انجام شود. اما از نظر حداکثر اندازه دانه خاک مورد آزمایش محدودیت قائل می شود (بند ۷-۲ ملاحظه شود)

شرکت سنها می آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۲- نتایج آزمایش برای تعیین مقاومت محلهایی که تحت تنشهای عمودی موجود، تحکیم کامل خاک اتفاق می افتد قابل استفاده می باشد گسیختگی به آهستگی و در شرایط زهکشی شده حاصل می شود بطوریکه فشارهای منفذی اضافی محو می گردد. ممکن است نتایج چندین آزمایش برای بیان رابطه تنش تحکیمی و مقاومت برشی زهکشی شده بکار رود.

۵-۳- در حین آزمایش برش مستقیم تنشهای اصلی دوران خواهند داشت که ممکن است مطابق شرایط محل باشد یا نباشد. هم چنین امکان وقوع گسیختگی روی صفحات ضعیف وجود ندارد و گسیختگی تمایل دارد نزدیک یا روی صفحه افقی وسط نمونه اتفاق بیفتد. موقعیت ثابت صفحه در این روش آزمایش می تواند برای تعیین مقاومت برشی در امتداد صفحات ضعیف شناخته شده ای در داخل ترکیب مفید واقع شود و نیز در آزمایشی برای تعیین مقاومت برشی در فصل مشترک بین مواد مختلف بکار رود.

۵-۴- تنشها و تغییر مکانهای برشی در داخل نمونه دارای توزیع غیر یکنواخت هستند و برای محاسبه کرنشهای برشی یا هر کمیت مهندسی مورد قبول وابسته برای نمونه نمی توان ارتفاع مناسبی را تعریف کرد. سرعت آهسته جابجایی نسبی موجب محو فشارهای منفذی اضافی می شود، اما موجب جریان خمیری خاکهای نرم چسبیده نیز می گردد مراقبتهایی باید انجام گیرد تا شرایط آزمایش نمایانگر شرایط مورد بررسی باشد. ۵-۵- محدوده تنشهای عمودی، سرعت برش و شرایط عمومی آزمایش باید به نحو مناسبی مطابق با شرایط خاص خاک مورد بررسی انتخاب گردد.

۶- وسایل:

۶-۱- وسیله برش: وسیله ای برای نگهداری مطمئن نمونه بین دو سنگ متخلخل است بصورتی که گشتاور پیچشی به نمونه اعمال نشود. وسیله برش باید قابلیت اعمال تنش عمودی را بر وجوه نمونه، اندازه گیری تغییر در ضخامت نمونه، اجازه زهکشی آب از مرزهای بالا و پائین نمونه از میان سنگهای متخلخل و غرقاب نمونه در آب فراهم نماید. این وسیله باید قادر به اعمال نیروی برشی به نمونه در داخل آب باشد و وسیله برش باید قادر به اعمال نیروی برشی به نمونه در امتداد صفحه برش از پیش تعیین شده (برش ساده) موازی با وجوه نمونه باشد. قابهای نگهدارنده نمونه باید به اندازه کافی سخت باشند تا از چرخش نمونه در هنگام برش جلوگیری شود. قسمتهای مختلف وسیله برش باید از موادی ساخته شوند تا بوسیله رطوبت یا مواد موجود در خاک خورده نشوند مثل فولاد ضد زنگ، برنز یا آلومینیم و غیره، فلزات غیر مشابهی که موجب تحریک می شوند نباید بکار برده شوند.

۶-۲- جعبه برش: مربعی یا دایره ای شکل و از جنس فولاد ضد زنگ، برنز یا آلومینیم با قابلیت زهکشی از بالا یا پائین ساخته می شود. این جعبه بوسیله یک صفحه افقی به دو نیمه با ضخامت مساوی تقسیم شده است.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

که با پیچهای تنظیم به یکدیگر بسته می شوند، جعبه برش با پیچهای تنظیم، شکاف که فاصله بین دو نیمه بالایی و پائینی جعبه برش را کنترل می کند بهم بسته می شود.

۳-۶ - سنگهای متخلخل: سنگهای متخلخل امکان زهکشی را برای نمونه خاک از مرزهای بالا و پائین نمونه فراهم می آورد. آنها همچنین موجب انتقال تنش برشی افقی از سنگ به مرزهای بالا و پائین نمونه می شوند. سنگهای متخلخل از کاربرد سیلیکون، اکسید آلومینیم یا فلزی که در اثر رطوبت و مواد موجود در خاک خورده نمی شوند تشکیل یافته است. دانه بندی مناسب سنگ بستگی به نوع خاک مورد آزمایش دارد. نفوذپذیری سنگ بطور حتم باید بزرگتر از نفوذپذیری خاک باشد اما منافذ سنگ باید به اندازه کافی ریز باشند تا از نفوذ بیش از اندازه خاک به داخل آن جلوگیری شود.

قطر یا پهنای صفحه یا سنگ متخلخل بالایی باید $0/01$ تا $0/02$ اینچ ($0/2$ تا $0/5$ میلیمتر) کمتر از قطر حلقه داخلی باشد برای آنکه سنگ متخلخل تنش افقی را به خاک انتقال دهد سنگ باید به اندازه کافی درشت باشد تا قفل و بست مناسبی با نمونه داشته باشد.

در این جهت سند بلاست یا پاک کردن صفحه می تواند کمک کند اما سطح سنگ نباید آنقدر نامنظم باشد که موجب ایجاد تمرکز تنش قابل توجهی در خاک شود.

توجه ۱: معیار دقیقی برای بافت سنگ و نفوذپذیری آن ارائه نشده است در آزمایش معمولی خاک سنگهای با دانسه بندی متوسط و نفوذپذیری در حدود $\frac{Ft}{yr}$ تا 1×10^2 (فوت بر سال) تا $\frac{cm}{Sec}$ تا 1×10^{-3} برای آزمایش لای ها و رس ها مناسب خواهند بود و سنگهایی با دانه بندی درشت و نفوذپذیری در حدود $\frac{Ft}{Yr}$ تا 1×10^2 ($\frac{cm}{Sec}$ تا $0/10$ تا $0/05$) برای ماسه ها مناسب هستند. این نکته مهمی است که نفوذپذیری سنگ متخلخل بوسیله اجتماع ذرات خاک در منافذ سنگ کاهش نیابد، بنابراین کنترل و تمیز کردن مکرر (بوسیله فشار آب و جوشاندن یا از طریق پاک کننده التراسونیک) جهت اطمینان از نفوذپذیری مورد نیاز سنگها لازم می باشد.

۴-۶ - وسایل بارگذاری:

۴-۶-۱ - وسیله اعمال و اندازه گیری نیروی عمودی: نیروی عمودی بوسیله اهرم بارگذاری مربوطه اعمال می شود، نیروی وارد بر اهرم توسط بارهای مرده (جرم ها) یا توسط وسیله بارگذاری بادی اعمال می گردد. این وسیله قابلیت اعمال سریع نیروی عمودی معینی را بدون افزایش آن، و نگهداری این نیروی دقتی حدود ± 1 درصد دارا است.

۴-۶-۲ - وسیله ای برای برش نمونه: این وسیله باید قابلیت برش نمونه با سرعت تغییر مکان بکنواخت و با انحرافی کمتر از ± 5 درصد کوچکترین تقسیم و امکان تنظیم سرعت تغییر مکان از $0/0001$ تا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۰/۰۴ اینچ بر دقیقه ($1 \frac{\text{mm}}{\text{min}} - 0.025$) را دارا باشد.

سرعت اعمال شده بستگی به خصوصیات تحکیمی خاکها دارد. (بند ۹ - ۱۲ - ۱ ملاحظه می شود) معمولاً این سرعت توسط یک موتور الکتریکی و تنظیم گیربکس (جعبه دنده) تامین می شود و نیروی برشی توسط یک دستگاه نشان دهنده بار مانند حلقه اندازه گیر (Proving ring) یا سلول بار (Load Cell) تعیین می شود. ۴ - ۳ - ۶ - وزن جعبه برش بالایی باید کمتر از یک درصد نیروی عمودی اعمال شده باشد به همین دلیل لازمست جعبه برش بالایی را اصلاح کرده و آنرا پوشیده یک نیروی مخالف نگهداری نمود.

توجه ۲: برش نمونه آزمایشی با سرعتی بیشتر از نرخ مشخص شده ممکن است سبب بدست دادن نتایج برش زهکشی شده جزئی گردد که با مقاومت زهکشی شده مواد تفاوت دارد.

۶ - ۵ - وسیله اندازه گیری نیروی برشی: یک حلقه اندازه گیر یا سلول اندازه گیری باز یا دقتی تا ۰/۵ پوند نیرو ($2/5 \text{ N}$) یا یک درصد نیروی برشی در گسیختگی، هر کدام که بزرگتر باشد خواهد بود.

۶ - ۶ - قالب جعبه برش: یک جعبه فلزی است که جعبه برش را نگهدارند و با در مقابل یک نیمه جعبه برش نگهداشته شده عکس العمل نشان می دهد، و یا شرایط را برای تنظیم نیمه دیگر جعبه برش جهت حرکت آزاد آن در اثر نیروی برشی و در یک صفحه افقی، فراهم می سازد.

۶ - ۷ - اتاق با رطوبت بالای کنترل شده: در صورت لزوم، برای آماده سازی نمونه بکار می رود که در آن تغییرات میزان رطوبت در طی آماده سازی نمونه به حداقل رسانیده می شود.

۶ - ۸ - تراش دهنده یا حلقه برش: برای تراشیدن نمونه هایی که بزرگتر از ابعاد داخلی جعبه برش هستند با حداقل دستخوردگی بکار می رود. به منظور تثبیت جعبه برش، ممکن است به یک میله نگهدارنده خارجی نیاز باشد.

۶ - ۹ - ترازو - طبق روش آزمایش D ۲۲۱۶

۶ - ۱۰ - شاخص های تغییر شکل - تغییر شکل سنجهای عقربه ای یا مبدل های تغییر مکانی که توانایی اندازه گیری تغییر ضخامت نمونه آزمایشی را با حساسیتی حداقل 0.001 اینچ (0.025 میلی متر) و اندازه گیری تغییر مکان افقی با حساسیت حداقل 0.001 اینچ (0.025 میلی متر) را داشته باشند.

۶ - ۱۱ - وسیله ای برای تعیین میزان رطوبت: همچنانکه در روش آزمایشی D ۲۲۱۶ مشخص شده است.

۶ - ۱۲ - تجهیزاتی برای بازسازی یا متراکم کردن نمونه ها: در صورتی که کاربردی باشند.

۶ - ۱۳ - دیگر وسایل: که شامل زمان سنج با عقربه ثانیه شمار، آب منظر، ماله ها، چاقوها، تراز، اره های سیمی و غیره خواهد بود که در آماده سازی نمونه بکار می رود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷- نمونه آزمایشی

۷-۱ - نمونه نمایانگری که برای تهیه نمونه بکار می رود باید به اندازه کافی بزرگ باشد که بتوان حداقل سه نمونه یکسان از آن تهیه کرد. نمونه ها را در یک محیط بادما و رطوبت کنترل شده تهیه کنید تا تغییرات رطوبت به حداقل برسد.

۷-۱-۱ - در آماده سازی نمونه های دست نخورده از خاکهای حساس باید حداکثر دقت را بعمل آورد تا از دست خوردگی ساختمان طبیعی خاک جلوگیری شود حجم اولیه نمونه مرطوب را برای استفاده در محاسبه درصد رطوبت اولیه و وزن واحد حجم نمونه تعیین نمایید.

۷-۲ - برای نمونه های دایره ای حداقل قطر نمونه و در نمونه های مربعی حداقل پهنای نمونه باید ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) یا حداقل ۱۰ برابر اندازه قطر بزرگترین ذره هر کدام که بزرگتر است باشد و نسبت پهنابه ضخامت آن با آنچه در بند ۷-۴ آمده مطابقت کند.

۷-۳ - حداقل ضخامت اولیه نمونه باید ۵/۵ اینچ باشد اما این مقدار از ۶ برابر قطر بزرگترین ذره نباید کمتر باشد.

۷-۴ - حداقل نسبت قطر به ضخامت یا نسبت پهنابه ضخامت نمونه باید ۲ به ۱ باشد.

توجه ۳: اگر بعد از آزمایش در خاک ذرات درشت مشاهده شد باید مطابق روش D ۴۲۲ در مورد اندازه ذره (درستی ذره) تحلیلی صورت گیرد تا تأییدی بر مشاهدات بصری شود و نتایج آن باید برسپیکه گزارش آزمایش ارائه شود.

۷-۵ - آماده سازی نمونه :

۷-۵-۱ - نمونه های دست نخورده : از نمونه های بزرگ دست نخورده یا نمونه هایی که طبق روش D ۱۵۸۷ بدست آمده یا دیگر روشهای نمونه گیری دست نخورده بوسیله لوله، نمونه های دست نخورده تهیه می شود. نمونه های دست نخورده را باید همانطوریکه برای نمونه های گروه های C یا D در روش D ۴۲۲ مشخص شده است انبار و حمل کرد. نمونه را با احتیاط حمل کنید تا دست خوردگی، تغییرات در مقطع عرضی و یا مقدار کاهش رطوبت در آن به حداقل برسد.

اگر وسایل خارج کردن نمونه (از نمونه گیر) موجب ایجاد فشردگی یا هرگونه دست خوردگی قابل توجهی در نمونه گیر گردد لوله نمونه گیر را از جهت طولی دو نیم کنید و یا برای تسهیل در خروج نمونه با حداقل دست خوردگی، نمونه گیر را از جهت عرضی، در مقاطع کوچک ببرید. تا حد امکان نمونه های تراش داده شده را در محیطی که تغییرات رطوبت نمونه حداقل باشد آماده کنید.

توجه ۴: برای این مقصود اتاقی با رطوبت بالای کنترل شده مطلوب می باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷-۵-۲- نمونه‌های متراکم شده: نمونه‌ها با استفاده از روش تراکم، میزان رطوبت و وزن واحد حجمی که بطور خاص در این آزمایش ذکر شده است تهیه می‌گردند. جعبه برش را محکم سوار کنید یک سنگ متخلخل مرطوب را در ته جعبه برش قرار دهید، نمونه‌ها را بطریقه ورز دادن یا کوبیدن هر لایه، تا زمانی که جرم انباشته شده خاک در جعبه برش، متراکم شده و به حجم مورنظر برسد، یا با تنظیم تعداد لایه‌ها، تعداد ضربه‌های هر لایه و نیروی هر ضربه قالب می‌گیریم، روی هر لایه را قبل از اضافه نمودن لایه بعدی، باید صاف کرد.

حدود لایه‌های متراکم شده باید به صورتی قرار گیرد که منطبق بر صفحه برش که به واسطه نیمه‌های جعبه برش مشخص می‌شود، منطبق نشود مگر آنکه هدف خاصی از آزمایش مدنظر باشد.

کوبه‌ای که برای متراکم کردن خاک استفاده می‌شود باید سطح تماسی کوچکتر یا مساوی $\frac{1}{4}$ سطح قالب با خاک داشته باشد. جرم خاک مرطوبی را که تنها برای تشکیل یک توده متراکم لازمست تعیین کنید و در جعبه برش قرار دهید. خاک را آنقدر متراکم کنید که به وزن واحد حجم مطلوب برسد. به متراکم کردن و جایجا دادن خاک ادامه دهید تا تمام نمونه متراکم گردد.

توجه ۵: پوشش یک لایه نازک گریس به جداره داخلی جعبه برش می‌تواند اصطکاک بین نمونه و جعبه برش را در طول مدت تحکیم کاهش دهد. گرچه برای نگهداری حلقه بالایی در برخی دستگاههای برش، بعد از تشکیل صفحات برش حلقه بالایی نیاز به اصطکاک دارد. پوشش یک لایه نازک گریس بین نیمه‌های جعبه برش، ممکن است استفاده شود تا اصطکاک بین دو نیمه مذکور را در طول مدت برش کاهش دهد. برای کاهش اصطکاک می‌توان بجای گریس از لایه TFE - فلئوئورکربن روی این سطح استفاده کرد.

توجه ۶: با اندازه‌گیری مستقیم ضخامت توده خاک، یا از روی علامتهای روی دسته کوبه که بستگی به ضخامت خاکی دارد که باید متراکم شود ضخامت لازم توده خاک متراکم شونده را می‌توان تعیین کرد.

توجه ۷: قبل از وارد کردن نیروی عمودی، تصمیم به مرطوب کردن سنگهای متخلخل بوسیله غرقاب کردن جعبه برش، به مسئله تحت مطالعه بستگی دارد. معمولاً برای نمونه‌های دست نخورده‌ای که از زیر سطح سفره‌های آب زیرزمینی بدست می‌آیند سنگهای متخلخل را مرطوب می‌کنند. برای خاکهای متورم شونده روش تحکیم، مرطوب سازی و برش مطابق با شرایط صحرائی خواهد بود جرم متراکم شده نمونه را می‌توان یا از اندازه‌گیری جرم نمونه متراکمی که در قالب قرار گرفته و یا اختلاف بین جرم جعبه برش و جرم جعبه برش با نمونه متراکم تعیین نمود.

۷-۶- مصالح مورد نیاز برای نمونه‌ای که باید مورد آزمایش قرار گیرد باید با مخلوط کردن خاک با آب کافی تا رسیدن به درصد رطوبت مورد نظر تهیه شود. نمونه را قبل از تراکم مطابق راهنمایی زیر مدتی نگهدارید:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

حد اقل زمان نگهداری، ساعت	طبقه بندی طبق D۲۲۸۷
نیاز ندارد	SP, SW
۳	SM
۱۸	CL, ML, SC
۳۶	MH, CH

۷-۷- همچنین ممکن است برای تهیه نمونه های متراکم، از خاک متراکم یافته ای استفاده کرد که بوسیله روشها و وسایل تعیین روابط رطوبت - دانسیته خاکها بدست آمده است. (روشهای آزمایش D ۶۹۸ یا D ۱۵۵۷) و نمونه آزمایشی برش مستقیم را از نمونه بزرگتر طوری بتراشید که نمونه دست نخورده باقی بماند.

۸- کالیبراسیون:

۸-۱- کالیبراسیون تعیین میزان تغییر شکل ابزار است هنگامی که تحت بار تحکیمی قرار می گیرد. بنابراین باید به ازای هر بار تحکیم عمودی افت ابزار را از تغییر شکل های مشاهده شده کم کرد.

بنابراین برای آزمایشهای کامل تنها تغییر شکل های ناشی از تحکیم نمونه، گزارش خواهد شد. لازم است جهت تعیین خصوصیات بارگذاری، تغییر شکل تجهیزاتی که یا برای اولین بار می خواهند استفاده شوند و یا زمانیکه قطعه ای از آنها تعویض شود، کالیبراسیون انجام شود.

۸-۲- یک کانسک یا صفحه فلزی کالیبراسیون که ضخامتی تقریباً برابر با ضخامت نمونه آزمایشی و قطر یا پهنای آن حدود $\frac{1}{4}$ اینچ (۵ میلیمتر) کمتر از قطر یا پهنای نمونه آزمایشی باشد را در وسیله برش مستقیم قرار دهید.

۸-۳- نشاندهنده تغییر مکان عمودی را نصب کنید این نشاندهنده را طوری تنظیم کنید که بتواند تحکیم یا تورم ناشی از صفحه یا دیسک کالیبراسیون را اندازه گیرد. قرائت صفر یا بدون بار را نیز ثبت کنید.

۸-۴- تا آنجا که قابلیت تجهیزات اجازه دهد نیروی عمودی را بصورت افزایشی اعمال کنید و قرائت نشاندهنده تغییر مکان عمودی و نیروی عمودی را ثبت کنید. عکس حالت قبل نیروی عمودی را با همان روال افزایشی کاهش دهید و قرائتهای نشاندهنده تغییر مکان عمودی و نیروی عمودی را ثبت کنید، میانگین این مقادیر را محاسبه کرده و نمودار تغییر شکل دستگاه را بعنوان تابعی از بار عمودی رسم کنید. نتایج را بعنوان مرجعی در آینده برای تعیین ضخامت نمونه آزمایشی و میزان فشردگی خود دستگاه نگهدارید.

۸-۵- صفحه یا دیسک کالیبراسیون را بردارید.

توجه ۸: روشهای دیگر بررسی دقیق کالیبراسیون ابزارها قابل قبول می باشد.

۹- روشهای انجام آزمایش

۹-۱- جعبه برش را سوار کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۱-۱- نمونه دست نخورده: سنگهای متخلخل مرطوب را در بالا و پائین نمونه در جعبه برش قرار دهید. جعبه برش را که محتوی نمونه دست نخورده و سنگهای متخلخل است داخل قالب جعبه برش قرار داده و ببندید.

توجه ۹: در برخی دستگاهها نیمه بالایی جعبه برش توسط یک میله تنظیم شکافدار که داخل حفره‌ای در این نیمه قرار می‌گیرد نگهداشته می‌شود نیمه پائینی به وسیله پیچ‌های نگهدارنده، در جای خود و در داخل قالب جعبه برش نگهداشته می‌شود. در برخی دستگاهها نیمه بالایی توسط یک صفحه محکم در جای خود نگهداشته می‌شود.

۹-۱-۲- نمونه متراکم شده: جعبه برش را که محتوی نمونه متراکم شده و سنگهای متخلخل است داخل قالب جعبه برش قرار داده و ببندید.

۹-۲- سیستم بارگذاری نیروی برشی را طوری متصل و تنظیم کنید که هیچ نیروی بوسیله دستگاه اندازه‌گیری بار تحمیل نشود.

۹-۳- ترجیحاً وسیله اندازه‌گیری تغییر مکان افقی را که برای اندازه‌گیری تغییر مکان برشی بکار می‌رود به نحو مناسبی قرار داده و تنظیم کنید. قرائت اولیه را بدست آورید یا وسیله اندازه‌گیری را طوری تنظیم کنید تا تغییر مکان صفر را نشان دهد.

۹-۴- روی نمونه داخل جعبه برش سنگ متخلخل مرطوب و صفحه انتقال بار را قرار دهید.

۹-۵- یوغ بارگذاری نیروی عمودی را در جای خود قرار دهید و طوری آنرا تنظیم کنید که میله بارگذاری افقی قرار گیرد. در مورد سیستمهای بارگذاری دارای اهرم بار مرده، باید اهرم را تراز کرد. در مورد سیستمهای بارگذاری بادی (هوای فشرده) یوغ را وقتی به آرامی جلوی فرورفتگی صفحه انتقال بار قرار می‌گیرد تنظیم کنید یا روی صفحه انتقال بار یک بلبرینگ قرار دهید و به سادگی یوغ را در تماس تنظیم کنید.

۹-۶- بار عمودی کوچکی به نمونه اعمال کنید توجه داشته باشید که تمام اجزای سیستم بارگذاری بصورت مرتب در جای خود قرار گرفته باشند. صفحه متخلخل بالایی و صفحه انتقال بار باید طوری مرتب شده باشند که برای حرکت صفحه انتقال بار داخل جعبه برش مانعی بوجود نیاید. بار افقی و عمودی اعمال شده برای سیستم را یادداشت کنید.

توجه ۱۰: تنش عمودی اعمال شده به نمونه باید حدود $1 \frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$ (۷ kpa) باشد.

۹-۷- وسیله اندازه‌گیری تغییر مکان قائم را نصب و تنظیم کنید، قرائت اولیه و وسیله اندازه‌گیری قائم و قرائت اولیه وسیله اندازه‌گیری تغییر مکان افقی را بدست آورید.

۹-۸- در صورت لزوم جعبه برش را پر از آب کنید و در تمام مدت آزمایش آنرا پر نگاهدارید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۹- نیروی عمودی مورد نیاز برای رسیدن به تنش عمودی مطلوب یا افزایشهای مربوطه را محاسبه و ثبت کنید. از طریق اضافه نمودن جرم مناسبی به گیره بازوی اهرم یا افزایش فشار باد تنش عمودی مطلوب را اعمال کنید.

توجه ۱۱: نیروی عمودی مورد استفاده برای نمونه به اطلاعات خواسته شده بستگی دارد. برای خاکهای نسبتاً سفت اعمال نیروی عمودی بصورت تک مرحله‌ای می‌تواند مناسب باشد، برای خاکهای نسبتاً نرم ممکن است لازم باشد که نیروی عمودی در چند مرحله افزایش داده شده و وارد شود تا از صدمه رساندن به نمونه جلوگیری گردد.

۹-۱۰- بار عمودی مطلوب یا افزایشهای مربوطه را به نمونه اعمال کنید و یادداشت قرائتهای تغییر شکل عمودی را در مقابل زمان سیری شده شروع کنید. قبل از ادامه آزمایش برای هر مرحله افزایش بار، از کامل شدن تحکیم اولیه اطمینان حاصل نمایید. (روشن آزمایش D ۲۴۳۵ را ملاحظه نمایید) نمودار تغییر مکان عمودی را در مقابل لگاریتم زمان یا ریشه دوم زمان (به دقیقه) رسم کنید.

۹-۱۱- بعد از کامل شدن تحکیم اولیه پیچها یا میله‌های تنظیم را از جعبه پرش بردارید و بوسیله پیچهای تنظیم فاصله بین دو نیمه جعبه پرش را تقریباً 0.25 in (6.4 mm) یا کمتر تنظیم شکاف را به محلشان برگردانید.

توجه ۱۲: مواردی وجود دارد که شکاف بین صفحات باید (مطابق با اندازه ماسه) بزرگتر از شکاف مشخص شده افزایش یابد. در حال حاضر اطلاعات کافی برای مشخص شدن بعد شکاف براساس توزیع اندازه ذرات در دسترس نمی‌باشد.

۹-۱۲- نمونه را پرش دهید.

۹-۱۲-۱- سرعت تغییر مکان مناسبی را انتخاب کنید نمونه را با سرعت نسبتاً کندی پرش دهید طوری که هیچ فشار منفذی اضافی در هنگام گسیختگی بوجود نیاید. معادله زیر می‌تواند بعنوان یک راهنمایی برای تعیین تخمینی حداقل زمان لازم از شروع آزمایش تا گسیختگی بکار رود:

$$t_f = 50 t_s$$

که در آن:

t_f : کل زمان تخمینی، مورد نیاز تا گسیختگی، به دقیقه

t_s : زمان لازم برای آنکه نمونه تحت تنش عمودی خاصی (یا مراحل افزایشی مربوطه) به ۵۰ درصد تحکیم برسد، به دقیقه

توجه ۱۳: اگر تغییر مکان عمودی در مقابل ریشه دوم زمان بکار رود، t_s را می‌توان از روی زمان ۹۰ درصد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تحکیم و با استفاده از عبارت زیر محاسبه نمود:

$$t_{50} = \frac{t_{90}}{4/28}$$

که در آن:

t_{90} : زمان لازم برای آنکه نمونه تحت تنش عمودی خاصی (یا مراحل افزایش مربوطه) به ۹۰٪ تحکیم برسد، به دقیقه

۴/۲۸: ثابت است، تغییر مکان و فاکتور زمان در ۵۰ و ۹۰ درصد تحکیم را بهم مربوط می سازد.

توجه ۱۴: اگر مصالح تمایل به تورم از خود نشان دهند باید خاک را غرقاب نمود و اجازه داد تا تحت یک مرحله افزایش تنش عمودی که به اندازه کافی بزرگ است تورم خاک قبل از حداقل زمان تعیین شده برای گسیختگی به حالت تعادل برسد. منحنی تحکیم - زمان برای مراحل متوالی افزایش تنش عمودی در محاسبه t_f معتبر می باشد.

توجه ۱۵: برخی خاکها نظیر ماسه های متراکم و رس های بیش تحکیم یافته ممکن است به خوبی مطابق منحنی های زمان - نشست تعریف شده ای رفتار نمایند، در نتیجه ممکن است در محاسبه t_f تخمین مناسبی از زمان لازم برای گسیخته شدن نمونه تحت شرایط زهکشی شده بکار برود.

برای رس های بیش تحکیم یافته ای که تحت تنش های عمودی کمتر از فشار بیش تحکیمی خاک آزمایش می شوند پیشنهاد می شود که مدت زمان گسیختگی با استفاده از مقدار d_r که از رفتار زمان - نشست تحکیم عمودی بدست می آید تخمین زده شود. می توان برای ماسه های متراکم تمیزی که به سرعت زهکشی می شوند برای t_f مقدار ۱۰ دقیقه و برای ماسه های متراکم یا بیش از ۵٪ ریزدانه مقدار ۶۰ دقیقه را برای t_f بکار برد. اگر برای t_f مقدار دیگری انتخاب گردد استدلال این انتخاب براساس نتایج آزمایش باید شرح داده شود.

۹-۱۳ - از معادله زیر تغییر مکان مناسب را تعیین کنید.

$$d_r = \frac{d_f}{t_f}$$

که در آن:

d_r : سرعت تغییر مکان (mm/min و in/min)

d_f : تغییر مکان افقی تخمین زده شده تا گسیختگی (mm و in)

t_f : کل زمان تخمینی لازم تا گسیختگی (min)

توجه ۱۶: مقدار بزرگی تغییر مکان تخمین زده شده در لحظه گسیختگی به عوامل زیادی از جمله نوع و تاریخچه تنش خاک بستگی دارد. بعنوان یک راهنمایی اگر مصالح از خاک ریزدانه تحکیم عادی یافته یا کمی بیش تحکیم یافته باشند $d_r = 0.5$ in (۱۲ mm) را بکار برید در غیر این صورت $d_r = 0.2$ in (۵ mm) را بکار برید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۱۳-۱- انتخاب و برقراری سرعت تغییر مکان - برای برخی از انواع دستگاهها، سرعت تغییر مکان با استفاده از ترکیب وضعیتهای مختلف اهرم و چرخ دنده بدست می آید، برای انواع دیگر، با تنظیم سرعت موتور به سرعت تغییر مکان مطلوب دست می یابیم.

۹-۱۳-۲- زمان اولیه، تغییر مکانهای افقی و قائم و نیروهای برشی و عمودی را ثبت کنید.

۹-۱۳-۳- دستگاه را روشن کرده و برش را آغاز کنید.

۹-۱۳-۴- قرائتهای مربوط به زمان، تغییر مکان افقی و قائم و نیروی برش را بازای هر فاصله تغییر مکان (بازای هر تغییر مکان) بدست آورید، این قرائتها باید در فواصل تغییر مکانی برابر یا ۲ درصد قطر یا پهنای نمونه خوانده شود تا منحنی تغییر مکان - تنش برشی به دقت مشخص گردد.

توجه ۱۷: قرائتهای اضافی می تواند در مشخص کردن مقدار حداکثر تنش برشی مصالح بیش تحکیم یافته یا مصالح شکننده مفید باشد.

توجه ۱۸: ممکن است برای ایجاد فاصله ای مجدد بین نیمه های جعبه برش، برای آنکه دو نیمه به وضوح از هم جدا باشند توقف آزمایش ضروری شود.

۹-۱۳-۵- پس از آنکه گسیختگی حاصل شد وسیله آزمایش را متوقف کنید، تغییر مکان مربوطه ممکن است حدودی بین ۱۰ تا ۲۰ درصد ضخامت یا طول اولیه نمونه را داشته باشد.

۹-۱۳-۶- با برداشتن جرم روی اهرم و دسته یا آزاد ساختن فشار، نیروی عمودی اعمال شده به نمونه را بردارید.

۹-۱۴- در مورد نمونه های آزمایشی چسبنده، دو نیمه جعبه برش را با حرکت لغزشی در امتداد صفحه گسیختگی از هم جدا کنید، نیمه های جعبه برش را بطور جداگانه و عمودی روی سطح گسیختگی نکشید زیرا به نمونه آسیب خواهد زد. از سطح گسیختگی عکس برداری نموده طرح آنرا رسم کنید یا سطح گسیختگی را در نوشته هایتان توصیف نمایید این روش برای نمونه های غیر چسبنده کاربرد ندارد.

۹-۱۵- نمونه را از جعبه برش خارج سازید و طبق روش D ۲۲۱۶ میزان رطوبت آنرا تعیین کنید.

۹-۱۶- موارد زیر را محاسبه و رسم نمایید:

۹-۱۶-۱- تنش برشی اسمی در مقابل تغییر مکان جانبی نسبی

۱۰- محاسبات:

۱-۱۰- موارد زیر را محاسبه کنید:

۱-۱-۱- تنش برشی اسمی که به نمونه وارد می شود به قرار زیر است:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$\tau = \frac{F}{A}$$

که در آن :

τ : تنش برشی اسمی (lb/in², Kpa)

F : نیروی برش (lb, N)

A : مساحت اولیه نمونه (mm², in²)

۱۰ - ۱ - ۲ - تنش عمودی که به نمونه اعمال می شود به قرار زیر است :

$$\sigma_n = \frac{N}{A}$$

که در آن :

σ_n : تنش عمودی (lb/in², Kpa)

N : نیروی قائمی که بصورت عمودی به نمونه اعمال می شود (lb, N)

توجه ۱۹ : عواملی که در فرضیات دخالت دارند و وابسته به مساحت واقعی نمونه هستند که نیروهای عمودی و برشی وارد بر آن اندازه گیری می شوند، را می توان در محاسبه تنش عمودی یا برشی یا هردوی آنها اعمال نمود. اگر اصلاح یا اصلاحاتی روی عامل یا عوامل فوق انجام گرفت استدلال مورد استفاده برای اصلاح باید بوسیله نتایج آزمایش شرح داده شود.

۱۰ - ۱ - ۳ - **سرعت تغییر مکان :** با تقسیم تغییر مکان جانبی نسبی بر زمان سپری شده، سرعت تغییر مکان واقعی را محاسبه کنید یا سرعتی را که برای آزمایش بکار رفته گزارش کنید:

$$d_r = \frac{d_n}{t_e}$$

که در آن :

d_r : سرعت تغییر مکان (mm/min , in/min)

d_n : تغییر مکان جانبی نسبی (in/mm)

t_e : مدت زمان آزمایش (min)

۱۰ - ۱ - ۴ - نسبت فضای خالی اولیه، میزان رطوبت، وزن واحد حجم خشک و درجه اشباع را براساس وزن مخصوص و جرم کل نمونه محاسبه کنید. حجم نمونه از طریق اندازه گیری ابعاد جعبه برش یا قطر و ضخامت اندازه گیری شده نمونه تعیین می شود.

|| گزارش :

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۱۱-۱- گزارش شامل موارد زیر می باشد:
- ۱۱-۱-۱- توصیف نمونه، پروژه و محل
- ۱۱-۱-۲- توصیف نوع وسیله برش بکار رفته در آزمایش
- ۱۱-۱-۳- توصیف ظاهری نمونه براساس روش D ۲۴۸۸ (روش آزمایش D ۲۴۸۷ را نیز می توان بعنوان یک انتخاب بکار برد) حدود آتربریگ (روش آزمایش D ۲۳۱۸) و اطلاعات راجع به اندازه ذرات (روش ۴۲۲ D) اگر بدست آمده باشد (بند ۷-۴ ملاحظه شود).
- ۱۱-۱-۴- توصیف ساختمان خاک، مبنی بر اینکه آیا نمونه دست نخورده، بازسازی شده، متراکم شده یا به دیگر روشها تهیه شده است.
- ۱۱-۱-۵- میزان رطوبت اولیه و نهایی نمونه
- ۱۱-۱-۶- جرم توده خشک و وزن واحد حجم مرطوب اولیه و نهایی
- ۱۱-۱-۷- وزن واحد حجم خشک اولیه و نهایی
- ۱۱-۱-۸- قطر و ضخامت اولیه (برای جعبه های برش مربعی: پهنای آن)
- ۱۱-۱-۹- تنش عمودی، سرعت تغییر شکل، تغییر مکان برشی، و مقادیر تنش برشی اسمی مربوطه و تغییرات ضخامت نمونه.
- ۱۱-۱-۱۰- رسم لگاریتم زمان یا ریشه دوم زمان در مقابل تغییر شکل ناشی از تغییرات بار بصورت مراحل افزایشی که از آن ۵٪ تعیین می شود.
- ۱۱-۱-۱۱- رسم تنش برشی اسمی در مقابل درصد تغییر مکان جانبی نسبی
- ۱۱-۱-۱۲- گزارشی از خلاصه روش، نظیر ترتیب بارگذاری خاص یا تجهیزات مرطوب سازی ویژه

۱۲- دقت و خطا

- ۱۲-۱- دقت: برای تعیین میزان دقت این آزمایش، اطلاعات ارزیابی می گردد، علاوه بر این، کمیته فرعی D 18/05 بدنبال جمع آوری اطلاعات مربوطه از طریق استفاده کنندگان این روش آزمایش می باشد.
- ۱۲-۲- خطا: برای این روش آزمایش هیچ مقدار مرجع قابل قبولی وجود ندارد و بنابراین نمی توان خطای آنرا تعیین کرد.
- ۱۲-۳- لغات کلیدی:
- ۱۲-۱- نمونه های متراکم شده، تحکیم یافته، آزمایش برش مستقیم، شرایط آزمایش زهکشی شده، برش

مقاومت موهر، مقاومت برشی، دست نخورده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

روش آزمایش استاندارد برای تعیین مدول الاستیک نمونه‌های مغزه سنگ سالم در فشار تک محوری

ASTM: D 3148-93

۱- هدف:

۱-۱- این روش آزمایش شامل تعیین مدول الاستیسیته نمونه‌های مغزه سنگ بکر تحت فشار تک محوری می‌باشد که لزوم و روش بکار بردن آنها و روشهای تعیین منحنی‌های تنش - کرنش محوری و تنش - کرنش جانبی و همچنین مدول یانگ E و نسبت بواسون ν را مشخص می‌کند.

توجه: ۱: این روش آزمایش شامل روشهای مورد نیاز برای بدست آوردن منحنی تنش - کرنش بعد از مقاومت نهایی نمی‌باشد.

۱-۲- برای یک ماده ایزوتروپ رابطه بین مدول بالک، مدول برشی، مدول یانگ و نسبت بواسون بشرح زیر است:

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

که در آن:

G: مدول برشی

K: مدول بالک

E: مدول یانگ

ν : نسبت بواسون

اگر سنگ غیر ایزوتروپ باشد کاربرد مهندسی این معادلات کاهش می‌یابد. در صورت امکان مطلوب است که آزمایشها در صفحه نوره و لایه بندی و و همچنین عمود بر آن برای تعیین درجه غیر همسانی انجام گردد. لازم به یادآوری است اگر اختلاف مدول الاستیک در هر دو جهتی بزرگتر از ۱۰٪ برای یک سطح تنش معین باشد معادلات بسط داده شده برای مواد ایزوتروپ ممکن است تنها نتایج محاسباتی تقریبی بدست دهد.

توجه: ۲: مدول الاستیک اندازه گیری شده بوسیله روش امواج صوتی ممکن است اغلب بصورت اندازه‌های اولیه غیر همسانی مورد استفاده قرار گیرد.

۱-۳- روش آزمایش ارائه شده برای تعیین ثابتهای الاستیک برای سنگهایی که منحنی کرنش‌های غیرالاستیک قابل توجه در طی آزمایش می‌شوند مانند پتاس و نمک طعام، مدول الاستیک برای چنین سنگهایی



شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

باید از سیکلهای باربرداری - بارگذاری تعیین شود که بوسیله این روش آزمایش ارائه نمی شود.

۴-۱- این استاندارد همه مسائل ایمنی را در نظر ندارد در صورت هرگونه استفاده ای از آن برعهده استفاده کننده از این استاندارد است که نحوه عمل بهداشتی و ایمنی مناسب را اجرا کند و روش اجرای مناسب حدود تنظیمی را پیش از استفاده را تعیین نماید.

۲- مدارک مرجع :

۱-۲- استانداردهای astm

D۲۲۱۶- روش آزمایش آزمایشگاهی تعیین آب ممنوی (رطوبت) خاک و سنگ

D۴۵۴۳- دستورالعمل آماده سازی نمونه های مغزه سنگ و تعیین تولرانس های شکل و ابعاد

E۴- دستورالعمل هایی برای کنترل (کالیبره کردن) بارگذاری دستگاههای آزمایش

۳- خلاصه روش آزمایش :

۱-۳- یک نمونه مغزه سنگ به طول معین بریده شده و سطوح انتهایی بوسیله ماشین مسطح و صاف می شوند نمونه در یک قالب بارگذاری جای گرفت و در صورت لزوم گرم شده تا به درجه حرارت درخواستی آزمایش برسد بار محوری روی نمونه بطور متد افزایش یافته و تغییر شکلها بصورت تابعی از بارگذاری کنترل و اندازه گیری می شود.

۴- مفهوم و استفاده :

۱-۴- ثابت های الاستیک برای محاسبه تنش و تغییر شکل در سازه های سنگی مورد استفاده هستند.

۲-۴- تغییر شکل و خواص مقاومتی اندازه گیری شده مغزه های سنگی در آزمایشگاه معمولاً خواص بر جای سنگ در مقیاس بزرگ را دقیقاً نشان نمی دهند زیرا دومی شدیداً تحت تاثیر درزه ها ، گسلها ، غیر هموزن بودن ، صفحات ضعیف و عوامل دیگر می باشد. بنابراین مقادیر آزمایشگاهی برای نمونه های سالم باید با قضاوت مناسب در فعالیتهای مهندسی بکار رود.

۵- وسایل :

۱-۵- دستگاه بارگذاری : دستگاه بارگذاری باید ظرفیت کافی برای اعمال بار یک سرعت هماهنگ با شرایط مشخص شده در بند ۵-۹ برخوردار باشد. این دستگاه بایستی در فواصل زمانی مناسب بر طبق شیوه ارائه شده در روشهای E۴ و مطابق با شرایط تصریح شده در آن کنترل و ممیزی گردد. دستگاه بارگذاری ممکن است به یک انتقال دهنده جابجایی مجهز شده باشد که می تواند برای جلوگیری از پیستون اعمال نیرو با یک ساعت مشخص مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۵- جدار حفظ حرارت بالا رفته : این جداره ممکن است یک دیواره در دستگاه بارگذاری و یا یک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

سیستم خارجی در برگیرنده کامل اسباب بارگذاری باشد جداگانه ممکن است برای آزمایش نمونه‌هایی که رطوبت داخلی آنها کنترل شده است مجهز به دستگاه کنترل رطوبت باشد برای حوارتهای بالا یک سیستم گرماده، جداگانه، و ابزار اندازه‌گیری درجه حرارت برای نگهداشتن حرارت مشخصه معمولاً مورد نیازند. درجه حرارت باید در سه محل با یک وسیله حساس^(۱) در بالا، یکی در میان و یکی در پایین نمونه اندازه‌گیری شود. حرارت میانگین نمونه مبتنی بر وسیله حساس میانی باید با $\pm 1^{\circ}\text{C}$ در حد حرارت مورد نیاز آزمایش نگهداشته شود. حداکثر اختلاف حرارت بین وسیله حساس میانی و یکی از دو وسیله حساس انتهایی نباید از 3°C تجاوز کند.

توجه سه ۳ - راه دیگر بجای اندازه‌گیری حرارت سه محل در طول نمونه در طی آزمایش تعیین توزیع حرارت در حشره‌های ایجاد شده در یک شبه نمونه حداقل در ۶ وضعیت می‌باشد. در خط مرکزی و محیط نمونه در وسط طول و در هر دو سر نمونه. درجه دستگاه (Set Point) کنترل‌کننده دما باید طوری تنظیم شود که دما در هر نقطه شبه نمونه که ملزومات حرارتی را در هر دمای آزمایشی دارد بطور یکنواخت و مداوم بدست دهد (دمای خط مرکزی در وسط ارتفاع باید مساوی دمای خواسته شده آزمایش $\pm 1^{\circ}\text{C}$ باشد و تمام دماهای نقاط دیگر نمونه نباید بیش از 3°C درجه سانتیگراد با آن اختلاف پیدا کند) ارتباط بین درجه دستگاه کنترل‌کننده و دمای شبه نمونه می‌تواند برای تعیین دمای نمونه در حین آزمایش مورد استفاده قرار گیرد تا اطلاعات خروجی از وسیله اندازه‌گیری دما (یا دیگر سنسورهایی که در تجهیزات سه محوری نصب شده‌اند) روی دمای خواسته شده آزمایش $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ثابت نگهداشته شوند. رابطه بین درجه دستگاه کنترل‌کننده و دمای نمونه در حالت پایدار باید بطور متناوب بررسی شود. شبه نمونه منحصرأ برای تعیین توزیع دما در دستگاه سه محوری مورد استفاده است و از آن برای تعیین ثابت‌های الاستیک استفاده نمی‌شود.

۳-۵ - ابزار اندازه‌گیری دما: ترموکوپلهای حدی مخصوص یا ترمومترهای مقاومتی پلاتینیوم (RTD) دارای دقت حداقل $\pm 1^{\circ}\text{C}$ و درجه بندی 0.1°C (قراکت مطلوب)

۴-۵ - صفحات فشار: دو صفحه فولادی برای انتقال بار محوری به سروته نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرند که باید سختی کمتر از ۵۸ HRC نداشته باشند یکی از صفحات باید با مفصل کروی به دستگاه متکی باشد و دیگری روی یک صفحه صلب و صاف قرار داشته باشد رویه‌هایی که باز را اعمال می‌کنند نباید از سطح مستوی بیش از ۰/۱۵ mm جدا شوند وقتی که صفحات نوسانند و باید در حد مجاز ۰/۲۵ mm حفظ شوند. قطر تکیه‌گاه کروی باید حداقل برابر قطر نمونه باشد و نباید از دو برابر قطر نمونه تجاوز کند. مرکز کره در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تکیه گاه کرووی باید منتطبق بر مرکز سطح تحمل بار نمونه باشد. تکیه گاه کرووی باید برای تامین حرکت آزاد بطور مناسبی روغن کاری شود. قسمت متحرک صفحه باید بطور تنگاتنگی تکیه گاه کرووی را دربر بگیرد ولی طراحی باید بصورتی باشد که صفحه تکیه گاه بتواند تحت زوایای کوچک در هر جهتی بچرخد و مایل شود. در صورتی که تکیه گاه کرووی مورد استفاده قرار نگیرد سطوح تکیه گاه صاف و فشار باید با دقت 0.05 mm/mm قطر صفحه فشار با هم موازی باشند. در این حالت قطر صفحه فشار باید حداقل به اندازه قطر نمونه باشد ولی نباید بیشتر از $1/5 \text{ mm}$ از قطر نمونه بزرگتر باشد. قطر صفحه فشار مذکور باید برای طولی حداقل نصف قطر نمونه باقی بماند.

۵-۵-۵- ابزارهای اندازه گیری کرنش - تغییر شکل: سیستم اندازه گیری تغییر شکل - کرنش باید کرنش را تا حداقل 25×10^{-6} و دقت 2% مقدار قرائت های بالای 250×10^{-6} و در حد 5×10^{-6} برای قرائتهای کمتر از 250×10^{-6} که شامل خطاهای دستگاهی و قرائت می شود را اندازه گیری کند. سیستم باید از ناپایداری بیاند مدت نامشخص (سمیه دستگاه) برخوردار باشد که باعث کرنش ظاهری $10^{-8}/s$ می شود عاری باشد.

توجه سه ۴: استفاده کننده باید متوجه تأثیر دما روی اطلاعات خروجی سنسورهای تغییر شکل و کرنش جایگذاری شده در محیط گرم شده باشد.

۵-۵-۱- تعیین کرنش محوری: تغییر شکل یا کرنش محوری از اطلاعات بدست آمده بوسیله گیج های کرنشی مقاومت الکتریکی، فشارسنج ها، تبدیل کننده های متغیر خطی (LVDT) و یا دستگاههای مناسب دیگر بدست می آید طراحی ابزار اندازه گیری باید طوری باشد که میانگین حداقل توسط دو اندازه گیری کرنش محوری تعیین شود. اسباب اندازه گیری باید بطور مناسب دور محیط نمونه نزدیک وسط آن نصب شود. طول گیجی که کرنش محوری را اندازه گیری می کند باید حداقل 10 برابر قطر دانه های تشکیل دهنده سنگ باشد.

۵-۵-۲- تعیین کرنش جانبی: تغییر شکل یا کرنش جانبی یا روشهای اشاره شده در بند ۵-۵-۱ قابل اندازه گیری است. اندازه گیری تغییر شکل (یا کرنش) محیطی و یا قطر هر دو مبسر می باشد. برای اندازه گیری تغییر محیط نمونه ممکن است یک (انتقال دهنده) که دور نمونه پیچیده شده مورد استفاده قرار گیرد. حداقل دو سنسور تغییر شکل قطری باید مورد استفاده قرار گیرد اگر بخواهیم تغییر شکل قطری اندازه گیری شود. این سنسورها باید بطور مناسب دور نمونه نزدیک وسط ارتفاع جاگذاری شود. تغییر شکل متوسط (یا کرنش متوسط) از اندازه گیری سنسورهای قطری باید ثبت شود.

توجه سه ۵: استفاده از گیج کرنش چسبنده در دمای نگهداری مورد لزوم بالاتر از 65°C مجاز نیست مگر اینکه معلوم شود که توکهای میکروسکوپی در دمای نگهداری توسعه نمی یابند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶- احتیاطات ایمنی :

۶-۱- تعداد زیادی از انواع مختلف سنگها وقتی تحت بارگذاری فشاری تا شکست سنگ قرار می گیرند بطرز شدیدی می شکندند. لذا یک دیواره حفاظتی برای جلوگیری از مجروح شدن توسط قطعات سنگ پرتاب شده دور نمونه آزمایشی بایستی قرار گیرد. دماهای بالا خطر اتصال الکتریکی و آتش سوزی را افزایش می دهد.

۷- نمونه گیری

۷-۱- نمونه باید از مغزه هایی انتخاب شود که نمایانگر خواص میانگین صحیحی از نوع سنگ مورد نظر باشد. با مشاهده مستقیم ساختمان کانیها، اندازه و شکل ذرات، چسبندگی ها و خرابی ها مثل حفرات و شکافها یا با روش های دیگر مثل اندازه گیری های سرعت موج اولتراسونیک انجام می گیرد.

۸- نمونه های آزمایش

۸-۱- آماده سازی نمونه : نمونه های آزمایش را بر اساس دستورالعمل D ۴۵۴۳ آماده نمایید.

۸-۲- شرایط رطوبتی نمونه در زمان انجام آزمایش روی تغییر شکل نمونه می تواند اثر مشخصی داشته باشد. در اجرای درست آزمایش اصولاً نکید می شود که آزمایشهای آزمایشگاهی بر روی نمونه های با همان رطوبت در محل انجام شود. بنابراین باید شرایط رطوبت طبیعی نمونه تا لحظه آزمایش حفظ شود. از طرف دیگر ممکن است دلایلی برای انجام آزمایش در رطوبتهای دیگر مثل صفر وجود داشته باشد. در هر صورت رطوبت نمونه آزمایشی باید به عنوان یک مسئله مدنظر باشد و با توجه به بند ۳-۱-۱ گزارش می شود. اگر رطوبت نمونه تعیین شده است روند ارائه شده در روش آزمایشی D ۲۲۱۶ را دنبال کنید.

۸-۳- اگر رطوبت نمونه حفظ شده باشد و دیواره حفظ دما به کنترل رطوبت مجهز نباشد نمونه را با استفاده از غشاء ارنجاعمی یا با اضافه کردن یک عجایق سیلیکونی یا پلاستیکی که دور نمونه را بپوشاند مجهز کنید.

۹- روش آزمایش

۹-۱- قابلیت حرکت آزادانه تکیه گاه کروی در جابش را قبل از هر آزمایش کنترل نمایید.

۹-۲- صفحه فشار پائینی را روی میله محرک یا پایه دستگاه بارگذاری قرار دهید. سطح باربر صفحه های فشار بالایی و پائینی و نمونه آزمایشی را خوب پاک کرده و نمونه آزمایشی را روی صفحه فشار پائینی قرار دهید. صفحه فشار بالایی را روی نمونه قرار داده و بطور مناسبی در یک خط قرار دهید. یک بار محوری کم تقریباً ۱۰۰ نیوتن بوسیله دستگاه بارگذاری برای نشستن مناسب قسمتهای بارگیری دستگاه ممکن است اعمال شود.

۹-۳- در موقع مناسب دیواره حفظ حرارت و دستگاه کنترل تغییر شکل را برای استفاده از دستگاه و سنسورها نصب کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۹- اگر آزمایش در دمای بالاتر باید انجام شود دما را با سرعت حداکثر $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ افزایش داده تا به درجه حرارت مورد نظر برسند. (توجه ۶) نمونه آزمایشی باید تحت نظر باشد تا موقعی که اطلاعات خروجی از دستگاه کنترل تغییر شکل ثابت شوند و دما برای حداقل سه قرائت در فواصل زمانی مساوی در پروده‌های بیش از ۳۰ دقیقه (۳ دقیقه برای آزمایش‌های انجام شده در دمای اتاق) به حالت تعادل برسند. پایداری تنها نشان‌دهنده تغییرات تأثیر ابزار معمول و واحد گرماده می‌باشد که بصورت یک قرائت ثابت تعریف شده است. قرائت‌های تغییر شکل اولیه را ثبت کنید. قرائت اولیه را برای آزمایش معادل صفر در نظر بگیرید.

توجه ۶: مشاهده شده است که برای بعضی انواع سنگها برای سرعت گرمایش بیش از $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ شکافهای ریزی بوجود می‌آید. متصدی دستگاه باید سرعت گرمادهی را طوری انتخاب کند که شکافهای ریز در آن سرعت تأثیر مهمی پدید نیاورد.

۵-۹- بار محوری را بطور مداوم و بدون لرزش افزایش دهید تا بار ثابت شود، کاهش باید به مقدار کرنش از پیش تعیین شده برسد. به گونه‌ای بار را افزایش دهید که در تمام مدت احتمال آزمایش سرعت کرنش یا سرعت تنش ثابت باشد. اجازه ندهید که سرعت تنش یا کرنش از مقدار انتخاب شده بیش از ۱۰ درصد تفاوت پیدا کند. سرعت تنش یا کرنش انتخابی باید یک نمونه مشابه را در فشار تک محوری در زمانی بین ۲۰ تا ۱۵ دقیقه بشکند. سرعت تنش یا کرنش انتخابی برای یک نوع سنگ ارائه شده باید برای تمامی یک سری از تحقیقات سازگار باشد. (توجه ۷) قرائت‌های تغییر شکل را در حداقل ۱۰ سطح بارگذاری که بطور مرتب در محدوده بارگذاری قرار دارند مشاهده و ثبت نمایید. ثبت مداوم اطلاعات در صورتی مجاز است که سیستم ثبت دقت و صحت مورد لزوم نبند ۵-۵ را دارا باشد.

توجه ۷: نتایج آزمایشاتی که توسط سایر محققین انجام شده نشان داده است که سرعت کرنش در حدود این محدوده‌ها مقادیر مقاومت و مدولتی را فراهم آورده که بطور منطقی عاری از تأثیرات بارگذاری سریع و با تولرانسه‌های محتمل قابل قبول می‌باشد. سرعتهای کرنش کمتر اگر در تحقیقات مورد نیاز باشد مجاز هستند. سیستم اندازه‌گیری کرنش (بند ۵-۵ را ببینید) باید در ارتباط با طولانی شدن مدت آزمایش سخت‌تر باشد. توجه ۸: بارگذاری یک نمونه با مقاومت بالا تا مرحله شکست در یک قاب بارگذاری که سختی بالانداشته باشد اغلب موجب شکست شدیدی می‌شود که باعث خرابی ابزار اندازه‌گیری تغییر شکل - کرنش می‌گردد.

۱۰- محاسبات:

۴-۱۰- کرنش محوری ϵ_a و کرنش جانبی ϵ_b بطور مستقیم از تجهیزات نشان‌دهنده کرنش و یا از محاسبه براساس قرائت‌های تغییر شکل بسته به نوع دستگاه یا نحوه بکارگیری ابزار بدست می‌آید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۱-۱۰ کرنش محوری ϵ_a را به شرح ذیل محاسبه کنید:

$$\epsilon_a = \frac{\Delta L}{L}$$

که در آن:

L = طول گیج محوری قبل از تغییر شکل اصلی

ΔL = تغییر در طول محوری اندازه گیر (منفی برای کاهش در طول)

توجه ۹: تنش‌ها و کرنشهای کششی بصورت مثبت بکار می‌روند. در صورت تمایل یک درخواست مطابقت با قرارداد علامت مثبت فشار ممکن است بکار رود. قرارداد علامت مورد قبول لازم است که بطور واضح در گزارش ذکر شود. فرمولهای ارائه شده برای تنش‌ها و کرنشهای مهندسی می‌باشند. در صورت تمایل تنش‌ها و کرنشهای واقعی ممکن است مورد استفاده قرار گیرند.

توجه ۱۰: اگر تغییر شکل ثبت شده در طی آزمایش شامل تغییر شکل دستگاه هم می‌شود کالیبراسیون مناسبی برای تغییر شکل دستگاه باید انجام گیرد. با جادادن یک استوانه فولادی که خواص الاستیک شناخته شده‌ای دارد در داخل دستگاه و مشاهده اختلاف تغییر شکل بین تغییر شکل مجموع و تغییر شکل استوانه فولادی در محدوده بارگذاری این کار قابل انجام است. تغییر شکل دستگاه از مجموع تغییر شکل در هر افزایش بارگذاری باید کاسته شود. برای رسیدن به تغییر شکلی از نمونه که از محاسبه کرنش محوری نمونه بدست می‌آید دقت این تصحیح باید با اندازه‌گیری تغییر شکل الاستیک یک استوانه از مواد دارای خواص الاستیک شناخته شده (غیر از فولاد) و مقایسه تغییر شکل‌های محاسبه شده بررسی شود.

۱-۱-۲ کرنش جانبی ϵ_1 را بصورت زیر محاسبه نمایید:

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta D}{D}$$

که در آن:

D - قطر اصلی قبل از تغییر شکل، و

ΔD = تغییر قطر (مثبت برای افزایش در قطر).

توجه ۱۱: تعداد زیادی از ترانس دیوسرهای محیطی، تغییر طول وتر و نه تغییر طول قوس را اندازه‌گیری می‌کنند. رابطه غیرخطی هندسی بین تغییر طول وتر و تغییر طول قطر باید برای بدست آوردن مقادیر دقیق کرنش جانبی مورد استفاده قرار گیرد.

۱۰-۲ - تنش فشاری در نمونه آزمایشی را از بار فشاری روی نمونه و مساحت مقطع عرضی اولیه محاسبه شده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بصورت زیر بدست آورید:

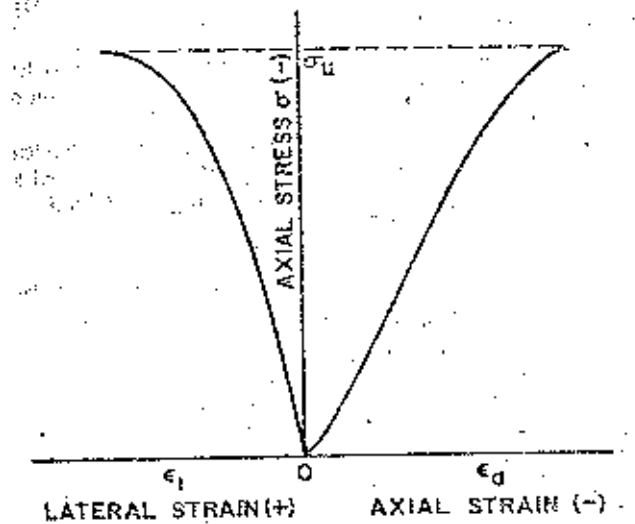
$$\sigma = \frac{P}{A}$$

که در آن:

σ = تنش،

P = بار، و

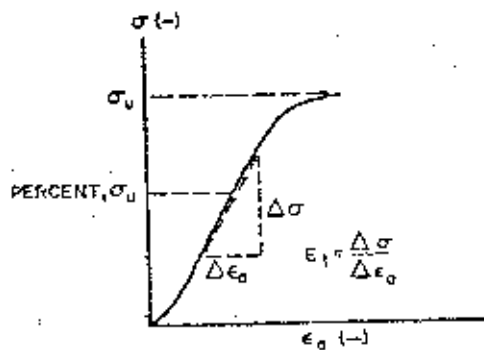
A = سطح مقطع اولیه نمونه است.



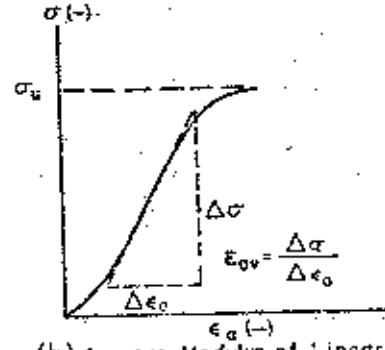
شکل ۱ - الگویی برای ارائه ترسیمی اطلاعات

۳- ۱۰ - منحنی تنش - کرنش برای جهت‌های محوری و جانبی را رسم نمایید. (شکل ۱) منحنی کامل بهترین توصیف از رفتار تغییر شکل سنگهای دارای رابطه تنش - کرنش غیرخطی در سطوح تنش پائین و بالا را بدست می‌دهد.

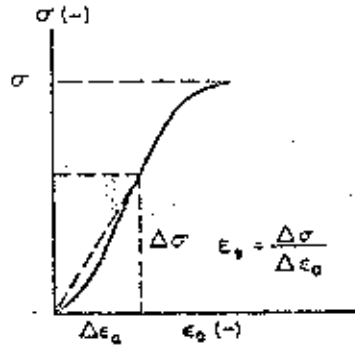
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



(a) Tangent Modulus Measured at a Fixed Percentage of Ultimate Strength



(b) Average Modulus of Linear Portion of Axial Stress-Strain Curve



(c) Secant Modulus Measured up to a Fixed Percentage of Ultimate Strength

شکل ۲ - روش‌های محاسبه مدول یانگ از منحنی تنش محوری - کرنش محوری

۴-۱۰ - مدول یانگ محوری E با استفاده از یکی چندین روش بکار رفته در کارهای مهندسی ممکن است محاسبه شود. روش‌های معمول در شکل ۲ بصورت زیر تشریح شده‌اند:

۴-۱-۱ - مدول مماسی در یک سطح تنش که با مقدار درصد معینی از مقاومت حداکثر (معمولاً ۵۰٪) مشخص می‌شود.

۴-۱-۲ - شیب متوسط قسمت کم‌و بیش خطی منحنی تنش - کرنش شیب متوسط محاسبه می‌شود یا با تقسیم تغییر تنش بر تغییر کرنش یا بوسیله روش کمترین مربعات خطی منطبق با اطلاعات تنش-کرنش در قسمت خطی منحنی بدست می‌آید.

۴-۱-۳ - مدول سکانت معمولاً از تنش خنفر تا مقدار درصد معینی از مقاومت حداکثر محاسبه می‌شود.

۴-۱-۵ - مقدار نسبت پواسون کاملاً متأثر از سطح تنش است، در سطوح تنش پائین در منحنی‌های تنش -

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

گرنش جانبی و محوری غیرخطی می باشد. پیشنهاد شده است که نسبت پواسون از معادله زیر محاسبه شود:

$$\nu = - \frac{\text{شیب منحنی محوری}}{\text{شیب منحنی جانبی}}$$

$$\nu = - \frac{E}{\text{شیب منحنی جانبی}}$$

در حالیکه شیب منحنی جانبی به همان روش ذکر شده در بند ۴ - ۱۰ برای مدول یانگ E باید تعیین شود. توجه به ۱۲ - مخرج معادله بند ۵ - ۱۰ مقدار منفی دارد اگر قرارداد علامت بطور مناسب بکار رود.

۱۱ - گزارش:

۱۱-۱ - گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

۱۱-۱-۱ - منشأ نمونه، شامل نام پروژه و محل (اغلب محل به شماره چاله و عمق نمونه از ستون چاه مشخص می شود)،

۱۱-۱-۲ - شرح مشخصات سنگ، نام تشکیلات و جهت بارگذاری با توجه به جنس و خواص سنگ،

۱۱-۱-۳ - رطوبت نمونه قبل از آزمایش،

۱۱-۱-۴ - قطر و ارتفاع نمونه مطابق با ابعاد مورد نیاز،

۱۱-۱-۵ - دمایی که آزمایش در آن انجام می شود،

۱۱-۱-۶ - سرعت بارگذاری یا سرعت تغییر شکل،

۱۱-۱-۷ - رسم منحنی های تنش - گرنش (شکل ۱)،

۱۱-۱-۸ - مدول یانگ E، روش تعیین آن بصورت شکل ۲ و سطح یا سطوح تنش تعیین شده،

۱۱-۱-۹ - نسبت پواسون، روش تعیین در بند ۵ - ۱۰، سطح یا سطوح تنش تعیین شده،

۱۱-۱-۱۰ - شرح فیزیکی ظاهری نمونه بعد از آزمایش شامل تاثیرات انتهایی قابل رویت مثل ترک خوردن، خورد شدن سنگ یا برش سطوح در تماس با صفحه های فشار،

۱۱-۱-۱۱ - اگر تجهیزات یا روش آزمایش از موارد این روش آزمایش تغییر داده شده است هر تغییر و دلایل آن باید مطرح شود.

۱۲ - صحت و خطا

۱۲-۱ - اطلاعات از طریق برنامه آزمایشی بین آزمایشگاهی برای خصوصیات سنگ، جهت تعیین صحت این

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

روش ارزیابی می شود.

۲-۱۲- از آنجا که مقدار استاندارد برای هر ثابت الاستیک که برای مقایسه با مقادیر تعیین شده بوسیله این روش آزمایش بتواند مورد استفاده قرار گیرد وجود ندارد خطا نمی تواند تعیین شود.

۱۳- لغات کلیدی

۱-۱۳- آزمایش فشاری، آزمایش های بارگذاری، مدل الاستیسیته، مدول، یا، بگ، سنگ

انديکس شکل و بافت ذرات



Designation: D 3398 - 87

Standard Test Method for Index of Aggregate Particle Shape and Texture¹

۱- مقدمه

۱-۱- این آزمایش برای تعیین اندیس ذرات مصالح شنی، بعنوان مجموع خصوصیات شکل و بافت ذرات بکار میرود.

۱-۲- مقادیر واحدها بر حسب (اینچ - پاند) استاندارد میباشد. واحدهای SI که در داخل پرانتز درج شده تقریبی است با استثناء اندازه الکها و اندازه سنگدانه ها (مشخصات E₁₁)

۱-۳- هنگام انجام این آزمایش ممکن است با مصالح زیان آور و یا وسائل غیر ایمن سرو کار داشته باشید که در این استاندارد به آنها اشاره ای نشده باشد. بنابراین تهیه و رعایت مسائل ایمنی و بهداشتی بعهده استفاده کنندگان از این روش میباشد.

۲- منابع مورد استناد

۲-۱- استانداردهای ASTM

- C 127 - آزمایش وزن مخصوص و جذب آب مصالح درشت دانه
- C 128 - آزمایش وزن مخصوص و جذب آب مصالح ریزدانه
- C 136 - آزمایش دانه بندی مصالح ریزدانه و درشت دانه
- C 702 - روش تقلیل نمونه های صحرائی به نمونه های آزمایشگاهی

D 75	- روش نمونه گیری مصالح
D 1883	- روش CBR آزمایشگاهی
D 3665	- روش نمونه گیری از مصالح ساختمانی
E 11	- مشخصات سیم و توری الکهای آزمایشی
	<u>۴- مشخصات و کاربرد</u>

۲- ۱- مقدار ضریب حاصل از این آزمایش معرف شکل دانه ها و خصوصیات بافت مصالح میباشد. این مقدار کمیته از شکل و خصوصیات بافت مصالح در اختیار قرار میدهد، که ممکن است در اجرای راهسازی و مخلوطهای روسازی راه موثر باشد. بکسک این آزمایش میتوان تاثیر این خصوصیات را بر روی تراکم و مقاومت خاکهای شنسی و مخلوطهای بتن آسفالتی، بخوبی نشان داد.

۴- وسائیل

۴- ۱- قالب های استوانه ای - قالبهای استوانه ای مورد استفاده در این آزمایش، بمنظور اندازه گیری فضای خالی می بایستی دارای قطر داخلی دقیق و همچنین مقاومت نسبی خوبی باشند و تحت شرایط کار (سخت) تغییر شکل ننهند. در جدول (۱) مشخصات لازم این قالبها باتوجه به اندازه سنگدانه ها درج شده است.

جدول - ۱ - مشخصات قالبهای استوانه ای

TABLE 1 Dimensions of Cylindrical Molds

Mold Designation ^{A, B}	Inside Diameter, in. (mm)	Inside Height, in. (mm)	Min Thickness of Metal, in. (mm)		For Testing Aggregate	
			Bottom	Wall	Passing, in. (mm)	Retained, in. (mm)
A	8.00 ± 0.01 (203.2 ± 0.2)	9.33 ± 0.01 (237.0 ± 0.2)	0.24 (6.1)	0.24 (6.1)	1½ (38.1)	1 (25.4)
B ^C	6.00 ± 0.01 (152.40 ± 0.2)	7.00 ± 0.01 (177.8 ± 0.2)	0.24 (6.1)	0.24 (6.1)	1 (25.4) ¾ (19.0)	¾ (19.0) ½ (12.7)
C	4.00 ± 0.01 (101.6 ± 0.1)	4.6 ± 0.01 (118.5 ± 0.2)	0.20 (5.1)	0.20 (5.1)	½ (12.7) ¾ (9.5)	¾ (9.5) No. 4 (4.75)
D	3.00 ± 0.01 (76.2 ± 0.2)	3.50 ± 0.01 (89.9 ± 0.2)	0.16 (4.1)	0.16 (4.1)	No. 4 (4.75) No. 8 (2.36)	No. 8 (2.36) No. 15 (1.18)
E	2.00 ± 0.01 (50.8 ± 0.2)	2.33 ± 0.01 (59.3 ± 0.2)	0.15 (3.8)	0.15 (3.8)	No. 16 (1.18) No. 30 (600 µm)	No. 30 (600 µm) No. 50 (300 µm)
					No. 50 (300 µm) No. 100 (150 µm)	No. 100 (150 µm) No. 200 (75 µm)

^A A cylindrical mold with a given designation must be used with the tamping rod having the same designation.

^B A mold designated for testing a given aggregate size fraction may also be used to test any smaller size fraction.

^C The mold labeled in Test Method D 1883 is the same size.

۴-۲ - کوبه های میله ای - انتهای این میله ها فولادی مطابق شکل (۱) بایستی گسرد (نیمه کروی) بوده و دارای غلاف فولادی مناسبی باشند تا ارتفاع سقوط کوبه بانسدادزه ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) دقیقاً کنترل گردد. مشخصات قطر و ارتفاع و جرم میله ها طبق جدول (۲) میباشد.

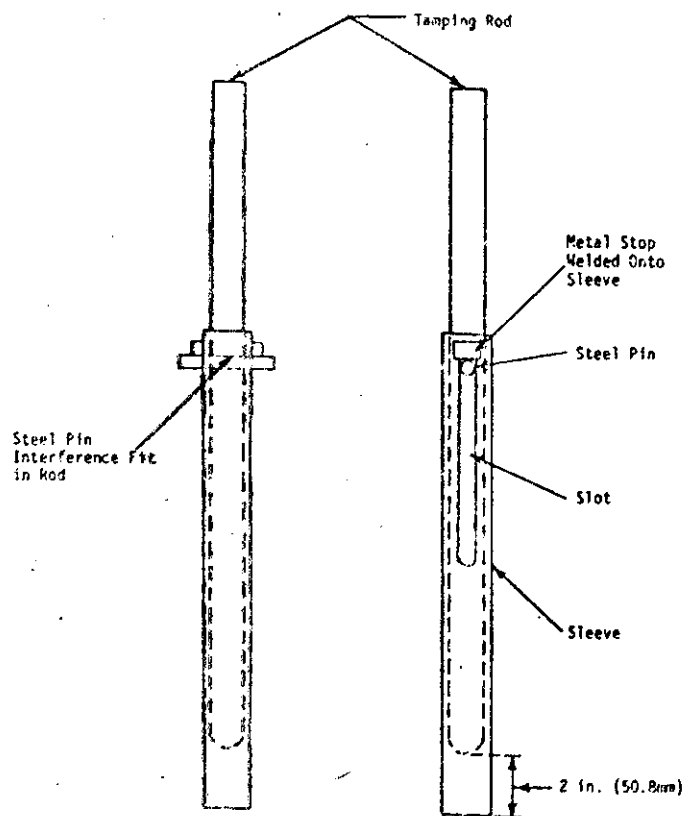


FIG. 1 Tamping Rod and Sleeve

شکل - ۱ - کوبه میله ای و غلاف

TABLE 2 Dimensions and Mass of Tamping Rods

Rod Designation ^A	Diameter, in. (mm)	Length, in. (mm)	Mass, g
A	0.83 ± 0.01 (21.2 ± 0.2)	32.0 ± 0.01 (814.0 ± 0.2)	2204 ± 10
B	0.63 ± 0.01 (15.9 ± 0.2)	24.0 ± 0.01 (610.0 ± 0.2)	930 ± 10
C	0.42 ± 0.01 (10.6 ± 0.2)	16.0 ± 0.01 (406.9 ± 0.2)	276 ± 3
D	0.31 ± 0.01 (7.9 ± 0.2)	12.0 ± 0.01 (306.0 ± 0.2)	116 ± 1
E	0.21 ± 0.01 (5.3 ± 0.2)	7.9 ± 0.01 (201.7 ± 0.2)	34 ± 0.5

^A A tamping rod with a given designation must be used with a mold having the same designation.

جدول - ۲ - ابعاد و جرم کوبه های میله ای

۴-۲- ترازو - يك ترازو با حداقل ظرفیت ۱۵ کیلوگرم و حساسیت ۲ گرم یا کمتر با دقت ۴ گرم یا کمتر .

۵- کالیبراسیون قالب

۵-۱- حداقل دوبار حجم قالب را برحسب میلی لیتر بشرح ذیل اندازه گیری نموده و میانگین اعداد را بعنوان حجم قالب در محاسبات درصد فضای خالی (۸-۲) بکار برید.

۵-۱-۱- قالب را در درجه حرارت اطاق با آب پر نموده و روی آنرا با صفحه شیشه ای مسدود ، بطوریکه آبهای اضافی و حباب های هوا حذف گردند.

۵-۱-۲- مقدار جرم آب داخل قالب را با دقت ۴ گرم (یا کمتر) اندازه گیری نمائید.

۵-۱-۳- درجه حرارت آب را تعیین کنید. مقدار حجم قالب از حاصل ضرب جرم آب ضربدر حجم مخصوص آب ، باتوجه به درجه حرارت و مطابق جدول (۴) بدست می آید.

TABLE 3 Aggregate Specimen Size for Test Using Various Molds

Mold Designation	Aggregate Specimen Size, lb (kg)
A	30 (13.6)
B	13 (5.9)
C	4 (1.8)
D	2 (0.9)
E	0.6 (0.3)

جدول ۳ - مقدار مصالح مورد آزمایش باتوجه به مشخصات قالب

TABLE 4 Specific Volume of Water at Different Temperatures^a

Temperature, °F(°C)	Specific Volume, mL/g
54 (12)	1.0005
57 (14)	1.0007
61 (16)	1.0010
64 (18)	1.0014
68 (20)	1.0018
72 (22)	1.0022
75 (24)	1.0027
79 (26)	1.0032
82 (28)	1.0038
86 (30)	1.0043
90 (32)	1.0050

^a Values other than those shown may be obtained from the Handbook of Chemistry and Physics, Chemical Rubber Publishing Co., Cincinnati, Ohio.

جدول ۴ - حجم مخصوص آب در درجات مختلف حرارت

۶- نمونه گیری

نمونه برداری مصالح مورد آزمایش بر طبق D 75 و D 3665 کاهش نمونه و تهیه
نمونه آزمایش به مقدار مورد نیاز بر طبق C 702 انجام میشود.

۷- آماده کردن نمونه آزمایش

۷-۱- آنقدر نمونه تهیه نمائید که جرم لازم برای پر کردن هر قالب (مطابق جدول ۲) و
متناسب با هر بخش از مصالح مورد آزمایش ، تامین گردد.
هر بخش از مصالح (سنگدانه های مانده بین دو الک متوالی) را وقتی مقدار آن ۱۰٪ یا
بیشتر است مطابق بند (۲-۷) مورد آزمایش قرار دهید.
۷-۲- بوسیله عمل دکانتاسیون^(۱) روی الک نمره ۲۰۰ و یا هر بخش از مصالح را روی الکی
کوچکتر از اندازه الک حد پائین مشخصات آن بخش از مصالح شستشو دهید.
شستشو مصالح و عمل دکانتاسیون را آنقدر ادامه دهید تا اینکه آب شستشو کاملاً بیرنگ
شود. باقیمانده مصالح داخل هر الک را با یکدیگر جمع ، سپس کل نمونه را تا وزن ثابت
در گرمخانه با درجه حرارت (5 ± 100) °F ± 230 خشک و مجدداً عمل الک کردن
و تفکیک مصالح را مطابق روش C 136 برای هر بخش زیر انجام دهید.

Passing	Retained
1 1/2 in. (37.5 mm)	1 in. (25.0 mm)
1 in. (25.0 mm)	3/4 in. (19.0)
3/4 in. (19.0 mm)	1/2 in. (12.7 mm)
1/2 in. (12.5 mm)	3/8 in. (9.5 mm)
3/8 in. (9.5 mm)	No. 4 (4.75 mm)
No. 4 (4.75 mm)	No. 8 (2.36 mm)
No. 8 (2.36 mm)	No. 16 (1.18 mm)
No. 16 (1.18 mm)	No. 30 (600 μm)
No. 30 (600 μm)	No. 50 (300 μm)
No. 50 (300 μm)	No. 100 (150 μm)
No. 100 (150 μm)	No. 200 (75 μm)

چنانچه مقدار دانه های عبوری از کوچکترین اندازه الک (سری الکها) بیشتر از ۱۰٪ هم
باشد ، لزومی به افزایش الک به سری الک های دانه بندی نیست .

۱- دکانتاسیون (Decantation) - پس از هم زدن مخلوط آب مصالح

آب روی مصالح را سرریز نمائید بطوریکه مصالح در داخل ظرف باقی بماند.

۷-۲- بعد از اینکه مقدار قابل توجه ای مصالح برای هربخش مورد آزمایش الك گردید وزن مخصوص حقیقی هربخش از مصالح به تفکیک، طبق روشهای C 127 و C 128 (هر کدام کاربرد داشت) مورد آزمایش قرار می گیرد.

نکته قابل توجه آن است که برای خشک کردن سطح ریزدانه های اشباع شده مصالح طبق روش C 128 لازم است از حواله کاغذی با سطح سخت استفاده شود بطوریکه در نهایت اثر رطوبت بر روی حوله کاغذی تازه ، مشاهده نشود.

تبصره - ۱ - روش قالب استاندارد ، جهت اندازه گیری مصالح ریزدانه اشباع با سطح خشک طبق روش C 128 برای مصالح یک اندازه مناسب نمی باشد، بعنوان مثال ، مصالح گرد گوشه با اندیس ذرات کم ، بصورت مخروط (پس از قالب گیری) در هیچ شرایط رطوبت پابرجا نمی ماند.

۸- اندازه گیری فضای خالی (Voids)

۸-۱- درصد فضای خالی ، برای هربخش از مصالح ، که قبلاً در گریخانه خشک شده است با دو مقدار انرژی تراکم متفاوت بشرح توصیف شده در این قسمت اندازه گیری میشود برای اینکار ابتداء هربخش از مصالح را با ۱۰ ضربه بازاء هر لایه بوسیله کوبه میله ای - متراکم می کنند سپس بر روی همان مصالح عمل تراکم با ۵۰ ضربه بازاء هر لایه انجام میشود.

* لازم به توجه و تذکر : است که عمل تراکم با ۱۰ و یا ۵۰ ضربه بر روی هربخش از مصالح بمنظور دقت بیشتر در هر مرحله دوبار انجام و میانگین نتایج مورد محاسبه قرار میگیرد.

۸-۲- قالب استوانه ای را بر روی سطح بتنی قرارداده و مصالح را در سه لایه در قالب بریزید برای اینکار ابتدا مصالح را از کمترین ارتفاع به آرامی داخل قالب استوانه ای بریزید تا تقریباً یک سوم (۱/۳) آن پر شود سطح دانه های داخل قالب را با انگشت صاف نمائید و بکمک کوبه میله ای ۱۰ ضربه به سطح مصالح بزنید . برای انجام این عمل کوبه را بصورت عمودی بر روی سطح لایه قرار دهید بطوریکه انتهای گرد میله کوبه ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) از سطح آن فاصله داشته باشد (برای ثابت ماندن میله در این ارتفاع بر روی دستگاه مطابق شکل (۱) وسائلی پیش بینی شده است) . میله را بدون فشار به حالت آزاد رها کنید . پس از انجام ۱۰ ضربه ، لایه دوم را با اندازه دو سوم (۲/۳) قالب بریزید و سطح مصالح داخل قالب را صاف و عمل تراکم را با ضربه انجام

دهید . در مرحله سوم باقیمانده قالب را با مصالح پر کنید (لایه سوم) . سطح آن را صاف و تراکم با ۱۰ ضربه را انجام دهید . سپس سطح مصالح را تا لبه قالب مسطح و در صورت وجود فضای خالی دانه ها را با دست در آن قرار دهید . و بالاخره وزن مصالح را با دقت حداقل ۴ گرم توزین نمائید .

۸-۱-۲- آزمایش را برای تعیین وزن مصالح مجدداً مطابق بند (۸-۱-۱) - (۸-۱-۲) تکرار کنید و عدد میانگین را برای محاسبه درصد فضای خالی در ۱۰ ضربه (برای هر بخش) یادداشت نمائید .

۸-۱-۳- آزمایش با انرژی تراکم بیشتر مطابق بند (۸-۱-۱) و (۸-۱-۲) انجام گردد با این تفاوت که تراکم هر لایه بکمک کوبه میله ای با ۵۰ ضربه انجام شود در این حالت هم ، آزمایش دوبار تکرار میگردد و میانگین نتایج برای هر بخش از مصالح در نظر گرفته خواهد شد .

۸-۲- درصد فضای خالی با زاء ۱۰ ضربه بهر لایه و ۵۰ ضربه بهر لایه از رابطه زیر محاسبه میشود .

$$V_{10} = \left[1 - \frac{M_{10}}{S.V} \right] \times 100$$

$$V_{50} = \left[1 - \frac{M_{50}}{S.V} \right] \times 100$$

که در این روابط :

- V_{10} فضای خالی مصالح کوبیده شده هر بخش با زاء ۱۰ ضربه برای هر لایه
- V_{50} فضای خالی مصالح کوبیده شده هر بخش با زاء ۵۰ ضربه برای هر لایه
- M_{10} میانگین وزن مصالح کوبیده شده داخل قالب با زاء ۱۰ ضربه برای هر لایه gr
- M_{50} میانگین وزن مصالح کوبیده شده داخل قالب با زاء ۵۰ ضربه برای هر لایه gr

S وزن مخصوص حقیقی خشک هر بخش از مصالح

V حجم قالب استوانه ای

۹- اندیس ذرات

۹-۱- اندیس ذرات I_d برای هر بخش از مصالح از نمودار شکل (۲) و یا بکمک رابطه زیر محاسبه میشود .

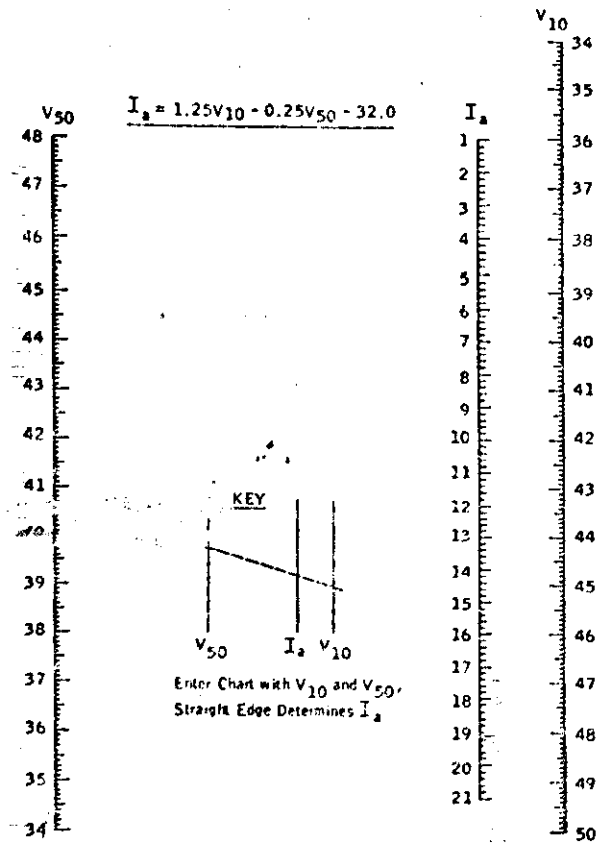


FIG. 2 Chart for Determining Particle Index (I_a)

شکل ۲ - نمودار تعیین اندیس ذرات (I_a)

۹-۲- پس از تعیین اندیس ذرات هر بخش از مصالح ، باتوجه به دانه بندی مصالح (نمونه اولیه یا ترجیحا "نمره ائیکه واقعا" در اجراء بکار میرود) این اعداد را نسبت به درصد مصالح هر بخش اصلاح نمایند.

در جدول (۵) شالی جهت روشن شدن مطلب آمده است . این جدول میتواند الگوشی برای کارهای آزمایشگاهی و گزارش هم باشد.

هرگاه بخشی از مصالح (باتوجه به دانه بندی) کمتر از ۱۰٪ باشد . برای این بخش اندیس ذرات تعیین نمیشود بلکه میانگین عدد اندیس ذرات بخش درشت تر و ریزتر آن (بخشهای بلافاصله در صورتیکه وجود داشته باشند) محاسبه و بجای عدد اندیس ذرات آن بخش (کمتر از ۱۰٪) گزارش میشود. در صورتیکه روش فوق عملی نبود، اندیس ذرات درشتتر یا اندیس ذرات ریزتر بخش بلافاصله بجای آن منظور میگردد.

۱۰- دقت و خطا

چون این آزمایش بیشتر برای کارهای تحقیقاتی بکار می‌رود و مواد مرجع نیز وجود ندارد، محاسبه خطا و دقت برای آن تعیین نشده است.

جدول ۵- شالی جهت محاسبه اندیس ذرات کل مصالح

اندازه الك مانده عبوری	دانه بندی مصالح %	اندیس ذرات برای هر بخش	اندیس ذرات هر بخش × درصدانه بندی
			۱۰۰
اینچ ۲/۴	اینچ ۱/۴	۱۷/۲ ^A	۰/۵
" ۱/۴	" ۳/۸	۱۷/۲ ^B	۷/۲
" ۳/۸	نمره ۴	۱۵/۸ ^B	۵/۷
نمره ۴	" ۸	۱۵/۲ ^C	۱/۱
" ۸	" ۱۶	۱۴/۶ ^B	۱/۵
" ۱۶	" ۳۰	۱۴/۶ ^A	۰/۲
	۱۰۰		۱۶/۲

۸- برای این بخش که کمتر از ۱۰٪ است از عدد اندیس ذرات بخش بعدی استفاده شده است.

۹- اندیس ذرات برای این بخش تعیین شده است.

۱۰- از میانگین اعداد اندیس ذرات الك نمره ۱ تا ۱۶ و ۳/۸ تا نمره ۴ برای مقدار کمتر از ۱۰٪ استفاده شده است.

ASTM: D 3441 - 86

روش استاندارد آزمایش مربوط به آزمایش نفوذ مخروط اصطکاکی و مخروط شبه استاتیک، عمیق در خاک

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش باری انتهای و اصطکاکی اطراف، اجزاء مقاومت نفوذ که در اثنای نفوذ کند بکنواخت میله نوک‌داری بداخل خاک تعمیم می‌یابد، را تعیین می‌کند. این روش آزمایش بعضی اوقات آزمایش مخروط هلندی^(۱)، یا آزمایش نفوذ مخروط نامیده می‌شود و اغلب به CPT خلاصه می‌گردد.

۱-۲- این روش آزمایش شامل استفاده از انواع الکتریکی و مکانیکی پنترومترهای مخروطی و مخروط اصطکاکی می‌گردد. شامل تفسیر اطلاعات نمی‌شود. همچنین متضمن جنبه‌های پنترومترهای جای کم عمق نیز می‌شود، اما شامل جزئیات ساخت پنترومتر، محل، اندازه‌گیری، یا تفسیر اطلاعات نمی‌شود.

توجه ۱ - استاندارد اروپائی برای CPT همانطوریکه در شکل ۳ نشان داده شده است نوک طرح استاندارد ای راست گوشه را مورد استفاده قرار می‌دهد، بطوریکه آزمایش معرف آنها، در برابر سایر CPT ها می‌تواند مورد مقایسه قرار گیرد.

۱-۳- پنترومترهای مکانیکی از نوع شرح داده شده در این روش بطور مرحله‌ای عمل می‌کنند، با کاربرد نوک پنترومتر تلسکوپی، در اثنای اندازه‌گیری اجزاء مقاومت، هیچ حرکتی از میله‌های فشار حاصل نمی‌شود. قیده‌های سطح برای پنترومترهای مکانیکی مانع از جدائی کامل اجزاء باری انتهای و اصطکاکی جانبی می‌شود. پنترومترهای الکتریکی بطور مستند بیش مکرر و اندازه‌گیری جداگانه هر دو جزء را می‌تواند می‌سازد. اختلافات در روش پیش‌روی بین نوک‌های پنترومتر مخروط امکان دارد در یکی یا هر دو جزء مقاومت اختلافات قابل توجهی را بیار آورد.

۱-۴- این استاندارد ممکن است موارد غمگینات، و ابزار پرخطر را بکار برد. این استاندارد تمام موارد ایمنی تکنیک مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند، استفاده‌کننده از این استاندارد مسئولیت دارد تا اصول ایمنی و صحت را رعایت کند و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص کند.

1 - Dutch Cone Test

شرکت سهامی رمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲- تعاریف

۲-۱- مخروط - سر مخروطی شکل نوک پنترومتر که بر روی آن مقاومت باریبری انتهایی تعمیم می یابد.

۲-۲- پنترومتر مخروطی - وسیله ای بشکل میله ای استوانه ای با سری مخروطی برای نفوذ در خاک و سنگ . و برای اندازه گیری جزء باریبری انتهایی مقاومت نفوذ می باشد.

۲-۳- مقاومت مخروط یا مقاومت باریبری انتهایی، q_c - مقاومت تعمیم یافته در مقابل نفوذ توسط مخروط معادل با نیروی قائم اعمال شده به مخروط تقسیم بر مساحت طرح شده افقی آن می باشد.

۲-۴- سونداز مخروط - مجموعه کامل از آزمایشهای نفوذ، هنگامی کاربرد پنترومتر مخروطی در یک محل انجام می شود.

۲-۵- پنترومتر الکتریکی - پنترومتری که تبدیل کننده های نیروی الکتریکی قرار گرفته داخل نوک پنترومتر غیرتلسکوپی را برای اندازه گیری اجزاء مقاومت نفوذ در محدوده نوک را مورد استفاده قرار می دهد.

۲-۶- پنترومتر مخروط اصطکاکی - پنترومتر مخروطی با قابلیت اندازه گیری اضافی جزء اصطکاکی جانبی محل مقاومت نفوذ.

۲-۷- سونداز مخروط اصطکاکی - مجموعه کامل از آزمایشهای نفوذ انجام شده در محل و شبکه پنترومتر مخروط اصطکاکی مورد استفاده قرار می گیرد.

۲-۸- نسبت اصطکاکی، R_f - نسبت مقاومت اصطکاکی به مقاومت مخروط، $\frac{f_s}{q_c}$ بر حسب درصد بیان می شود.

۲-۹- مقاومت اصطکاکی، f_s - مقاومت نسبت به نفوذ با اسلیو اصطکاکی ظاهر می شود، معادل با نیروی قائم اعمال شده به اسلیو تقسیم بر مساحت سطح آن می باشد. این مقاومت، مجموع مقاومت اصطکاکی و چسبندگی می باشد.

۲-۱۰- اسلیو اصطکاکی - بخشی از نوک پنترومتر که روی آن مقاومت اصطکاکی اطراف محل آشکار می گردد.

۲-۱۱- میله های داخلی - میله هایی که داخل میله های فشار سر می خورد تا نوک پنترومتر مکانیکی جمع شود.

۲-۱۲- پنترومتر مکانیکی - پنترومتری که یک سری از میله های داخلی را مورد استفاده قرار می دهد تا نوک پنترومتر تلسکوپی را بکار اندازد و اجزاء مقاومت نفوذ را به سطح برای اندازه گیری انتقال دهد.

۲-۱۳- نسوک پنترومتر - بخش انتهایی پنترومتر که عناصر فعال مقاومت خاک را احساس می کند، مخروط و در مورد پنترومتر مخروط اصطکاکی، اسلیو اصطکاکی را شامل می گردد.

شرکت سهام آزمايشگاه فني و مكانيك خاك

۲- ۱۳- ۱- پحيث - الحاق پنترومتر به نوک پنترومتر الكتريكي، اندازه گيري فشار آب حفره اي، در اثنا و بعد از متوقف کردن نفوذ نوک، را ميسر مي سازد. يك پنترومتر شامل يك پيزومتر است كه به عنوان پنترومتر مخروط فشار يا دقيقاً مخروط فشار شناخته مي شود.

۲- ۱۴- سونداژ پيزوكن - مجموعه كامل از آزمايشهاي نفوذ انجام شده در يك محل هنگاميكه پنترومتر پيزوكن مورد استفاده قرار مي گيرد.

۲- ۱۵- ميله هاي فشار - لوله هاي جدار ضخيم، يا ساير ميله هاي مناسب براي پيشروي نوک پنترومتر به عمق مورد نياز آزمايش، مورد استفاده قرار مي گيرد.

۳- ۱- اهميت و کاربرد

۳- ۱- ۱- اين روش آزمايش اطلاعات مربوط به خواص مهندسي خاك را بمنظور كمك به طرح و ساخت كارهاي خاكي و شالوده ها براي سازه ها را تكميل مي كند.

۳- ۲- اين روش آزمايش خاك را در محل آزمايش مي كنيد و نمونه هاي خاك را بدست نمي آورده، تفسير نتايج از اين روش نياز به شناخت انواع خاك، مورد نفوذ قرار گرفته، دارد. مهندسين معمولاً اين اطلاعات را از روش نمونه گيري خاك و گمانه هاي مشابه بدست مي آورند، اما تجربه يا اطلاعات قبلي مي تواند از نياز به گمانه زني جلوگیری نمايد.

۳- ۳- مهندسين غالباً نتايج آزمايشهاي بوسيله اين روش آزمايش را با نتايج آزمايشگامي يا ساير انواع آزمايشهاي صحرائي، يا مستقيماً با كار ارتباط مي دهند. دقت نچنين ارتباط هائي با نوع خاك مورد بحث تغيير مي كند. مهندسين معمولاً در داوري اين دقت بر تجربه محلي تكيه مي كنند.

۳- ۴- بيشر مهندسين بوسيله تجربه در ساحل همچنين دريافته اند كه اين روش آزمايش براي استفاده در ساحل مناسب مي باشد.

۴- دستگاهها

۴- ۱- كلي

۴- ۱- ۱- مخروط - مخروط بايد نوکي به زاويه ۶۰ درجه و پايه اي به قطر $16/0 + 06/4$ اينچ (۴ ± ۳۵/۷ ميلي متر)، در نتيجه مساحت پيشنهادي $1/55$ اينچ مربع (۱۰ سانتی متر مربع) دارا باشد. نوک مخروط بايد شعاعي کمتر از $\frac{1}{8}$ اينچ (۳ ميلي متر) دارا باشد.

توجه ۲- نوک هاي مخروط با مساحت هاي انتهائي بزرگتر مي تواند مورد استفاده قرار گيرد تا حساسيت بديان اندازه گيري در خاكهاي ضعيف را افزايش دهد. تجربه با نوک هاي الكتريكي با سطح انتهائي بين $0/78$ اينچ مربع (۵ سانتی متر مربع) و $3/10$ اينچ مربع (۲۴ سانتی متر مربع) نشان داده است كه آنها اطلاعات مشابه يا سطح استاندارد $1/55$ اينچ مربع (۱۰ سانتی متر مربع) را ارائه مي دهد مشروط بر اينكه همان هندسه نوک را نگاهدارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اندازه‌های نوک مخروط در این جدول تغییرات می‌تواند برای شرایط ویژه مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر اینکه مساحت اسلیو اصطکاکی و نوک مخروط یادداشت شود.

۴-۱-۲- اسلیو اصطکاکی دارای قطر خارجی $0/00$ تا $0/024$ اینچ $(0/00$ تا $0/5$ میلی متر) بهمان اندازه قطر پایه مخروط (بند ۴-۱-۱ را نگاه کنید) می‌باشد. هیچ قسمت دیگر از نوک پنترومتر نباید غیر از قطر اسلیو طرح شود. مساحت سطح اسلیو باید $23/2$ اینچ مربع $(150$ سانتیمتر مربع) باشد.

۴-۱-۳- فولاد - مخروط و اسلیو اصطکاکی باید از فولاد با سختی و نوع مناسب ساخته شود تا در برابر فرسودگی ناشی از سایش خاک مقاومت کند. اسلیو اصطکاکی را باید با استفاده از زبری 20 میکرواینچ $(0/5$ میکرومتر) AA بدست آورد و نگاهداری کرد.

۴-۱-۴- میله‌های فشار - از فولاد مناسب ساخته شده است، این میله‌ها باید دارای بخش مناسبی باشد تا بدون تاب برداشتن فشار مورد نیاز را مطابق با پیش‌روی نوک پنترومتر نگهدارد. برای حداقل $1/3$ فوت $(0/2$ متر) بالای پایه یا در مورد پنترومتر مخروط اصطکاکی حداقل 1 فوت $(0/3$ متر) بالای رأس اسلیو اصطکاکی نباید قطر خارجی بزرگتر از قطر پایه داشته باشند. هر میله فشار باید همان قطر داخلی ثابت را دارا باشد. آنها باید بیکدیگر پیچ گردند یا بسته شوند تا یکدیگر را تحمل کنند و رشته بهم پیوسته محکمی از میله‌ها با محوری ممتد، مستقیم را تشکیل دهد.

۴-۱-۵- میله‌های داخلی - پنترومترهای مکانیکی مجموعه جداگانه‌ای از فولاد یا آلیاژ فلزی دیگر، از میله‌های داخلی توی میله‌های فشار فولادی، نیاز دارند. میله‌های داخلی باید قطر داخلی ثابتی با زبری، به‌استثنای موج‌داری، کمتر از 10 میکرواینچ $(0/25$ میکرومتر) AA دارا باشد. آنها باید همان طول میله‌های فشار $(0/1 \pm$ میلی‌متر یا $0/04 \pm$ اینچ) و سطح مقطعی متساوی داشته باشد تا مقاومت مخروط را بدون تاب خوردگی یا خسارت دیگر انتقال دهند. بین میله‌های داخلی و میله‌های فشار باید بین $0/20$ و $0/40$ اینچ $(0/5$ و 1 میلی‌متر) بدون مانع باشد. (بند ۶-۸-۱ ملاحظه گردد)

۴-۱-۶- دقت اندازه‌گیری - ابزار اندازه‌گیری فشار را نگه دارید تا اندازه‌های فشار با اندازه $5 \pm \%$ مقادیر صحیح حاصل گردد.

توجه ۳- ابزار ویژه و ترجیحاً فراوانی ممکن است در محیط ساحلی مورد نیاز باشد تا این دقت و عملیات صحیح تمام سیستم‌های متحرک مورد بحث را مطمئن سازد.

۴-۲- پنترومترهای مکانیکی

۴-۲-۱- مکانیزم سرخوردن مورد لزوم در نوک پنترومتر مکانیکی باید حرکت بطرف پائین مخروط را حداقل $1/2$ اینچ $(0/5$ میلی‌متر) نسبت به میله‌های فشار میسر سازد.

۴-۲-۲- در ترکیب‌های معینی از عمق و مقاومت‌های نوک، فشار الاستیک میله‌های داخلی از حرکت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

در محیط طرف پائین که ماشین فشار می تواند به میله های داخلی نسبت به میله های فشار اعمال نماید، ممکن است تجاوز نماید. در این مورد نوک امتداد نخواهد یافت و قرابت های فشار بطور الاستیکی تا انتهای فشار ماشین بالا می رود و سپس هنگامیکه فشار یا میله های فشار تماس حاصل می نماید، بطور ناگهانی می جهد.

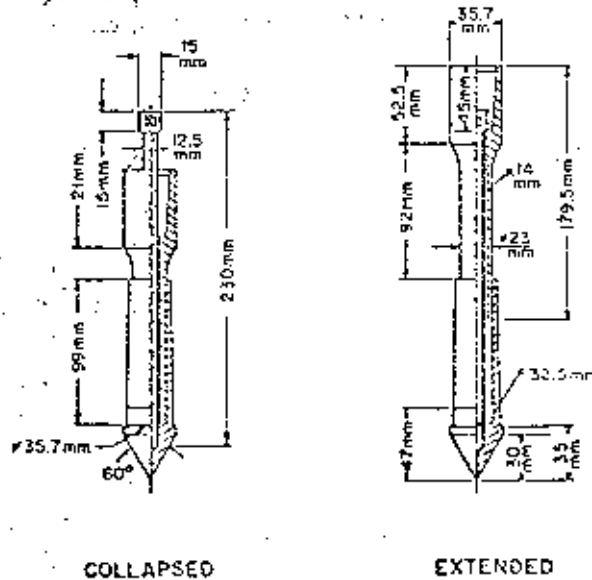
۴-۲-۲ - طرح نوک پترومتر مکانیکی باید متضمن حفاظت، در مقابل ورود خاک در مکانیزم لغزشی و تا از اجزاء مقاومت، (بند ۲-۲-۳ و توجه ۵ را نگاه کنید) باشد.

۴-۲-۳ - پترومتر مخروطی - شکل ۱ طرح و عمل یک نوک پترومتر مخروط مکانیکی را نشان می دهد. پوششی از فیلتر کاهش یافته، بالایی مخروط وصل می شود تا امکان آلودگی با خاک را در سیستم لغزشی به حداقل برساند.

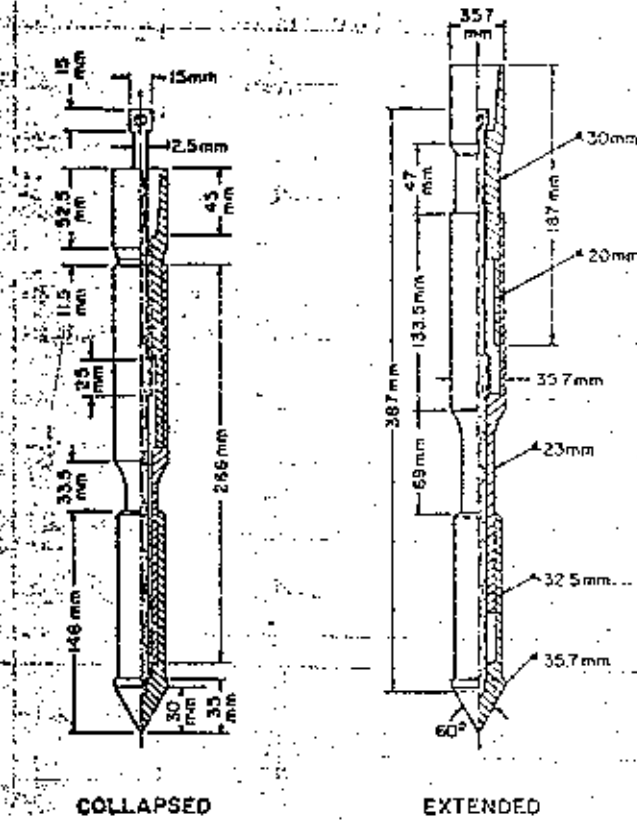
توجه ۵ - امکان دارد مقدار ناشناخته ای از اصطکاک اطراف در طول این پوشش گسترش یابد و شامل مقاومت مخروط گردد.

۴-۲-۴ - پترومتر مخروط اصطکاکی - شکل ۲ طرح و عمل یک نوک پترومتر مخروط اصطکاکی مکانیکی تلسکوپی را نشان می دهد. قسمت پائین تر نوک، شامل پوششی می باشد که با آن مخروط تماس می یابد، ابتدا پیش می رود تا اینکه پیچ به اسلیو اصطکاکی گیر کند و سپس هردو پیش می روند.

توجه ۶ - شانه در انتهای زیرین اسلیو اصطکاکی با مقاومت باربری انتهایی مواجه می شود. در ماسه ها باندازه دوسوم مقاومت اسلیو ممکن است شامل باربری این شانه باشد. این اثر را در رس های نرم تا متوسط نادیده بگیرد.



شکل ۱ - مثالی از نوک پترومتر مخروط مکانیکی (مخروط پوششی هلندی)



شکل ۲ - مثالی از نوک پنترومتر مخروط اصطکاکی مکانیکی (مخروط اصطکاکی بگمن)
 ۴-۲-۵ - ابزار اندازه گیری - مقاومت (های) نفوذ را در سطح با وسیله مناسبی مانند اندازه گیر نیروی
 هیدرولیکی یا الکتریکی یا حلقه اندازه گیر، اندازه گیری نمایند.

۴-۳-۳ - پنترومترهای الکتریکی

۴-۳-۱ - پنترومتر مخروطی - شکل ۳ یک طرح مربوط به یک نوک پنترومتر مخروط الکتریکی را نشان
 می دهد. مقاومت مخروط بوسیله یک تبدیل کننده نیرو متصل به مخروط اندازه گیری می شود. یک کابل الکتریکی
 یا سیستم مناسب دیگر گیرنده های تبدیل کننده را به یک سیستم ثبت اطلاعات انتقال می دهد. پنترومترهای
 مخروط الکتریکی باید پیش روی و ثبت ممتد در هر فاصله طول میله فشار را ممکن سازد.

۴-۳-۲ - پنترومتر مخروط اصطکاکی پائین اسلیو اصطکاکی نباید بیش از ۴/۱۰ اینچ (۱۰ میلی متر) بالای

تحرکات سهلیمی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بسیار مخروط باشند. همان مقررات مانند بند ۴ - ۳ - ۱ اعمال می شود. شکل ۴ یک طرح مربوط به یک نوک پنترومتر مخروط اصطکاک الکتریکی را نشان می دهد.

۴ - ۳ - ۳ - سایر پنترومترها - پنترومترهای الکتریکی ممکن است سایر اندازه گیریهای تبدیل کننده و یا بجای، اندازه گیر اسلیو اصطکاک را شامل گردد. معمولی ها شیب سنجها هستند که مسیر نوک را کنترل می کنند. (بند ۶ - ۳ را نگاه کنید) و پیزومترها که اطلاعات اضافی درباره چینه شناسی و رفتار خاک را فراهم می آورند. ۴ - ۴ - ماشین فشار - این ماشین باید حرکت ممتدی، بهتر است در فاصله ای بزرگتر از یک، طول میله فشار، را میسر سازد. ماشین باید نوک پنترومتر را با سرعت ثابتی پیش ببرد حال آنکه اندازه فشار مستلزم نوسانات می باشد (بند ۵ - ۱ - ۲ را نگاه کنید).

توجه سه ۷ - سونداژهای نفوذ عمیق معمولاً مستلزم قابلیت فشار حداقل ۵ تن (۴۵ کیلو نیوتن) می باشد. بیشتر ماشین های جدید پیستون های هیدرولیکی با ظرفیت فشار ۱۰ تا ۲۰ تن (۹۰ تا ۱۸۰ کیلو نیوتن) مورد استفاده قرار می دهند.

۴ - ۵ - ابزار واکنش - اجرای مناسب ماشین فشار استاتیکی واکنش استاتیکی، پایداری را نیاز دارد. توجه ۸ - نوع واکنش فراهم شده ممکن است بر مقاومت (های) نفوذ اندازه گیری شده بویژه در لایه های سطحی با نزدیک سطح اثر بگذارد.

۵ - روش آزمایش

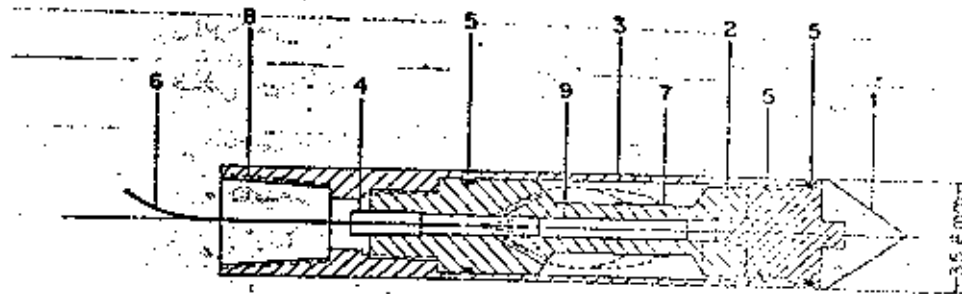
۵ - ۱ - کلی

۵ - ۱ - ۱ - ماشین فشار را، برای جهت فشاری تا حد امکان نزدیک به قائم برپا دارید.

۵ - ۱ - ۲ - سرعت نفوذ - در موقع یادست آوردن اطلاعات سرعت نفوذ عمقی از ۲ تا ۴ فوت بر دقیقه (۱۰ تا ۲۰ میلیمتر بر ثانیه) نگاهدارید. سایر سرعت های نفوذ ممکن است در بین آزمایشها مورد استفاده قرار گیرد.

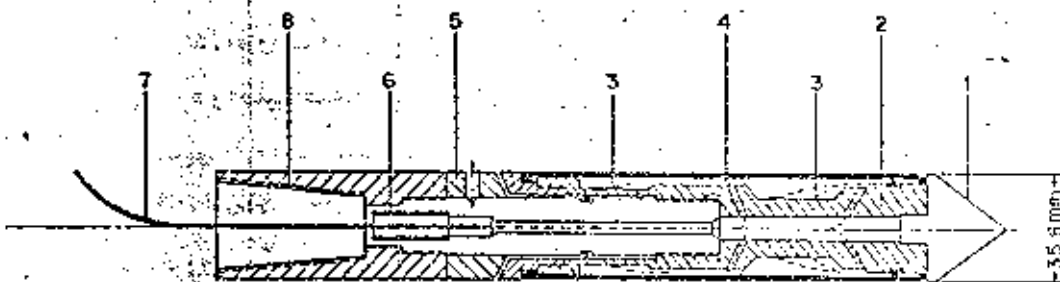
توجه ۹ - در موقع کاربرد مخروط اصطکاک مکانیکی، سرعت ۲ فوت بر دقیقه (۱۰ میلیمتر بر ثانیه) زمان مورد نیاز متصدی برای قرائت بموقع مفادیر مقاومت را تأمین می کند. سرعت ۴ فوت بر دقیقه (۲۰ میلیمتر بر ثانیه) برای قرائت مقاومت ساده در موقع استفاده از پنترومتر مخروط مکانیکی مناسب می باشد و عملیات مؤثر پنترومترهای الکتریکی را فراهم می آورد. استاندارد اروپائی ۴ فوت بر دقیقه (۲۰ میلیمتر بر ثانیه) را نیاز دارد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



- 1 Conical point (10 cm²)
- 2 Load cell
- 3 Protective marble
- 4 Waterproof bushing
- 5 O-rings
- 6 Cable
- 7 Strain gages
- 8 Connection with rods
- 9 Inclinometer

شکل ۳ - نوک پنترومتر مخروط الکتریکی



- 1 Conical point (10 cm²)
- 2 Load cell
- 3 Strain gages
- 4 Friction sleeve (150 cm²)
- 5 Adjustment ring
- 6 Waterproof bushing
- 7 Cable
- 8 Connection with rods

شکل ۴ - نوک پنترومتر مخروط اصطکاک الکتریکی

توجه ۱۰ - برای شرایط ویژه مانند اندازه‌گیری‌های فشار حفره‌ای سرعت‌های نفوذ کندتر یا سریعتر از سرعت استاندارد ممکن است مورد استفاده قرار گیرد. این مجاز می‌باشد مشروط بر اینکه سرعت واقعی مورد استفاده و دلیل جهت انحراف، روی گزارش آزمایش یادداشت شود.

توجه ۱۱ - فشارهای حفره‌ای ایجاد شده در امتداد حرکت و پیرامون مخروط نفوذ یا نوک پنترومتر مخروط

۱۲

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهای آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اصطکاک می تواند دارای اثر مهمی روی مقادیر اندازه گیری شده Q_c و I_s باشد. در کمک به ارزیابی چنین اثرات و فراهم نمودن اطلاعات اضافی درباره چینه شناسی و خواص مهندسی خاکهای مورد نفوذ، نوک های پیژوکن با قابلیت اندازه گیری فشار حفره ای هم زمان، مفید تشخیص داده شده است.

۵-۲- پنترومترهای مکانیکی

۵-۲-۱ - پنترومتر مخروطی - (۱) نوک پنترومتر را تا عمق مورد نیاز آزمایش با اعمال فشار کافی روی میله های فشار پیش ببرید، (۲) فشار کافی روی میله های داخلی اعمال نمائید تا نوک پنترومتر جمع شود (شکل ۱ را نگاه کنید). مقاومت مخروط را در نقطه ای ویژه (بند ۵-۲-۳ را نگاه کنید) در اثنای حرکت رو پائین میله های داخلی نسبت به میله های فشار ایستا، بدست آورید. مرحله (۱) را تکرار کنید. فشار کافی روی میله های فشار اعمال نمائید تا نوک جمع شده، پایین بیاید و به عمق آزمایش جدیدی پیش رود. با تکرار متوالی این دوره دو مرحله ای، اطلاعات مقاومت مخروط را در افزایش های عمق بدست آورید. این افزایش بطور معمول نباید از ۸ اینچ (۲۰۳ میلی متر) تجاوز نماید.

۵-۲-۲ - پنترومتر مخروط اصطکاک - این پنترومتر را همچنانکه در بند ۵-۲-۱ شرح داده شده است مورد استفاده قرار دهید اما در مقاومت را در اثنای تمدید مرحله (۲) باز شدگی نوک (شکل های ۲ و ۵ را نگاه کنید) تعیین کنید. ابتدا مقاومت مخروط را در اثنای مرحله مقدماتی تمدید بدست آورید. هنگامیکه قسمت پائین تر نوک درگیر می شود و اسلیو اصطکاک را پائین می کشد اندازه گیری ثانویه ای از مقاومت کل مخروط به علاوه اسلیو بدست آورید. تفریق مقاومت اسلیو را ارائه می دهد.

توجه ۱۲ - بعلاوه لایه ای بودن خاک در اثنای حرکت رو پائین اضافی مورد نیاز نوک، در تعیین اندازه اصطکاک مقاومت مخروط ممکن است تغییر کند.

توجه ۱۳ - اصطکاک خاک در امتداد اسلیو اضافه باری بر خاک بالایی مخروط وارد می کند و ممکن است مقاومت مخروط را بیش از مقاومت اندازه گیری شده در اثنای اولین مرحله امتداد بمقدار نامعلوم، اما احتمالاً بربمقدار کم، افزایش دهد. این اثر را نادیده بگیرد.

۵-۲-۳ - ثبت اطلاعات - در بدست آوردن اطلاعات قابل تجدید آزمایش مقاومت مخروط با اطلاعات آزمایش مقاومت اصطکاک در موقع کاربرد نوک مخروط اصطکاک فقط فزاینده های فشار که در نقطه بطور کامل تعریف شده ای در اثنای حرکت رو پائین رأس میله های داخلی نسبت به رأس میله های فشار اتفاق می افتد را ثبت کنید. بعلاوه تراکم ارتجاعی میله های داخلی (توجه ۴ را نگاه کنید)، این نقطه بطور عادی باید در کمتر از ۱/۵ اینچ (۲۵ میلی متر) حرکت نسبی ظاهری میله های داخلی نباشد. در موقع استفاده از پنترومتر مخروط اصطکاک، این نقطه درست پیش از اینکه مخروط، اسلیو اصطکاک را درگیر نماید باید باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ۱۴ - شکل ۵ یک نمونه از آنطوریکه فشار در اندازه گیر نیروی هیدرولیکی در اثنای جمع شدگی نوک مخروط اصطکاک می تواند تغییر کند را نشان می دهد. جهش در فشار را هنگامیکه مخروط اسلیو را درگیر می کند، یادداشت کنید.

۵ - ۲ - ۳ - ۱ - قرائت مقاومت اصطکاک بعلاوه مخروط را تا حد امکان بلافاصله بعد از جهش بدست آورید بطوریکه خطای شرح داده شده در شکل ۵ به حداقل برسد. متصدی نباید مقاومت اصطکاک بعلاوه مخروط را اگر گمان کند مقاومت مخروط بطور ناگهانی و غیرقابل پیش بینی در تغییر است را یادداشت کند مگر اینکه ثبت ممتدی مانند شکل ۵ مورد استفاده قرار گیرد.

۵ - ۳ - پنترومترهای الکتریکی

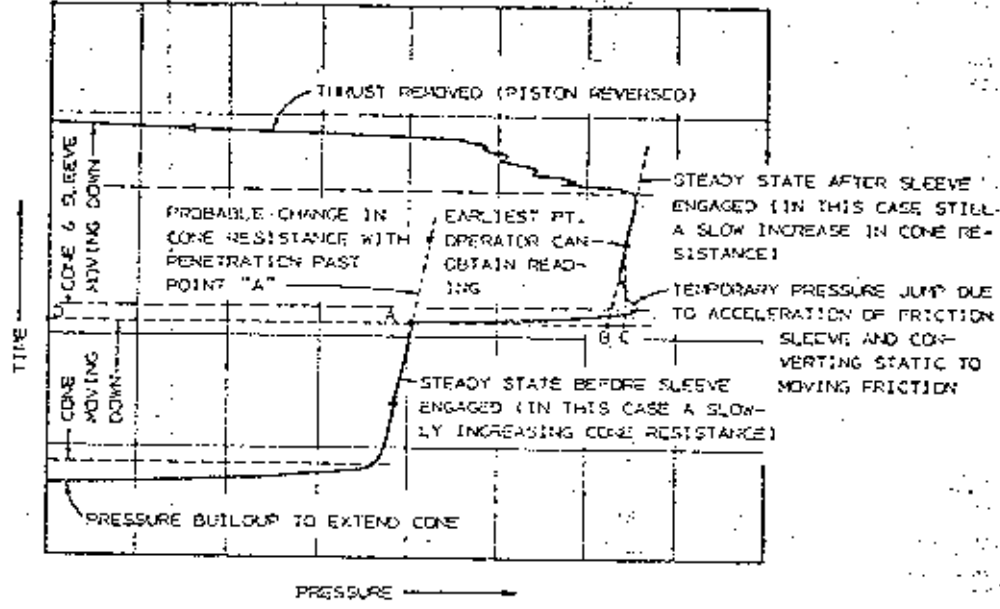
۵ - ۳ - ۱ - در صورتیکه کابل الکتریکی ممتد مورد استفاده قرار گیرد، آنرا از وسط میله های فشار عبور دهید. ۵ - ۳ - ۲ - قرائت (های) اولیه را با نوک پنترومتر بطور آزاد در هوا یا در آب آویزان، دور از تابش مستقیم نور خورشید یادداشت کنید و بعد از اولین نفوذ مختصر، حفره را آزمایش کنید بطوریکه دمای نوک نزدیک به دمای خاک باشد.

۵ - ۳ - ۳ - مقاومت مخروط یا مقاومت مخروط و مقاومت اصطکاک را بطور ممتد با عمق ثبت کنید یا آنها را در فواصل عمق که از ۸ اینچ (۲۰۳ میلی متر) تجاوز نکند یادداشت کنید.

۵ - ۳ - ۴ - در پایان سونداز، مجموعه ای نهائی از قرائت ها را مطابق بند ۵ - ۳ - ۲ تعیین کنید و آنها را در برابر مجموعه اولین قرائت ها کنترل کنید. سونداز را رها کنید، و اگر این کنترل برای دقت مورد نظر مربوط به جزء (اجزاء) مقاومت رضایت بخش نباشد نوک را تعمیر یا جایگزین نمایید.

۶ - احتیاط ها و تکنیک های ویژه

۶ - ۱ - کاهش اصطکاک در امتداد میله های فشار - هدف از کاهش اصطکاک افزودن قابلیت عمق پنترومتر می باشد و همانطوریکه در بند ۱ - ۳ ذکر شده است هیچ یک از اختلافات بین اجزاء مقاومت تعیین شده بوسیله نوک های مکانیکی و الکتریکی را کاهش نمی دهد. در انجام دادن کاهش اصطکاک، میله ویژه ای یا قطری بزرگ یا طرح هانی ویژه، بنام کاهش دهنده اصطکاک داخل ردیف میله های فشار یا بین میله های فشار و نوک لازم می گردد. روش مجاز دیگری در کاهش دادن اصطکاک، بکاربردن میله های فشار یا قطری کمتر از نوک می باشد. هنگام استفاده از مخروط با قطرهای استاندارد بند ۲ - ۱ - ۱، یک چنین طرح یا تغییرات در قطر مطابق بند ۲ - ۱ - ۴ باید در حدود ۱ فوت (۰/۳ متر) از پایه مخروط یا رأس اسلیو اصطکاک شروع نشود. برای سایر مخروط ها (توجه ۲ را نگاه کنید) کمتر از ۸ فوت (۲/۴ متر) استفاده قرار ندهید.



NOTE—"b-c" represents the correct cone resistance reading just before the pressure jump associated with engaging the friction sleeve during the continuing downward extension of the tip. "a-b" is the correct friction resistance if the friction sleeve could be engaged instantaneously and the cone plus friction resistance read instantaneously. However, the operator cannot read a pressure gage dial until it steadies, such as at point "c." By this forced wait, the operator has introduced a friction resistance error of "b-c." The operator must read the gage as soon as possible after the jump to minimize this error. Erratic or abrupt changes in cone resistance may make this error unacceptable.

شکل ۵ - تفسیر نمودار ثبت تغییرات در نیروی هیدرولیکی که فشار را در بالای میله‌های داخلی در ضمن نمونه‌ای از جمع شدن نوک پترو متر مخروط اصطکاکی مکانیکی اندازه گیری می کند

توجه ۱۵ - روش‌های غیر مکانیکی در کاهش دادن اصطکاک، مانند استفاده از گل حفاری روی نوک مجاز می باشد.

۲-۶ - جلوگیری از خم شدن میله بالای سطح - رانندگی میله لوله داری در پایه ماشین فشار با طول کافی مورد استفاده قرار دهید تا از خم شدن قابل توجه میله‌های فشاری بین ماشین و سطح زمین جلوگیری شود.
توجه ۱۶ - موقعیت‌های ویژه، مانند هنگام کار کردن داخل آب نیاز به سیستم ویژه‌ای از نگهداری لوله خواهد داشت تا به اندازه کافی کمی شدن لوله‌های فشار را محدود سازد.

۳-۶ - انحراف نوک - برای اطمینان نفوذ بیش از حدود ۰.۰۳ فوت (۱۲ متر) احتمالاً نوک از مسیر عمودی خارج خواهد شد. بعضی از اوقات تغییر جهت حتی در عمق کمتر اتفاق می افتد. با کاربرد میله‌های فشار که در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ابتدا مستقیم هستند و با حصول اطمینان مبنی بر آنکه نفوذ ابتدائی مخروط بداخل خاک گرفتار فشار جانبی است، اسی ناشی خواسته نمی شود تغییر جهت را کاهش دهید. عبور کردن از میان یا کنار مانعی مانند نخه سنگها، سنگالهای خاکی، لایه های نازک سنگ، یا لایه های متراکم شیب دار ممکن است نوک را انحراف دهد و وادار به تغییر جهت نماید. هرگونه نشانه هایی از مواجه شدن یا چنین مواعی را یادداشت کنید و برای احتمال عمل نامناسب بعدی نوک به عنوان نشانه ای از تغییر جهت دادن هوشیار باشید.

توجه ۱۷ - نوک های پنترومتر الکترونیکی نیز ممکن است شیب سنجی را با تغییر جهت صفحه نمایش یکی کند و موقعی که بیس از اندازه می شود هشدار دهد.

۴-۶ - فرسایش نوک - نفوذ بداخل خاکهای ساییده سرانجام نوک پنترومتر را می ساید یا صیقلی می دهد. نوک ها با قسمت های وابسته به آن که فرسایش، شکل هندسی یا زبری سطح آنها را تغییر دهد بطوریکه دیگر با شرایط بند ۴ - ۱ تطبیق ننماید، را دور بزنید. خراش های جزئی را نادیده بگیرید.

۵-۶ - فاصله بین مخروط و اسلیو اصطکاکی - مقاومت اصطکاکی اسلیو به خاک در فاصله ای بالای خاک، که در آن مقاومت مخروط در همان زمان بدست آمده، اعمال می گردد. هنگامیکه این مقاومت ها برای خاک در عمز ویژه ای متناهی می گردد، برای مثال هنگام محاسبه نسبت های اصطکاکی یا هنگام رسم این اطلاعات روی منحنی ها، مقدار مناسبی فاصله قائم بین پایه مخروط و میانه ارتفاع اسلیو اصطکاکی را اتخاذ نمائید.

۶-۶ - وقفه ها - برای مقاصدی مانند برداشتن پنترومتر و حفاری از میان لایه ها یا موانع خیلی محکم، در مقابل نفوذ استاتیکی، مهندس ممکن است مجبور شود تا پیش روی عادی نفوذ استاتیکی را قطع کند. اگر پنترومتر طوری شرح شود تا بطور دینامیکی بدون آسیب به عملکرد استاتیک یعنی اش پیشروی نماید (آنهايي که در اینجا شرح داده شده در شکل های ۱ تا ۴ این چنین طرح نشده اند) مهندس می تواند این قبیل لایه ها یا موانع را فرو گوید. تأخیرهای بیش از ده دقیقه بعثت مسائل کارکنان یا تجهیزات باید وقفه بحساب آورده شود. آزمایش نفوذ استاتیک بعد از یک وقفه مجاز می باشد مشروط بر اینکه انجام آزمایش اضافی مطابق با این استاندارد باقی بماند. فقط بعد از اینکه نوک از وسط منطقه دست خورده، تخمین مهندس ناشی از ماهیت و عمق وقفه می گذرد اطلاعات جزء مقاومت بعدی را تعیین کنید. بعبارت دیگر قرائت ها ممکن است بدون درآوردن اولین نفوذ نوک اضافی ادامه داده شود و منطقه دست خورده از این اطلاعات ارزیابی می شود. آنگاه اطلاعات داخل منطقه دست خورده را نادیده بگیرید.

توجه ۱۸ - وقفه سونداژ پیروکن بعد از یک فشار، مهندس را مجاز می دارد تا حذف فشار آب حفره ای اضافی مثبت یا منفی را امتحان نماید.

۶-۷ - زیر یا نزدیک به گمانه ها - سونداژ مخروط یا مخروط اصطکاکی از ۲۵ برابر قطر گمانه

لوله گذاری نشده خاکریزی نشده موجود، نباید نزدیکتر اجرا شود. هنگامیکه در نه گمانه ای اجرا می شود، مهندس باید عمق زیر گمانه منطقه دست خورده را تخمین بزند و اطلاعات آزمایش نفوذ در این منطقه را نادیده بگیرد. عمق ممکن است از یک تا پنج برابر قطر متغیر باشد. چنانکه مهندس با این تغییر پذیری تجربه کافی ندارد عمقی حداقل ۳ برابر قطر گمانه باید مورد استفاده قرار گیرد.

۶-۸- پترومترهای مکانیکی

۶-۸-۱- اصطکاک میله داخلی - ذرات خاک و خوردگی می تواند اصطکاک بین میله های داخلی و میله های فشار را افزایش دهد، امکان دارد منجر به خطاهای قابل توجهی در اندازه گیری های اجزاء مقاومت گردد. میله های داخلی را تمیز و روغنکاری نمائید.

۶-۸-۲- وزن لوله های داخلی - برای دقت اصلاح شده در مقادیر پائین مقاومت مخروط، اطلاعات فشار را تصحیح نمائید تا وزن جمع شده میله ها از نوک تا بالاترین میله را دربر گیرد.

۶-۸-۳- گیر کردن - ذرات خاک بین سطوح لغزش یا خمیدگی نوک هنگام کشش ها و فرو آمدن های متعدد نوک مکانیکی تلسکوپی ممکن است مکانیزم را گیر دهد. بمحض اینکه گیر کردن نادرست روی دهد سونداز را متوقف کنید.

۶-۹- پترومترهای الکتریکی

۶-۹-۱- درز بندی آب - آب بندی کافی برای تبدیل کننده های الکتریکی فراهم آورید. کنترل های دوره ای انجام دهید تا مطمئن شوید که هیچ آبی از درزها عبور نکرده است.

توجه ۱۹ - برخی از طرح های اسلیو نوک الکتریکی عکس العملی برای اثرات سطح پابانی هیدرواستاتیکی ندارند و نیاز به تصحیح کالیبراسیون دارند. تعیین کردن سطح پابانی خالص مخروط تحت فشار هیدرواستاتیک نیز به اندازه گیری کالیبراسیون هیدرواستاتیک نیاز دارد. سازنده نوک معمولاً می تواند این ثابت های تصحیح کالیبراسیون را تهیه کند. چنانچه خاک مورد آزمایش ضعیف تر شود اهمیت آنها افزایش می یابد.

۷- گزارش

۷-۱- نمودار مقاومت مخروط qc - هر گزارش از یک سونداز مخروطی باید شامل نموداری از تغییرات مقاومت مخروط (بر حسب واحد های تن یا کیلو پاسکال) با عمق (بر حسب فوت یا متر) باشد. مقادیر بی دربی آزمایش مقاومت مخروط از پترومترهای مخروط اصطکاک و مخروط مکانیکی، معمولاً در افزایش های مساوی عمق تعیین می شود و در عمق متناظر با عمق اندازه گیری نقطه گذاری می شود، می تواند با

شرکت ستهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خطوط مستقیم بعنوان تقریبی برای نموداری ممتد بهم وصل شوند.

۷-۲- پنترومتر مخروط اصطکاکی

۷-۲-۱- نمودار مقاومت اصطکاکی f_s - علاوه بر نمودار مقاومت مخروط (بند ۷-۱) گزارش می تواند شامل یک نمودار نزدیک با منطبق از مقاومت اصطکاکی با نسبت اصطکاک یا هر دو، با عمق باشد. همان مقیاس عمق در بند ۷-۱ را مورد استفاده قرار دهید (بند ۶-۵ را نگاه کنید).

۷-۲-۲- نمودار نسبت اصطکاک R_f - اگر گزارش شامل توصیف های خاک تخمین زده از اطلاعات پنترومتر مخروط اصطکاکی باشد، نموداری از تغییرات نسبت اصطکاک با عمق را پیوست نمایید. این نمودار را مجاور با نمودار مربوط به مقاومت مخروط قرار دهید، همان مقیاس عمق را بکار ببرید (بند ۶-۵ را نگاه کنید).

۷-۳- پنترومتر بیژوکن - علاوه بر شرایط گزارش بندهای ۷-۱ و ۷-۲، یک سونداز بیژوکن باید شامل نموداری موازی، با همان مقیاس عمق، از فشار آب حفره ای اندازه گیری شده در مدت نفوذ عمق باشد. منحنی زمان در مقابل فشار آب حفره ای اضافی در آن اعماقی که سونداز بیژوکن قطع می شود نیز می تواند رسم گردد. (نوجه ۱ را نگاه کنید).

۷-۴- کلسی - متصدی باید نام خودش، نام و محل کار، تاریخ سونداز، شماره سونداز، مختصات محل، و ارتفاع زمین و سطح آب (در صورت موجود) را یادداشت کند. گزارش همچنین باید شامل توضیحی در مورد نوع نوک پنترومتر مورد استفاده، نوع ماشین فشار، اطلاعات کالیبراسیون فشار و نوک، یا هر دو، هر تغییر میدا ملاحظه شد، روش مورد استفاده در تهیه نیروی واکنش، اگر کاهش دهنده اصطکاکی مورد استفاده قرار گرفته، روش پیش روی نوک، روش یادداشت کردن، وضعیت میله ها و نوک بعد از بیرون آوردن، هرگونه اشکالات ویژه یا سایر ملاحظات مربوط به عملکرد تجهیزات باشد.

۷-۵- انحرافات از استاندارد - گزارش باید بیان کند که طرز عمل های آزمایش مطابق با روش آزمایش ۳۴۴۱ (I) بوده است. هرگونه انحرافات از این روش آزمایش را بطور کامل شرح دهید.

۸- دقت و خطا

۸-۱- بعلت چندین متغیر پیچیده و نبودن استاندارد بهتری، مهندسين اطلاعات مستقیمی ندارند تا خطای این روش را تعیین کنند. قضاوت از مشاهده قابل تجدید آن در لایه های رسوبی تقریباً یکنواخت، بعلاوه اثرات اندازه گیری q_c و f_s از ابزار ویژه و دقت متصدی، اشخاص آشنا با این روش دقت آنرا بشرح زیر تخمین می زنند.

۸-۱-۱- نوک های مکانیکی - انحراف استاندارد ۱۰٪ در q_c و ۲۰٪ در f_s .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۱-۲- نوک الکتریکی - انحراف از استاندارد ۵۰٪ در ۹۵ و ۱۰٪ در ۱۵
توجه ۲۰ - این اطلاعات ممکن است مشابه با اطلاعات حاصل از نوک های مکانیکی نباشد (بند ۱-۳ را نگاه کنید).

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : D ۳۷۴۴ - ۸۵

روش استاندارد آزمایش شاخص دوام مصالح سنگی

۱- هدف

۱-۱- در این روش تعیین ضریب دوام مصالح سنگی شرح داده می شود. ضریب دوام محاسبه شده، مقاومت نسبی مصالح سنگی را در ایجاد ذرات ریز رس مانند زیان آورو فنی تحت تخریب به روش مکانیکی قرار می گیرند را مشخص می نماید.

۱-۲- واحدهای اندازه گیری:

۱-۲-۱- با توجه به ابعاد الک و اندازه مصالح سنگی که با الک های آزمایش معین می شود، واحد اینچ - پوند برای استفاده کننده مناسب است، اما مشخصه الک استاندارد که در پراکنش نشان داده می شود، براساس استاندارد E-۱۱ می باشد.

۱-۲-۲- با توجه به سایر واحدهای اندازه گیری، مقادیر نشان داده شده در پراکنش بمنظور اطلاع داده شده است.
۱-۳- انجام این استاندارد ممکن است موجب بروز خسارانی گردد. چون ذکر تمام جزئیات رعایت احتیاطات لازم برای جلوگیری از خسارات در این استاندارد ممکن نیست، استفاده کننده قبلاً باید با کارشناس بهداشت از این نظر مشورت نماید.

۲- اسناد مرجع:

۱-۲- استاندارد های : ASTM

C ۱۲۷ روش آزمایش وزن مخصوص و جذب مصالح سنگی درشت

C ۱۳۶ روش های تجزیه مکانیکی مصالح سنگی ریز و درشت با استفاده از الک

C ۷۰۲ روش کاهش نمونه های صحرایی مصالح سنگی براساس اندازه ذرات مورد آزمایش

D ۷۵ دستور انجام نمونه گیری از مصالح سنگی

D ۲۴۱۹ روش انجام آزمایش ارزش ماسه ای مصالح سنگی

E ۱۱ مشخصات الک تور سیمی برای انجام آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- خلاصه روش :

۳-۱- با این آزمایش می توان کیفیت مصالح سنگی را برای عملیات روسازی بسرعت معین نمود. بهم زدن مصالح سنگی در آب، مصالح را خرد کرده و مواد ریزدانه بوجود می آید، اساس این آزمایش تعیین مقاومت مصالح سنگی در برابر این پدیده می باشد. برای قسمت درشت و ریز مصالح سنگی دستورالعمل های جداگانه ارائه گردیده است.

۳-۲- بر طبق دانه بندی معین از مصالح سنگی درشت، نمونه تهیه می گردد و سپس در ظرف شستشوی مکانیکی، نمونه را به مدت ۲ دقیقه بهم زده و آنرا شستشو می کنیم. پس از خشک کردن و جدا کردن مواد ریزتر از الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)، نمونه شسته شده با دانه بندی آزمایش از آن آماده می کنیم.

۳-۳- نمونه آزمایش مصالح سنگی درشت را به مدت ده دقیقه در ظرف شستشوی مکانیکی بهم می زیم. آب شستشوی بدست آمده و ذرات ریز کوچکتر از الک ۲۰۰ را جمع آوری کرده با محلول استوک کلسیم کنترالند مخلوط کرده در سیلندر پلاستیکی می ریزیم، پس از ۲۰ دقیقه تراز ستون رسوب را می خوانیم. از ارتفاع مقدار رسوب برای محاسبه شاخص دوام مصالح سنگی درشت استفاده می شود (D_c).

۳-۴- نمونه مصالح سنگی ریز بدین ترتیب بدست می آید که مقدار معینی از مصالح را در ظرف شستشوی مکانیکی به مدت ۲ دقیقه بهم می شوئیم. تمام مواد ریزتر از الک ۲۰۰ را از نمونه به وسیله الک ۲۰۰ شسته و از آن جدا می کنیم. مواد درشت تر از الک ۲۰۰ را خشک کرده به مدت ۲۰ دقیقه الک می کنیم. تمام مواد را دوباره با هم مخلوط می کنیم. نمونه نهایی آزمایش از این مواد شسته شده و خشک شده دوباره مخلوط شده بدست می آید.

۳-۵- نمونه آزمایش مصالح سنگی ریز را به روش D ۲۴۱۹ تحت آزمایش ارزش ماسه ای قرار داده به جزء آنکه زمان تکان دادن را بجای ۲۵ ثانیه ده دقیقه و از تکان دهنده مکانیکی استفاده می کنیم.

۳-۶- این روش دستورالعمل انجام آزمایش بر روی مصالح سنگی است که وزن مخصوص آنها در محدوده وسیعی قرار گرفته. مصالح سنگی درشت حاوی ذرات سبک وزن و متخلخل، و همچنین دستورالعمل انجام آزمایش بر روی مصالح سنگی است که اندازه ماکزیمم آن کوچک بوده و آنقدر ریز است که نمی توان آنرا مصالح سنگی درشت بحساب آورد اما آنقدر درشت است که نمی توان آنرا مصالح سنگی ریز بحساب آورد، نظیر شن نخودی یا ماسه خیلی درشت.

۳-۷- شاخص دوام مصالح سنگی درشت (D_c) با مصالح سنگی ریز (D_f) با استفاده از معادلاتی که در این روش ارائه می گردد محاسبه می شود. شاخص دوام مصالح سنگی جور که شامل ذرات ریز و درشت هر دو می باشد، کمترین مقدار دو ضریب D_c و D_f که از این آزمایش بدست می آید، در نظر گرفته می شود. از این مقدار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

باید برای موارد کنترلی استفاده نمود.

۴- اعتبار و موارد استفاده :

۴-۱- این آزمایش برای مقدار ریزی و خواص رس مانند ماده‌ای که از مصالح سنگی هنگام تخریب مکانیکی بوجود می‌آید، یک مقدار تجربی ارائه می‌دهد.

۴-۲- این دستورالعمل در مناطق محدودی از ایالات متحده انجام شده و نتایج آن در مورد مصالح سنگی که در عملیات راهسازی نظیر اساس، ماده خودپذیر برای خاکریز مصالح سنگی ریزبستی و پله‌های سنگی برای محافظت شیروانی سنگی تعمیم داده شده است.

۴-۳- می‌توان در مورد مصالح سنگی که در راهسازی بکار رفته و مورد تخریب قرار می‌گیرد و در نتیجه در آنها مواد ریز رس مانند ایجاد می‌گردد، ضریب دوام حداقلی معین نمود.

۴-۴- از این روش می‌توان برای ارزیابی سریع معدن مصالح سنگی استفاده نمود. همچنین تحقیقات نشان داده است که می‌توان از آن بجای آزمایش افت وزنی در مقابل سولفات سدیم که برای ارزیابی خواص دوام مصالح سنگی ریز برای استفاده در بتن سیمانی انجام می‌شود استفاده نمود. در نتیجه از آزمایش‌های گران قیمت و وقت‌گیر صرفه‌جویی نمود.

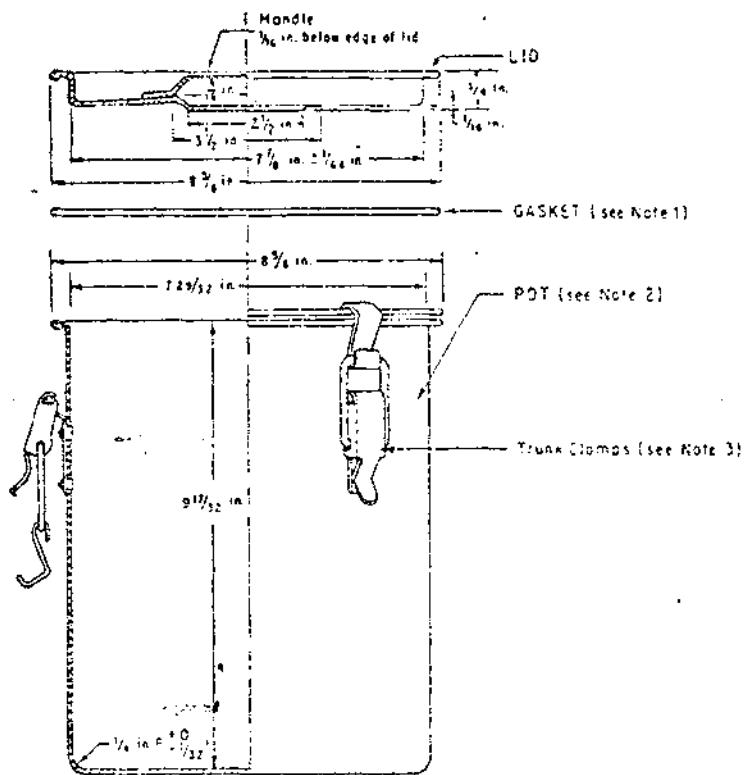
۴-۵- گرچه کاربرد این روش محدود به مصالح سنگی مورد استفاده در عملیات ساختمانی است، اما امکان توسعه کاربرد این روش در کنترل کیفیت مصالح سنگی مورد استفاده در سایر عملیات ساختمانی نظیر مصالح سنگی مورد استفاده در مخلوط‌های روسازی‌های فیبری، مصالح سنگی درشت برای استفاده در بتن سیمانی و مصالح سنگی مورد استفاده در بالاست راه آهن نیز وجود دارد.

۵- وسایل :

۵-۱- ظرف شنشوی مکانیکی - یک ظرف مسطح استوانه‌ای که دیواره‌های آن عمودی بوده و با مشخصات و ابعاد شکل (۱) مطابقت نماید.

۵-۲- ظرف جمع آوری - یک ظرف مدور (حداقل ۱۰ اینچ قطر و تقریباً ۴ اینچ عمق) که برای جمع آوری آب شنشور از نمونه شسته شده مناسب باشد. دیواره‌های این ظرف باید عمودی یا تقریباً عمودی بوده و مجهز بوسیله‌ای باشد که بتوان آنک به قطر ۸ اینچ را در ۳ اینچی بالای ته ظرف نگهداشت. یک رابط که ذرات ریز و آب شنشور را بتوان در آن نگه داشت می‌توان در ظرف با آنک بکار برد یا یک قاب آنک بدون سوراخ را می‌توان در آنک در ته ظرف قرار داد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



SI Equivalent					
in.	mm	in.	mm	in.	mm
9 11/32	242.1	7 3/8	193.7	1/8	6.4
8 5/8	219.1	3 1/2	89.9	1/16	1.6
8 33/64	216.3	2 1/2	64.8	1/32	0.79
7 29/32	200.8	3/4	19.0	1/64	0.40
7 21/32	199.2				

- Note 1: The gasket shall be 1/8 in. neoprene rubber, having an inside diameter of 7.7125 ± 0.001 in. and an outside diameter of 8.2500 ± 0.001 in.
- Note 2: The pot shall be a flat bottom, straight-sided, cylindrical vessel with a capacity of approximately 2 gal. The top edge shall be flared outward to form a seat for the gasket and lid.
- Note 3: Three trunk clamps are required and shall be placed at one-third intervals. The clamps shall be attached to the pot by rivets or welds so that the pot remains watertight. When fitted with the 1/8 in. gasket and clamped in place, the lid shall form a watertight seal with the flared edge of the pot.
- Note 4: The vessel shall be 20-gage stainless steel, unless otherwise noted. All dimensions shall be within ± 0.001 in., unless otherwise noted.

شکل ۱ - ظرف شستشوی مکانیکی

۵-۳- بهرن - یک تکان دهنده آنک تیلور که همانطوریکه در شکل (۲) نشان داده شده است در 10 ± 280 سیکل در دقیقه تنظیم شده. دو زمان تناوب بهرن که در بندهای ۱۰ و ۱۱ و ۱۲ و ۱۳ معین شده مربوط به تکان دهنده اصلاح شده است.

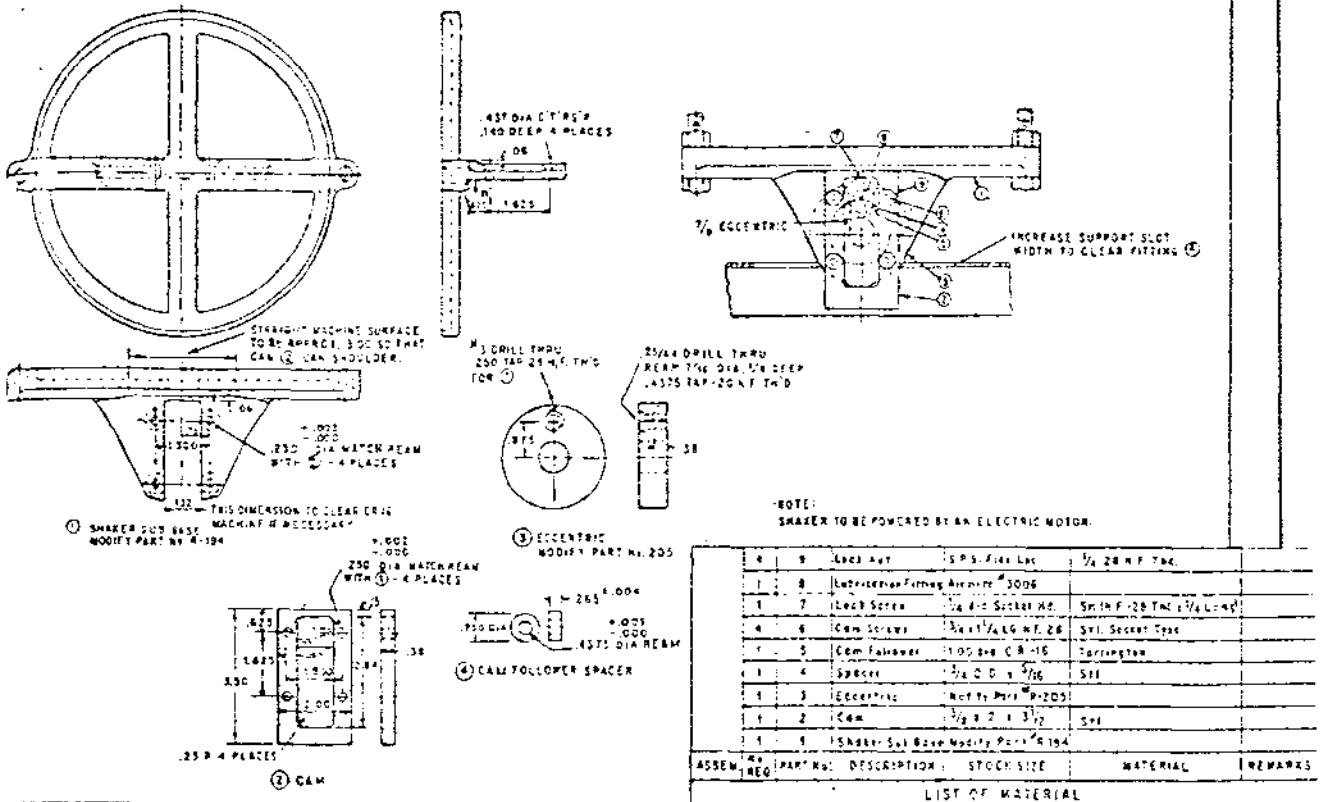
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

توجه: انواع دیگر تکانه‌دهنده ممکن است استفاده شود که طول زمان یا عوامل دیگر بگونه‌ای تنظیم شده‌اند که می‌تواند نتایج بدست آمده با نتایج حاصل از تکانه‌دهنده تیور یکی باشد.

۴-۵- تمام وسایل مورد لزوم، نجه آزمایش ارزش منسای مصالح سنگی ریز (روش ۲۴۱۹ D)

۵-۵- الک‌ها - الک‌ها باید با مشخصات ۱۱ E تطبیق نماید.

۶-۵- ترازو - با حداقل گنجایش ۵۰۰ گرم و حساسیت ± 1 گرم



شکل ۲- همزن قابل حمل تیلور

۶- محرکات و مصالح

۱-۶- محلول کلراید کلسیم: محلول استوک کلراید کلسیم که در بند ۷ روش ۲۴۱۹ ASTM نوع آن معین شده است.

۲-۶- آب، آب مقطر یا آب غیر معدنی برای نجه آزمایش بطور معمول مورد نیاز است. لزوم این نوع آب بدین

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

علت است که بعضی مواد معدنی محلول در آب ممکن است آزمایش را تحت تاثیر قرار دهد اگر معین شود که خلوص آب شیر معمولی به حدی است که نتایج آزمایش را تحت تاثیر قرار نمی دهد. استفاده از آن مجاز است مگر آنکه در دستورالعمل مورد دیگری ذکر شده باشد. بعنوان نتایج مرجع، در تمام مراحل باید از آب مقطر یا آب غیر معدنی استفاده شود.

۷- کنترل درجه حرارت

۷-۱- در انجام آزمایش معمولی کنترل درجه حرارت لازم نیست اما برای عملیات مرجع، مصالح را مجدداً با دمای آب مقطر یا غیر معدنی و محلول کلراید کلسیم در درجه حرارت $5^{\circ}\text{F} \pm 72$ ($10^{\circ}\text{C} \pm 22$) آزمایش کرد.

۸- نمونه گیری :

۸-۱- نمونه های مصالح سنگی را برای آزمایش براساس روش ۷۵ D تهیه نمائید.

۹- آماده کردن نمونه اولیه

۹-۱- نمونه ها را بحد کافی خشک کنید که بتوان آن را بر روی الک شماره ۴ ($4/75$ میلیمتر) کاملاً پخش کرد و مواد رد شده از این الک بطور آزاد جریان یابد. عمل خشک کردن بهر وسیله ای باید انجام گیرد که مصالح سنگی را بیشتر از 140°F (60°C) گرما ندهد و یا موجب تخریب ذرات نگردد استفاده از آفتاب، اُون یا هوای گرم روش های خشک کردن معمولی مجاز می باشند.

۹-۲- اگر نمونه محتوی مقدار قابل توجهی رس باشد، مصالح را در حین خشک کردن گاه گاهی بچرخانید تا سرتاسر آن بطور یکنواخت خشک و مانع از ایجاد کلوخه های رسی گردد.

۹-۳- ذرات ریزی را که ممکن است به روی ذره درشت چسبیده و همچنین هر نوع کلوخه سخت را بوسیله ای که اندازه طبیعی هر ذره را کاهش ندهد از مصالح جدا نمائید.

۹-۴- منحنی دانه بندی نمونه را بر طبق روش ۱۳۶ C با الک های $\frac{3}{4}$ ، $\frac{1}{4}$ و $\frac{3}{8}$ و شماره های ۴ و ۸ و ۱۶ و ۱۹ و ۳۰ و ۴۰ و ۶۰ و ۷۵ و ۹۰ و ۱۰۰ (میلیمتر) معین کرده و مواد باقی مانده روی الک $\frac{3}{4}$ (۱۹ میلیمتر) را جدا نمائید.

۹-۵- براساس منحنی دانه بندی بدست آمده در بند ۹-۴ دستورالعمل آزمایش بدست آوردن شاخص دوام مصالح سنگی را معین کنید.

۹-۵-۱- اگر درصد عبوری از الک شماره ۴ ($4/75$ میلیمتر) کمتر از ۱۰٪ بود فقط مصالح سنگی درشت (روش A) را آزمایش کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۹-۵-۲- اگر کمتر از ۱۰ درصد مصالح سنگی از الک شماره ۴ عبور نکند فقط مصالح سنگی ریز (روش B) را آزمایش کنید.

۹-۵-۳- اگر قسمت‌های ریز و درشت موجود در مصالح سنگی هر دو برابر یا بیشتر از ۱۰ درصد بود و اگر درصد عبوری از الک شماره ۱۶ از ده درصد بیشتر باشد بر روی اندازه‌هایی مناسب، آزمایش‌های دوروش A و B را انجام دهید. اگر درصد عبوری از الک شماره ۱۶ برابر یا کمتر از ۱۰ درصد باشد روش A یا روش C را بکار برید.

۹-۵-۴- اگر بیشتر مصالح سنگی (۷۵ تا ۸۰ درصد) بین $\frac{3}{8}$ اینچ و الک شماره ۱۶ باشد (۹/۵ و ۱/۱۸ میلی‌متر) فقط از روش C استفاده نمایید.

دستورالعمل A مصالح سنگی درشت

۱۰- آماده کردن نمونه آزمایش

۱۰-۱- نمونه مقدماتی (در هوا خشک شده) را به وزن 2550 ± 25 گرم یا استفاده از دانه بندی زیر تهیه نمایید:

جرم در هوا خشک شده، گرم

اندازه مصالح سنگی

$$1070 \pm 10$$

$$\frac{3}{4} \text{ تا } \frac{1}{2} \text{ اینچ (۱۹ تا ۱۲/۵ میلی‌متر)}$$

$$570 \pm 10$$

$$\frac{1}{2} \text{ تا } \frac{3}{8} \text{ اینچ (۱۲/۵ تا ۹/۵ میلی‌متر)}$$

$$910 \pm 5$$

$$\frac{3}{8} \text{ اینچ تا شماره ۴ (۹/۵ تا ۴/۷۵ میلی‌متر)}$$

$$\underline{22550 \pm 25}$$

نمونه فوق را در درجه حرارت $90^{\circ}\text{F} \pm 23^{\circ}\text{C}$ ($5^{\circ}\text{C} \pm 11^{\circ}$) خشک کرده، بگذارید سرد شود آنرا وزن کرده نتیجه را یادداشت کنید. W

۱۰-۲- نمونه مقدماتی را در ظرف شستشوی مکانیکی بریزید، به آن 1000 ± 5 میلی لیتر آب منظر یا غیر معدنی اضافه کنید، سرپوش ظرف را در محل قرار داده و ظرف را در تکان دهنده الک محکم کنید.

۱۰-۳- بعثت وزن مخصوص کم یا بالا بودن شدت جذب، یا هر دو، بعضی مصالح نسبت‌های مصالح سنگی به مندر آب، سائیدگی بین ذره‌ای مورد نظر را بوجود نیاورد. لازمه انجام آزمایش چنین مصالحی، تنظیم جرم نمونه یا تنظیم حجم آب شستشو و آب آزمایش یا هر دو می باشد.

۱۰-۳-۱- وقتی 1000 میلی لیتر آب به نمونه آزمایش اضافه شد، مصالحی را که کاملاً مستغرق نشده‌اند بشوئید و آزمایش را با جرم نمونه تنظیم شده و حجم آب تنظیم شده انجام دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۰-۳-۲- چگالی ویژه خشک و حقیقی، و درصد مصالح سنگی را بر اساس روش C ۱۲۷ تعیین کنید.

۱۰-۳-۳- جرم کل نمونه آزمایش را با استفاده از معادله ذیل تنظیم کنید:

$$g = \frac{\text{چگالی ویژه مصالح سنگی}}{2/65} \times W \quad (1)$$

جرم تنظیمی نمونه

به نسبت جرمی که در بند ۱۰-۷-۱ مشخص شده است جرم هر قسمت از مصالح را از نظر اندازه ذرات تنظیم نمائید.

۱۰-۳-۴- حجم آب آزمایش را با فرمول ذیل تنظیم نمائید:

$$A = 10000 + (A \times W) - 50$$

جرم تنظیمی آب

که در آن:

A = جذب مصالح سنگی بر حسب درصد

W = حجم نمونه آزمایشی خشک شده در آون بر حسب گرم

۱۰-۴- پس از آنکه 10 ± 60 ثانیه از تهیه آب شستشو گذشت عمل بهم زدن را شروع کنید ظرف را در تکان دهنده بمدت 5 ± 120 ثانیه تکان دهید.

۱۰-۵- پس از آنکه بهم زدگی بمدت ۲ دقیقه پایان یافت، ظرف را از تکان دهنده برداشته سرپوش آن را شل کرده و محتویات آن را در الک شماره ۴ ($4/75$ میلیمتر) بریزید، تمام مواد باقیمانده در ظرف را به الک بریزید و به روی مصالح سنگی آب بریزید تا آبی که از الک می گذرد صاف شود.

۱۰-۶- قسمتی را که روی الک شماره (۴) ($4/75$ میلیمتر) باقی مانده است در درجه حرارت 90 ± 230 (50 ± 110) خشک کرده و وزن کنید. اگر کم شدن جرم در اثر شستشو طبق بندهای ۱۰-۲ و ۱۰-۳ و ۱۰-۴ و ۱۰-۵ برابر یا کمتر از ۷۵ گرم شود، یک نمونه مناسب آزمایش برای آزمایش دیگر تهیه شده است و دستورالعمل های بند ۱۰-۷ تا ۱۰-۱۲ را باید حذف نمود اگر کم شدن جرم از ۷۵ گرم تجاوز نماید، نمونه آزمایشی مقدماتی را می توان باقی گذارد و اگر نمونه دوم با همان روش شسته شده از آن استفاده نمود و دو نمونه را طبق جرم های مشخص شده با هم ترکیب کرده و نمونه آزمایشی مورد نظر را بدست آورد.

۱۰-۷- دانه بندی مورد استفاده در تهیه نمونه آزمایش مقدماتی را بشرح ذیل تعیین کنید:

۱۰-۷-۱- اگر جرم هر قسمت (از نظر اندازه ذرات) که در جدول زیر داده شده به میزان ۱۰٪ یا بیشتر مصالح بین ۳ اینچ و الک شماره ۴ باشد (که از اجرام یادداشت شده در بند ۴-۹ بدست می آید) برای تهیه نمونه آزمایش مقدماتی از اجرام مصالح معین شده در زیر استفاده نمائید:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جرم در هوا خشک شده، گرم

$$1050 \pm 10$$

$$550 \pm 10$$

$$900 \pm 5$$

$$2500 \pm 25$$

اندازه مصالح سنگی

$$\frac{3}{4} \text{ تا } \frac{1}{4} \text{ اینچ (۱۹ تا ۱۲/۵ میلیمتر)}$$

$$\frac{1}{2} \text{ تا } \frac{3}{8} \text{ اینچ (۱۲/۵ تا ۹/۵ میلیمتر)}$$

$$\frac{3}{8} \text{ اینچ تا شماره ۴ (۹/۵ تا ۴/۷۵ میلیمتر)}$$

۱۰-۸-۲۵۰۰ گرم نمونه آزمایشی مقدماتی را با استفاده از دانه بندی مشخص تهیه نمایید. نمونه آزمایشی را در درجه حرارت $90^{\circ}\text{F} \pm 230$ ($5^{\circ}\text{C} \pm 110$) خشک کنید.

۱۰-۹- نمونه مقدماتی را به نحوی که در بندهای ۱۰-۲ و ۱۰-۳ و ۱۰-۴ و ۱۰-۵ شرح داده شده بطور مکانیکی بشوئید.

۱۰-۱۰- بندهای ۱۰-۸ و ۱۰-۹ را در صورت لزوم تکرار کنید تا مصالح کافی بدست آید که بتوان نمونه آزمایشی شسته شده به وزن 2500 ± 25 گرم بدست آورد که در آن از هر قسمت به اندازه ای که در بند ۱۰-۷-۱ ذکر شده موجود باشد.

۱۰-۱۱- پس از سرد شدن مواد خشک شده در آن، مصالح سنگی درشت شسته شده را با الک های $\frac{1}{4}$ و $\frac{3}{8}$ اینچ و شماره ۴ از هم جدا کنید. مصالح عبور کرده از الک شماره ۴ را دور بریزید.

۱۰-۱۲- نمونه شسته شده را با استفاده از اجرام معین شده در بند ۱۰-۷-۱ از قسمت های جدا شده مصالح شسته شده تهیه نمایید، بعضی اوقات برای تهیه جرم لازم مصالح برای یک قسمت ممکن است لزوم تهیه نمونه مقدماتی سوم نیز بوجود آید.

۱۱- دستورالعمل برای مصالح سنگی درشت

۱۱-۱- سیلندر پلاستیکی (سیلندر آزمایش ارزش ماسه ای طبق روش D ۲۴۱۹) را بر روی میزکاری که در حین انجام مرحله رسوب آزمایش تحت ارتعاش قرار نگیرد، بگذارید. ۲۴/۰ انس (۷ میلی لیتر) از محلول کلراید کلسیم در سیلندر بریزید. یک الک شماره ۴ و الک شماره ۲۰۰ را بر روی ظرف جمع آوری آب شسته شده قرار دهید، الک شماره ۴ باید بر روی الک ۲۰۰ قرار گیرد و از آن فقط برای محافظت الک ۲۰۰ استفاده می شود.

۱۱-۲- نمونه شسته شده را (که در بند ۱۰ تهیه شده) در ظرف شستشوی مکانیکی قرار دهید. سپس به مقداری که در بند ۱۰-۳ معین شده آب مقطر یا غیر معدنی به اضافه کرده در پوش آنرا محکم کنید و ظرف شستشو را در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تکاندهنده الک بگذارید. پس از گذشت ۶۰ ثانیه از ورود آب شستشو، بهم زدن را شروع کنید. ظرف باید بمدت 15 ± 600 ثانیه بهم زده شود.

۱۱-۳-۳- بلافاصله پس از سپری شدن مدت بهم زدن، ظرف را از شیکر برداشته و درب آنرا باز می کنیم محتویات ظرف را با پنج یا شش مرتبه با حرکت دایروی افقی به شدت بهم می زنند تا ذرات ریز بصورت معلق در آید. بلافاصله محتویات ظرف را در الک شماره ۴ و ۲۰۰ که روی ظرف دیگری قرار گرفته می ریزیم تا آب شستشو جمع آوری گردد. مواد باقیمانده روی الک شماره ۴ را دور می ریزیم. تمام آب شستشو و مواد عبور کرده از الک ۲۰۰ جمع شده در ظرف را جمع آوری می کنیم برای اطمینان از اینکه مواد ریزتر از الک ۲۰۰ از الک شسته نشده، مراحل ذیل را انجام دهید.

۱۱-۳-۱- در ضمن اینکه آب شستشو از الک شماره ۲۰۰ عبور می کند، با گوشه دست به قاب الک ضربه آرامی وارد آورید.

۱۱-۳-۲- وقتی غلظت مواد روی الک ۲۰۰ زیاد شد، آب شستشوی عبوری از الک را دو مرتبه بر روی مواد ریز بریزید. تا مواد مجدداً خیس شوند.

۱۱-۳-۲-۱- بگذارید آب شستشو در ظرف جمع آوری چند لحظه ای دست نخورده بماند تا ذرات سنگین تر در ته ظرف رسوب کنند.

۱۱-۳-۲-۲- قسمت بالائی آب شستشو را در ظرف دیگری بریزید.

۱۱-۳-۲-۳- آب شستشو را بر روی الک ۲۰۰ برگردانید و دوباره تمام آب شستشو و مواد عبوری از الک ۲۰۰ را در ظرف جمع آوری، جمع کنید.

۱۱-۳-۲-۴- دستورالعمل دوباره خیس کردن را آنقدر تکرار کنید که تمام مواد ریز الک ۲۰۰ از ظرف شسته شوند.

۱۱-۴- آب منظر یا غیر معدنی اضافه کنید تا حجم آب شستشوی گل آلود به $1000 + 5$ میلی لیتر برسد، سپس آب شستشو را به ظرف منتقل کنید که بتوان آنرا ریخت و بهم زد.

۱۱-۵- بر روی سیلندر پلاستیکی مدرج یک قیف قرار دهید. آب شستشو را با دست بهم بزنید تا ذرات ریز بصورت معلق در آید.

در حالیکه هنوز آب در حالت تلاطم است در سیلندر با اندازه کافی آب بریزید تا سطح مایع به علامت ۱۵ اینچ برسد (۳۸۰ میلیمتر).

۱۱-۶- قیف را بردارید در انتهای سیلندر نوچی قرار دهید و مجدداً بری مخلوط کردن محتویات آن آماده کنید.

۱۱-۷- محتویات سیلندر را با پشت و رو کردن به راست و بالا بردن مخلوط کنید و بگذارید جناب هوا طول

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

سیلندر را تقریباً در ۳۵ ثانیه ۲۰ مرتبه بپیمایید.

۱۱-۸- پس از پایان عمل مخلوط کردن، سیلندر را روی میز کار قرار داده و تویی آن را بردارید. بگذارید سیلندر به مدت 15 ± 1200 ثانیه دست نخورده بماند. سپس بلافاصله ارتفاع ستون رسوب را با دقت $1/10$ اینچ ($2/5$ میلیمتر) خوانده و یادداشت کنید.

توجه ۳- ممکن است در این دستورالعمل دو حالت غیر معمول پیش آید. یکی آنکه خط مشخصی بین رسوب و مایع روی آن در مدت زمان ۲۰ دقیقه بوجود نیاید. اگر این وضعیت در موقعی که آب مقطر یا غیر معدنی استفاده شده پیش آمد. سیلندر را باقی گذارید تا خط تمایز بوجود آید. سپس بلافاصله ارتفاع ستون رسوب و زمان کل را خوانده و یادداشت نمایید. اگر این مورد در موقعی اتفاق افتاد که آب شیر استفاده شده است، آزمایش را متوقف کرده و قسمت آزمایش نشده نمونه را با استفاده از آب مقطر یا غیر معدنی دوباره آزمایش کنید وضعیت غیر معمول دوم وقتی است که آب بلافاصله بالای خط تمایز ممکن است هنوز در انتهای ۲۰ دقیقه بصورت ابری تاریک باشد و خط تمایز اگرچه مشخص است، ممکن است بنظر آید خودش ستون رسوب است. در صورت اول اگر از آب شیر استفاده می شود آزمایش را با نمونه جدید با آب مقطر یا غیر معدنی دوباره انجام دهید. در غیر اینصورت این خط تمایز را در انتهای زمان ۲۰ دقیقه رسوب طبق معمول خوانده و یادداشت کنید.

دستورالعمل B - مصالح سنگی ریز

۱۲- آماده سازی نمونه :

۱۲-۱- قسمتی از مواد را که زانک شماره ۴ عبور کرده به چهار قسمت تقسیم کرده از آن به مقداری انتخاب کنید که بتوان 25 ± 500 گرم ماده خشک تهیه نمود.

۱۲-۲- نمونه مندماتی را در درجه حرارت $9^{\circ}\text{F} \pm 230$ ($5^{\circ}\text{C} \pm 110$) خشک، سپس در درجه حرارت اطاق سرد کنید.

۱۲-۳- نمونه مندماتی را در ظرف شستشوی مکانیکی گذارده و به آن 5 ± 1000 میلی لیتر آب مقطر یا غیر معدنی اضافه کنید. ظرف را در هم زن الک محکم کرده پس از گذشت 30 ± 600 ثانیه از اضافه کردن آب آن را به مدت 5 ± 120 ثانیه تکان دهید.

۱۲-۴- پس از آنکه ظرف بمدت ۲ دقیقه تکان داده شد ظرف را از هم زن برداشته، درپوش آنرا برداشته و به دقت محتویات آن را در الک 200 که در بند ۱۱-۱ شرح داده شده بریزید، ذرات ریز باقی مانده در ظرف را با خیس کردن ظرف به الک برگردانید. بر روی مصالح سنگی آب باز کنید تا آب عبوری از الک کاملاً صاف شود.

۱۲-۵- ممکن است لازم شود که نمونه های سبلیسی یا رسی را قبل از آنکه بر روی الک بریزند آب ریزی کنند تا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مانع گرفتگی سوراخهای الک ۲۰۰ شود. عمل آبریزی با اضافه کردن آب به ظرف پس از مدت بهم‌زدگی انجام می‌گردد. عمل آبریزی ممکن است در موارد بحرانی قبل از آنکه تمام محتویات ظرف بر روی الک ریخته شود، تکرار گردد.

۱۲-۶- پس از خیس کردن، مواد موجود در الک را به ظرف خشک کننده منتقل کرده و در درجه حرارت $23.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (۱۱۰) خشک می‌کنند. لازم است که مواد از الک شماره ۲۰۰ شسته شوند تا تمام مواد مانده به ظرف خشک‌کننده منتقل گردد. ظرف را در وضعیت مایل قرار دهید تا تمام آب آزاد که بطرف پائین زه کش می‌گردد صاف شود. سپس این آب صاف را دور بریزید. از ظرف کم عمق بزرگ استفاده کرده و نمونه را تا حد امکان پخش کرده آنرا به لابه لابه نازک تبدیل کنید تا بسرعت خشک شود.

۱۲-۷- پس از سرد شدن مواد در آن خشک شده نمونه شسته شده را بمدت ۲۰ دقیقه با استفاده از الک‌های ذیل بطور مکانیکی الک کنید. الک‌های شماره ۸ و ۱۶ و ۳۰ و ۵۰ و ۱۰۰ و ۲۰۰ در زیر الک شماره ۲۰۰ یک ظرف قرار دهید تا مواد عبوری از الک ۲۰۰ جمع‌آوری شود.

توجه ۴- اگر محاسبه دانه‌بندی مصالح مورد نظر باشد، همزن توصیف شده در بند ۵-۳ توصیه نمی‌گردد. هر تکانه‌دهنده مکانیکی مناسب ممکن است برای جداسازی با الک به جای همزن مشخص شده استفاده شود. انجام آزمایش دانه‌بندی با الک برای آزمایش دوام مصالح سنگی ریز لازم نیست. اگر دانه‌بندی مصالح سنگی ریز مدنظر نمی‌باشد این مرحله می‌تواند حذف گردد.

۱۲-۸- پس از الک کردن نمونه شسته شده، تمام مواد باقی مانده بر روی هر الک را با مواد عبوری از الک ۲۰۰ را که در ظرف جمع‌آوری شده دوباره مخلوط کنید.

۱۲-۹- مقدار کافی از مواد الک شده و شسته شده را چهار قسمتی کرده در ظرف ۸ میلی لیتری بریزید تا پُر شود و حتی مقداری از آن در بالای ظرف کبه شود. هنگام پر کردن ظرف، انتهای پائینی ظرف را بر روی میز کار یا بر روی سطح سختی بزنید تا موجب تحکیم مواد گردد و حداکثر مقدار مواد در ظرف جای گیرد. حداکثر دقت بعمل آورید تا نمونه معرفی تهیه شود.

توجه ۵- استفاده از نمونه چهار قسمتی ملزومات دستورالعمل C ۷۰۲ را در نظر بگیرید.

۱۳- دستورالعمل برای مصالح سنگی ریز

۱۳-۱- بر طبق روش D ۲۴۱۹ بر روی مواد آزمایشی ارزش ماسه‌ای انجام دهید، اما از شیکر مکانیکی استفاده کنید تا سیلندر و محتویات آنرا بمدت 15 ± 600 ثانیه تکان دهد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دستورالعمل C - مصالح سنگی ریزه که بتوان آنرا درشت و مصالح سنگی درشت که بتوان آن را ریزه حساب آورد.

۱۴- آماده سازی نمونه

۱-۱۴- روش C برای آزمایش مصالح سنگی نظیر شن نخودی که مواد بین ۳/۸ اینچ و الک شماره ۱۶ در آن زیاد است بکار می رود. این مصالح سنگی آندر ریز است که نمی توان آنها را درشت و آندر درشت است که می توان آنها را مناسب حساب آورد.

۱۴-۲- با استفاده از دستورالعمل مرحله ۱۲ نمونه تهیه نمائید اما در این آماده سازی عمل الک کردن و دوباره مخلوط کردن مصالح خشک که در بند ۱۲-۷ و ۱۲-۸ شرح داده شده حذف می شود.

۱۵- دستورالعمل

۱-۱۵- سیلندر پلاستیکی را تا ارتفاع 1 ± 4 اینچی ($2/5 \pm 102$ میلی متر) از آب مقطر یا غیر معدنی پر کنید. برای ریختن نمونه تهیه شده از قیف استفاده کنید که مانع آشفته گی گردد. انتهای سیلندر را با گوشه دست در صورت لزوم ضربه بزنید تا حباب های هوا خارج شده و تمام مصالح کاملاً مرطوب شود. ظرف را بمدت 1 ± 10 دقیقه دست نخورده باقی گذارید.

۲-۱۵- سیلندر را سرپوش بگذارید، مواد را از انتهای ظرف شل کنید و سیلندر را در شیکر مکانیکی ورزش مناسبی قرار دهید. ساعت را بکار اندازید و سیلندر و محتویات آن را به مدت 1 ± 30 دقیقه تکان دهید.

۳-۱۵- در پایان زمان تکان دادن، سیلندر را از شیکر جدا کرده، آب و مواد عبوری از الک شماره ۲۰۰ را به سیلندر دیگری که محتوی ۷ میلی لیتر محلول کلراید کلسیم است منتقل می کنیم. الک های شماره ۸ و ۲۰۰ را بر روی یک قیف که محتویات آن در سیلندر دوم تخلیه می گردد قرار می دهیم. سیلندر محتوی نمونه را بالا و پایین و زبر و رو کرده و تکان می دهیم که محتوی آن شل شود. دهانه سیلندر معکوس شده را بر روی الک های فوق نگهداشته و سرپوش آن را برمی داریم تا نمونه و آب به داخل الک ها ریخته شود. کمی صبر می کنیم تا آب از داخل الک ها زه کش شود و سپس آب مقطر تازه به آن اضافه می کنیم تا سطح مانع به ۱۵ اینچ (۳۸۰ میلی متر) برسد درب سیلندر را بسته و محتویات آن را با معکوس کردن آن ۲۰ بار در ۳۵ ثانیه مخلوط می کنیم.

۴-۱۵- پس از اتمام عمل مخلوط شدن سیلندر را به مدت 15 ± 1200 ثانیه دست نخورده باقی می گذاریم. سپس ارتفاع محمول رس را با تقریب $1/8$ اینچ می خوانیم.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

محاسبات

۱۶- دستورالعمل ۸- مصالح سنگی درشت

۱-۱۶- شاخص دوام مصالح سنگی درشت را با تقریب عدد صحیح با استفاده از معادله ذیل محاسبه نمایید :

$$D_c = 30 / 3 - 20 / 8 \cot(\alpha / 29 + \alpha / 15 H) \quad (3)$$

که در آن :

D_c = شاخص دوام

H = ارتفاع رسوب بر حسب اینچ و

مقدار $(H / 15 + \alpha / 29)$ بر حسب رادیان می باشد.

۱۶-۲- حل معادله ۳ در جدول (۱) داده شده است.

$$Note - D_c = 30.3 - 20.8 \cot(0.29 - 0.15 H)$$

Sediment Height		D_c	Sediment height		D_c	Sediment Height		D_c	Sediment height		D_c	Sediment Height		D_c
in.	mm		in.	mm		in.	mm		in.	mm		in.	mm	
0.0	0.0	100	3.0	76.2	53	6.0	152.4	39	9.0	228.6	29	12.0	304.8	18
0.1	2.5	96	3.1	78.7	52	6.1	154.9	38	9.1	231.1	29	12.1	307.3	18
0.2	5.1	93	3.2	81.3	52	6.2	157.5	38	9.2	233.7	28	12.2	309.9	18
0.3	7.6	90	3.3	83.8	51	6.3	160.0	38	9.3	236.2	28	12.3	312.4	17
0.4	10.2	87	3.4	86.4	51	6.4	162.6	37	9.4	238.8	28	12.4	315.0	17
0.5	12.7	85	3.5	88.9	50	6.5	165.1	37	9.5	241.3	27	12.5	317.5	16
0.6	15.2	82	3.5	91.4	49	6.6	167.6	37	9.6	243.8	27	12.6	320.0	16
0.7	17.8	80	3.7	94.0	49	6.7	170.2	36	9.7	246.4	27	12.7	322.6	16
0.8	20.3	78	3.8	96.5	49	6.8	172.7	36	9.8	248.9	26	12.8	325.1	15
0.9	22.9	76	3.9	99.1	48	6.9	175.3	35	9.9	251.5	26	12.9	327.7	14
1.0	25.4	74	4.0	101.6	47	7.0	177.8	35	10.0	254.0	26	13.0	330.2	14
1.1	27.9	73	4.1	104.1	47	7.1	180.3	35	10.1	256.5	25	13.1	332.7	13
1.2	30.5	71	4.2	106.7	46	7.2	182.9	35	10.2	259.1	25	13.2	335.3	13
1.3	33.0	70	4.3	109.2	46	7.3	185.4	34	10.3	261.6	25	13.3	337.8	12
1.4	35.6	68	4.4	111.8	45	7.4	188.0	34	10.4	264.2	24	13.4	340.4	12
1.5	38.1	67	4.5	114.3	45	7.5	190.5	34	10.5	266.7	24	13.5	342.9	11
1.6	40.6	66	4.5	116.8	44	7.6	193.0	33	10.6	269.2	24	13.6	345.4	11
1.7	43.2	65	4.7	119.4	44	7.7	195.6	33	10.7	271.8	23	13.7	348.0	10
1.8	45.7	63	4.8	121.9	43	7.8	198.1	33	10.8	274.3	23	13.8	350.5	9
1.9	48.3	62	4.9	124.5	43	7.9	200.7	32	10.9	276.9	23	13.9	353.1	9
2.0	50.8	61	5.0	127.0	43	8.0	203.2	32	11.0	279.4	22	14.0	355.6	8
2.1	53.4	60	5.1	129.5	42	8.1	205.7	32	11.1	281.9	22	14.1	358.1	7
2.2	55.9	59	5.2	132.1	42	8.2	208.3	31	11.2	284.5	22	14.2	360.7	7
2.3	58.4	59	5.3	134.6	41	8.3	210.8	31	11.3	287.0	21	14.3	363.2	6
2.4	61.0	58	5.4	137.2	41	8.4	213.4	31	11.4	289.6	21	14.4	365.8	5
2.5	63.5	57	5.5	139.7	40	8.5	215.9	30	11.5	292.1	20	14.5	368.3	4
2.6	66.0	56	5.6	142.2	40	8.6	218.4	30	11.6	294.6	20	14.6	370.8	4
2.7	68.6	55	5.7	144.8	40	8.7	221.0	30	11.7	297.2	20	14.7	373.4	3
2.8	71.1	54	5.8	147.3	39	8.8	223.5	29	11.8	299.7	19	14.8	375.9	2
2.9	73.7	54	5.9	149.9	39	8.9	226.1	29	11.9	302.3	19	14.9	378.5	1
												15.0	381.0	0

جدول ۱- شاخص دوام مصالح سنگی درشت

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱۷- دستورالعمل B - مصالح سنگی ریز

۱۷-۱ - شاخص دوام مصالح سنگی ریز با تقریب ۱/۰ اینچ با استفاده از معادله زیر محاسبه می شود.

$$D_f = \frac{\text{قرائت ماسه}}{\text{قرائت رس}} \times 100 \quad (4)$$

۱۷-۲ - اگر شاخص دوام محاسبه شده عدد صحیحی نباشد، عدد صحیح بعدی را گزارش نمایید. مثلاً اگر قرائت رس ۸/۰ و قرائت ماسه ۳/۳ یادداشت شده باشد، ضریب دوام محاسبه شده عبارت خواهد بود از:

$$D_f = \left(\frac{3/3}{8/0}\right) \times 100 = 41/2$$

گزارش نماید ۴۲.

۱۷-۳ - اگر بخواهیم میانگین چندین سری عدد را بدست آوریم، اعداد کامل را که نظیر آن در بند ۱۷-۲ داده شده میانگین می گیریم. اگر میانگین این اعداد عدد صحیح نباشد. آن را تا عدد صحیح بزرگتر با توجه به مثال ذیل گرد می نمایم.

مثال: مقادیر D_f برابر ۴۱/۲ و ۴۳/۸ و ۴۰/۹ محاسبه شده است، وقتی آنها را با عدد بعدی صحیح گرد کنیم خواهیم داشت ۴۲ و ۴۴ و ۴۱. میانگین این مقادیر باین صورت بدست می آید. که $42/3 = (42+44+41)/3$ و عدد ۴۳ گزارش می شود.

۱۸- دستورالعمل C - مصالح سنگی ریز که به عنوان درشت آزمایش شوند و درشت که می توان ریز بحساب آورد.

۱۸-۱ - شاخص دوام آن را بر طبق بند ۱۶ بدست آورید.

احتیاط

۱۹- احتیاطات:

۱۹-۱ - آزمایش را در محل بدون ارتعاش انجام دهید. زیرا ارتعاش ممکن است شدت رسوب را از حالت معمولی زیادتر کند.

۱۹-۲ - سیلندر پلاستیکی را بیشتر از حد لزوم در معرض تابش مستقیم خورشید قرار ندهید.

۱۹-۳ - گاه گاهی شیکر را از نظر لقی و انحراف از حالت تمرکز بازدید کرده برای اینکار یکی از میله های آویزان آنرا نگهداشته سعی کنید پایه الک را حرکت دهید، اگر لقی مشاهده شد، بلبرینگ یا اهرم، یا هردو را تعویض کنید.

۱۹-۴ - شیکر الک را حداقل هر ۳ ماه روغنکاری کنید.

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

گزارش

۲۰- گزارش :

۲۰-۱- منحنی دانه بندی مصالح سنگی مورد آزمایش را همانطوریکه دریافت شده گزارش نمایید. منحنی دانه بندی نمونه درشت مورد استفاده و منحنی نمونه ریز مورد آزمایش را نیز گزارش نمایید. شاخص دواه محاسبه شده (D_{10} یا D_{60}) و همچنین روش انجام آزمایش که A ، B ، یا C بوده نیز جزء گزارش باشد.

۲۰-۲- در گزارش باید قید گردد که آیا کنترل درجه حرارت دقیقاً انجام گرفته و آیا آب شیر، آب متضرر، یا آب غیر معدنی بکار رفته است.

دقت و خطا:

۲۱- دقت و خطا

۲۱-۱- معیار قضاوت در مورد قابل قبول بودن مقادیر ضریب دوام که بروش فوق تعیین می گردد بسیار محدود است. اطلاعاتی که در این دستورالعمل داده شده از منبعی در یکی از ایالات غربی امریکا که بر روی مصالحی که در آن منطقه جغرافیایی بکار می رود انجام شده است تهیه شده است. این معیار با انجام ۴۸ آزمایش مجزا بر روی شش مصالح سنگی مختلف، که دو عدد آنها مصالح سنگی درشت و چهار عدد مصالح سنگی ریز بوده، بدست آمده است. دو آزمایش بوسیله دو آزمایش کننده در ۱۲ آزمایشگاه بر روی هر مصالح انجام شده است.

۲۱-۲- دقت این روش را می توان از اطلاعاتی که در جدول ۲ داده شده بدست آورد. انحراف استاندارد آزمایش کننده یک نفری و چند آزمایشگاهی شاخص دوام مصالح سنگی درشت (D_5) و شاخص دوام مصالح سنگی ریز (D_{10}) با کاهش شاخص دوام افزایش می یابد.

۲۱-۳- حداکثر انحراف استاندارد آزمایش کننده یک نفری $3/58$ می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش کاملاً خاص که بوسیله یک پراتور بر روی یک نمونه انجام گرفته نباید بیشتر از $10/1$ تغییر نماید.

۲۱-۴- حداکثر انحراف استاندارد چند آزمایشگاهی $5/11$ می باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش کاملاً خاص که از دو آزمایشگاه متفاوت بر روی نمونه مصالح سنگی بدست می آید نباید بیشتر از $14/4$ تغییر نماید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

Durability Index	Standard Deviation	Difference Two-Sigma Limits
Coarse Aggregate ^a		
Single-Operator Precision:		
60	3.58	10.1
65	3.07	8.7
70	2.56	7.2
75	2.04	5.8
80	1.53	4.3
85	1.01	2.9
Multilaboratory Precision:		
60	4.35	12.3
65	3.72	10.5
70	3.10	8.8
75	2.47	7.0
80	1.85	5.2
85	1.22	3.5
Fine Aggregate ^c		
Single-Operator Precision:		
50	2.40	6.8
55	2.24	6.3
60	2.08	5.9
65	1.92	5.4
70	1.76	5.0
75	1.61	4.5
Multilaboratory Precision:		
50	5.11	14.4
55	4.77	13.5
60	4.43	12.5
65	4.10	11.6
70	3.76	10.6
75	3.42	9.7

^a Preliminary analyses of data from California Transportation Laboratory study "Precision of Selected Aggregate Test Methods," 43 individual tests per material, 2 tests by 2 operators in 12 laboratories.

^b Data for two materials

^c Data for four materials

جدول دقت و خطا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : D 3997 - 92

روش آزمایش استاندارد جهت تعیین مقاومت کششی دو نیم شدن بر روی نمونه های سالم از مغزۀ سنگ. (برزیلین)

۱- اهداف

۱-۱- این روش آزمایش تجهیزات و لوازم، چگونگی آماده سازی نمونه ها و روشهای آزمایش را برای تعیین مقاومت کششی دو نیم شدن سنگ بوسیله اعمال فشار در امتداد خط قطری یک صفحه دربر می گیرد. توجه به ۱: مقاومت کششی سنگ که با استفاده از آزمایشهای غیر از کشیدن مستقیم تعیین می گردند بعنوان مقاومت کششی غیر مستقیم نامبرده می شوند و مقادیر حاصله در بخش ۸ این آزمایش بنام مقاومت کششی دو نیم شدن بیان می گردند.

۱-۲- مقادیر بیان شده به واحدهای اینچ - پوند بعنوان استاندارد مورد استفاده قرار می گیرند.

۱-۳- این استاندارد ته ایی مشکلات ایمنی که در بر نمی گیرد هر چند که مربوط به چگونگی انجام آن باشد. این مسئولیت استفاده کننده از این استاندارد است که ایمنی مناسب و مطلوب و نیز تعیین محدودیتهای قبل جهت ایجاد نظم در حین کار را پیش بینی نماید.

۲- مدارک مرجع

۱-۲- استاندارد ASTM

E 4 - دستورالعمل هایی برای تغییرات بار ماشینهای آزمایش.

۳- اهمیت و کاربرد:

۱-۳- در تعریف، مقاومت کششی از آزمایش کشش تک محوری مستقیم بدست می آید. اما انجام آزمایش کشش، مشکل و از نظر اقتصادی جهت کاربرد روزمره گران است. لذا آزمایش کشش دو نیم شدن بعنوان یک جایگزین مطلوب و مناسب پیشنهاد گردیده است. زیرا این روش بسیار ساده تر و ارزانتر می باشد. علاوه بر این مهندسین مکانیک سنگ معمولاً با تنشهای پیچیده ای در صحرا سروکار دارند که مشتمل بر ترکیبات متفاوتی از تنش فشاری و کششی می باشند. تحت چنین شرایطی مقاومت کششی باید مطابق با شرایط تنشهای فشاری موجود در صحرا بدست بیاید. آزمایش مقاومت کششی دو نیم شدن یکی از ساده ترین آزمایشاتی است که در آن اینچنین تنشهای صحرائی بوقوع می پیوندد. از آنجائیکه عملاً بصورت وسیعی مورد استفاده قرار می گیرند لذا یک روش آزمایش بکنوانجت جهت مقایسه نتایج و داده های حاصله مورد نیاز است. یک آزمایش بکنوانجت همچنین

شرکت سپاهمی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

جهت تضمینان از شکستن نمونه های تحت آزمایش در امتداد فشر آنها که تحت بارگذاری فرار گرفته اند مورد نیاز است.

۴- تجهیزات و لوازم:

۱- ۴- وسیله بارگذاری جهت اعمال و اندازه گیری بار محوری بر روی نمونه بطوریکه با ظرفیت کافی قادر باشد سرعت بارگذاری را مطابق با الزامات بند ۳ کنترل و اعمال نماید دستگاه باید در فواصل زمانی مناسب مطابق با استاندارد ۴ کنترل شود و با موارد مورد نیاز آن تکمیل شود.

۲- ۴- سطح بارگذاری: ماشین آزمایش باید به دو بلوک بارگذاری فولادی با سختی حداقل HRC ۵۸ (توجه ۲) مجهز باشد. یکی از این بلوکها باید بصورت کروی مستقر شده باشد و دیگری یک بلوک مسطح صلب باید باشد. سطح بارگذاری تا وقتی که نه هستند نباید ناصافی بیش از 0.0005 اینچ (0.127 میلیمتر) داشته باشند. و باید در حد مجاز 0.001 اینچ (0.25 میلیمتر) نگه داشته شود. قطر صفحه ای که گوی کروی دارد حداقل باید به اندازه نمونه باشد اما نباید از دو برابر قطر نمونه مورد آزمایش تجاوز نماید. قسمت متحرک بلوک بارگذاری (صفحه بالایی) باید دقیقاً مقابل با صفحه زیرین قرار گرفته باشد. اما باید طوری طراحی شده باشد که قابل دوران بوده بطوریکه در تمام جهات تا زاویه کمی قابل چرخش باشد.

توجه ۲: صفحات پهن فلزی موقتی با سطح بارگذاری مسطح مطابق موارد مورد نیاز در این استاندارد را می توان بکار برد. این صفحات باید ضخامتی معادل $\frac{1}{4}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ (12.7 تا 19.05 میلیمتر) داشته باشند. در اثر تماس سطح زیر سنگهای مورد آزمون، بیش از این صفحات بتدریج سطح این صفحات زیر و خشن شده اند. لذا هر چندگاهی نیاز به صفحه گذاری مجدد دارد.

۱- ۲- ۴- در حین آزمایش می توان نمونه را در تماس مستقیم با صفحات ماشین بارگذاری مطابق با شکل (۱) قرار داد. در غیر اینصورت با استفاده از متعلقات تکمیلی صفحات بارگذاری و یا استفاده از نوارهای بارگذاری که باید بین نمونه و صفحات دستگاه بارگذاری قرار بگیرند تا تمرکز تنشهای بالا را کاهش دهند، استفاده نمود.

۲- ۲- ۴- متعلقات و اضافات صفحات بارگذاری با همان مشخصات توصیف شده در بند ۲- ۴ را می توان جهت کاهش تنشهای تماسی بکار برد. شعاع پیچش و دوران متعلقات صفحات بارگذاری باید طوری طراحی شده باشد که قوس تماسشان با نمونه در هر صورت نباید از ۱۵ درجه بیشتر شود یا عرض تماس کمتر از $\frac{D}{6}$ باشد (D قطر نمونه است).

توجه ۳: از آنجائیکه معادله مورد استفاده در بند ۱- ۸ جهت مقاومت کششی دو نیم شدن بواسطه یک خط بار اخذ شده است لذا بار وارده باید به یک نوار خیلی باریک محدود شود. اما یک خط بار بینهایت تنش های

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تعماسی بالا ایجاد می کند که سبب ترک خوردن قبل از مزیق نمونه می گردند. یک نوار تماس عریضتر می تواند از مشکلات فوق بکاهد. تحقیقات نشان می دهد که یک قوس تماس کوچکتر از ۱۵ درجه خطائی کمتر از ۲ درصد را در تنش کششی اصلی ایجاد نخواهد کرد که باعث کاهش توکیدن قبل از به مزیق نمونه می گردد.

۳-۴ - نوارهای بارگذاری:

منوای نازکی به ضخامت ۰/۰۱ قطر نمونه یا یک تخته چندان به ضخامت ۰/۲۵ اینچ جهت فرار دادن بین سطح بارگذاری دستگاه و نمونه جهت کاهش تمرکز تنشهای زیاد مورد استفاده قرار می گیرند.

توجه ۴: تجربیات نشان داده است که نتایج آزمون حاصله از صفحات بارگذاری همواره با متعینات مربوطه و نوارهای بارگذاری موضوع بندهای ۳-۲ و ۲-۲-۲ تفاوت مهمی یا همدیگر ندارند. اما ممکن است که بعضی تفاوتهای منطقی از نتایج این آزمایش ها که در انجام آنها تماس مستقیمی بین نمونه و صفحات فلزی دستگاه وجود دارد پیش بیاید.

۵ - نمونه گیری:

۱-۵ - نمونه باید از مغزه ای که نشاندهنده میانگین واقعی نوع سنگ مورد نظر است باشد. بدین منظور بازدید چشمی جهت دست یابی به مواردی از قبیل ترکیبات معدنی، اندازه ذرات و شکل آنها، تقسیم بندی و نیز نقائص مانند منافذ و شکافهای نمونه می تواند انجام گیرد.

۶ - نمونه های آزمایش:

۱-۶ - ابعاد: نمونه آزمایشی باید دارای یک صفحه مدور با نسبت ضخامت به قطر ($\frac{L}{D}$) بین ۰/۵ تا ۰/۷۵ باشد قطر نمونه باید حداقل ۱۰ برابر بزرگتر از بزرگترین ذره معدنی موجود در سنگ باشد. نمونه ای به قطر $\frac{1.15}{16}$ اینچ معمولاً ملاک رضایتبخشی را بدست می دهد.

توجه ۵: هنگامیکه مغزه های کوچکتر از حداقل مشخص شده مورد استفاده قرار می گیرند که بواسطه در دسترس نبودن مصالح ناگزیر از اینکار شده باشیم در این صورت باید در گزارش نهائی به این نکته اشاره گردد.

توجه ۶: اگر نمونه مشخصات غیرمکن ظاهری نظیر لایه بندی یا توری را نشان می دهد، در تهیه نمونه باید دقت شود بطوری که جهت بارگذاری ترجیحاً متناسب با غبرایز و توری تعیین شود. توجه به این جهت باید در گزارش نیز آورده شود.

۲-۶ - تعداد نمونه ها: جهت دستیابی به یک مقدار میانگین قابل اطمینان حداقل تعداد ۱۰ نمونه بایستی مورد آزمایش قرار گیرند. اگر نتایج چند نمونه یکسان و یا همخوانی داشته باشد (ضریب پراکندگی کمتر از ۵ درصد باشد) تعداد کمتری نیز قابل قبول خواهد بود.

۳-۶ - سطح جانبی نمونه باید صاف و بکنواخت و حداکثر بیش از ۰/۰۲۰ اینچ (۰/۵ میلیمتر) ناصافی در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک شاک - وزارت راه و ترابری

سطح نداشته باشد.

۴-۶- دو انتهای هر نمونه را بطور کاملاً موازی با هم برش دهید بطوریکه سطوح با محور قطری زاویه ۹۰ درجه داشته باشند. دو انتهای نمونه نباید نسبت به شیب قائم محور مخروط بیش از ۰/۵ درجه انحراف داشته باشند. بدین منظور باید از یک تینه‌الماس دقیق جهت برش نمونه ۱۸ استفاده نمود.

۵-۶- قطر نمونه را تا حداقل یا دقت (۰/۰۱) اینچ) ۰/۲۵ میلیمتر اندازه‌گیری نمایید. این کار را با استفاده میانگین حداقل سه بار اندازه‌گیری که هر کدام از آنها باید در طول قطر بارگذاری صورت گیرد، انجام پذیرد.

۶-۶- ضخامت نمونه را با دقت (۰/۰۱) اینچ) ۰/۲۵ میلیمتر اندازه‌گیری نماید. این کار را با استفاده میانگین حداقل ۳ بار اندازه‌گیری که هر کدام از آنها در مرکز سطح نمونه صورت گیرد انجام پذیرد.

۷-۶- شرایط رطوبتی نمونه به هنگام آزمایش می‌تواند تأثیر مهمی در متفاوت «اصالة سنگ» داشته باشد. لذا شرایط رطوبت صحیحاً باید تا هنگام آزمایش در نمونه حفظ گردد. به عبارت دیگر ممکن است دلایل دیگری جهت آزمایش نمونه‌ها با درصد رطوبتهای متفاوت وجود داشته باشد مانند هنگامی که نمونه‌ها کاملاً خشک باشند و یا تعیین درصد رطوبت نمونه وقتیکه کنترل رطوبت مورد نیاز باشد. در هر صورت درصد رطوبت نمونه آزمایش شده و مشکلات مربوطه را مطابق بند ۶-۱-۹ در گزارش نهایی ذکر کنید.

۷- روش آزمایش:

۱-۷- علامت‌گذاری - جهت تعیین جهت قائم مطلوب و مورد نظر نمونه باید یک خط قطری در هر کدام از دو سطح انتهایی نمونه ترسیم گردد. این خطوط جهت راهنمایی استفاده می‌شود تا نمونه در مرکز ماشین آزمایش قرار گیرد و از این نظر اطمینان حاصل گردد. این خطوط همچنین بعنوان مبنایی جهت اندازه‌گیری ضخامت و قطر نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرند.

توجه ۷: اگر نمونه غیرایزوتروپ است، اطمینان باید حاصل شود که خطوط علامت‌گذاری شده در هر نمونه به همان جهت اشاره دارد.

۲-۷- استقرار نمونه: نمونه آزمایشی را بطوریکه اطمینان حاصل کنید که صفحه قطری دو خط علامت‌گذاری شده دو انتهای نمونه دقیقاً در مرکز سطح نشیمنگاه کروی دستگاه با دقت ۰/۰۱۳ میلیمتر قرار گرفته باشد مستقر نماید.

توجه ۸: بهترین خط بارگذاری اغلب با دوران نمونه حول محورش بطوریکه هیچ نوزی در محل تماس بین نمونه و صفحه بارگذاری نباشد حاصل می‌گردد. نور پشت نمونه می‌تواند در این امر کمک کند.

۳-۷- بارگذاری: بار فشاری بصورت پیوسته و افزایشی با یک سرعت بارگذاری یا تغییرشکل ثابتی اعمال می‌شود که نمونه در مدت ۱۰ دقیقه گسیخته شود. سرعت بارگذاری باید بین ۵۰۰ تا ۳۰۰۰ پوند بر اینچ مربع در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دقیقه که بستگی به نوع سنگ دارد، باشد.

توجه: ۹- نتایج آزمایشات انجام گرفته توسط چندین محقق نشان می دهد که رعایت سرعت بارگذاری فوق مانع از تأثیرات بارگذاری سریع نخواهد شد.

محاسبات:

۱-۸- مقاومت کششی دو نیم نشان باید بصورت ذیل محاسبه گردد:

$$\sigma_t = 2P/UD$$

که در آن:

σ_t - مقاومت کششی دو نیم شدن بر حسب پوند بر اینچ مربع یا پاسکال،

P - حداکثر بار وارده توسط دستگاه بر حسب پوند نیرو یا نیوتن،

L - ضخامت نمونه بر حسب اینچ یا متر، و

D = قطر نمونه بر حسب اینچ یا متر.

۹- گزارش:

۱-۹- گزارش باید موارد ذیل را دربرگیرد:

۱-۱-۹- معدن نمونه مشتمل بر نام پروژه و موقعیت و در صورت امکان محیط انبار موقعیت و محل معمولاً بصورت مواردی مثل شماره گمانه و عمق آن در محل نمونه برداری نمونه اخذ شده بیان می گردد.

۲-۱-۹- تشریح فیزیکی نمونه مشتمل بر نوع سنگ، موقعیت و جهت صفحات ضعیف و سخت آن، صفحات لایه بندی و شیستوزیته، ظرفیتها و ذخایر بزرگ یا همجنس می باشد.

۳-۱-۹- تاریخ نمونه برداری و انجام آزمایش

۴-۱-۹- طول و قطر نمونه با ابعاد مورد نیاز استاندارد تطبیق داده شود و نیز امتداد بارگذاری معلوم گردد. نوع تماس بین نمونه و صفحات بارگذاری نیز قید گردد.

۵-۱-۹- سرعت بارگذاری یا سرعت تغییر شکل قید گردد.

۶-۱-۹- شرایط عمومی نمونه از نظر رطوبت که بهنگام رسیدن به آزمایشگاه چند درصد رطوبت داشته و یا اشیاع بوده و آزمایش بر روی نمونه خشک شده در هوا یا اون صورت گرفته است. پیشنهاد می گردد که شرایط رطوبتی نمونه را با دقت تعیین کنید و بصورت درصد رطوبت یا درجه اشیاع گزارش نمایید.

۷-۱-۹- مقاومت کششی دو نیم شدن هر نمونه محاسبه گردیده و نیز میانگین مقاومت کششی دو نیم شدن تمام نمونه ها و انحراف استاندارد و ضریب تغییرات محاسبه گردد.



۸-۱-۹- نوع و محل شکست و گسیختگی باید قید گردد. شکل گسیختگی نمونه نیز توصیه می گردد.

۱۰- دقت و انحراف

۱۰-۱- نتایج و اطلاعات حاصله از طریق یک برنامه آزمایشگاهی برای دستیابی به خصوصیات سنگ با انجام دقیق روش آزمایش تعیین می گردد مقدار مرجع مورد قبولی برای این روش وجود ندارد بنابراین خطا نمی تواند تعیین شود.

۱۱- لغات راهنما

۱۱-۱- مقاومت کششی غیر مستقیم ، سنگ ، مقاومت کششی دو نیم شدن.

روش آزمایش

خاصیت واگرایی خاکهای رسی بوسیله هیدرومتر دوگانه

ASTM-D 4221-83

Standard test method for Dispersive characteristics of clay soil by Double Hydrometer.

۱- مقدمه

- ۱-۱- این آزمایش چنانچه همراه با آزمایش دانه بندی D 422 بر روی دو نمونه مشابه از یک خاک انجام شود، نشانه ای از خاصیت واگرایی طبیعی (یا قابلیت آب شستگی) خاکهای رسی بدست می آید.
 - ۱-۲- کاربرد این روش وقتی موثر است که دامنه خمیری (روش D 424) بیشتر از ۴ بوده و بیش از ۱۴٪ ذرات خاک (حاصل از آزمایش دانه بندی روش D 422) کوچکتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر باشد.
 - ۱-۳- این روش آزمایش مشابه D 422 میباشد. به استثناء اینکه در این روش برای اندازه گیری درصد ذرات ریزتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر در مخلوط (سوسپانسیون) آب و خاک، از بهم زدن مکانیکی استفاده نشده و به مخلوط عامل جدا ساز نیز اضافه نمیشود.
 - ۱-۴- مقدار ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر که با این روش آزمایش میشود، در مقایسه با کل ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر که به روش D 422 تعیین میگردد، نشانه ای است از خاصیت واگرایی خاک.
 - ۱-۵- این روش ممکن است برای شناسایی کلیه خاکهای رسی واگرا موثر نباشد.
- توضیح - ۱- خاکهاییکه ۲۵٪ یا بیشتر طبق این روش خاصیت واگرایی نشان دهند معمولاً بعنوان خاکهای واگرا معرفی میشوند.

۳- منابع

- ۱-۲- استانداردهای ASTM
آزمایش دانه بندی خاک D 422
آزمایش حد خمیری و دامنه خمیری خاکها D 424
آزمایش تعیین رطوبت خاک ، سنگ و مخلوط خاک و سنگ D 2216
مشخصات سیم و توری الکها E 11
مشخصات E 100 برای هیدرومتری ASTM
مشخصات E 145 برای گرمخانه

۳- مشخصات و کاربرد

رس های واگرا یا جداشونده (Dispersive clay) آنهايي هستند که چنانچه در معرفي آبهاي کم نمک قرار گیرند ، ذرات مجتمع آن معمولاً از یکدیگر جدا میشوند (به آسانی با آب شسته میشوند) ، برعکس رس های غیرواگرا یا جمع شونده (Aggregated clay) آنهايي هستند که در سیستم خاک - آب ذرات آن بصورت مجتمع باقی می مانند . معمولاً در رس های واگر خاصیت فرسایش در مجاورت آب یا آب شستگی زیاد است ، همچنین در این رسها نیروی بلقوه تورم و انقباض وجود داشته و دارای سرعت نفوذ پذیری کمتری نسبت به رس های جمع شونده (غیر واگرا) میباشد .

۴- وسایل

- ۴-۱- الک - الک ۲ میلیمتر (شماره - ۱۰) مطابق با مشخصات E 11
۴-۲- ظروف - برای نگهداری خاکهای مربوطه در ظروف دربسته
۴-۳- ترازو - با دقت ۰/۱ گرم
۴-۴- فلاسک فیلتر کردن - یک عدد به کنجایش ۵۰۰ ml با درپوش لاستیکی و لوله جانبی جهت اتصال به سیستم خلاء
۴-۵- پمپ خلاء - برای تخلیه هوای محبوس شده در نمونه

۴-۶- سیلندر رسوب گذاری - يك سيلندر شیشه ائي با ارتفاع 18 . اينسچ (۴۶۰ ميليمتر) و قطر ۲/۵ اينچ ۶۲/۵ ميلي متر كه بر روی آن بفاصله ۲۰ + ۲۶۰ mm از كف سيلندر برای حجم 1۰۰۰ mL علامت گذاری شده است .

۴-۷- هیدرومتر - هیدرومتر ASTM با توجه به مشخصات E 1۰۰ برای هیدرومترهای 151 H یا 152 H

۴-۸- دماسنج - با دقت ۰/۵

۴-۹- زمان سنج - ساعت دارای ثانیه شمار

۴-۱۰- آب مقطر - با PH حدود ۷-۵/۵

توضیح - ۲- در آب مقطر ممکن است مقدار بسیار کمی مواد معدنی وجود داشته باشد و علیرغم کیفی بودن این آزمایش مواد معدنی نبایستی بر روی نتایج آزمایش اثر داشته باشند، در این حالت میتوان از آب عاری از مواد معدنی (demineralized) استفاده نمود.

۴-۱۱- خشک کن - گرمخانه یا سیستم کنترل درجه برای تامین درجه حرارت ثابت ۵۰ ± ۱۱۰ در طول مدت خشک کردن

۵- تهیه نمونه

۵-۱- مقدار ۲۰۰ گرم خاک را از الک ۲ میلیمتر (نمره - ۱۰) عبور دهید. اگر مصالح کاملاً مرطوب باشد بکمک دست و یا بکمک دسته ماون لاستیکی خاک را - الک کنید.

دقت شود که آزمایش در شرایط رطوبت طبیعی انجام گردد و وقتی نمونه خیلی مرطوب باشد، قبل از انجام آزمایش ابتداءً آنرا تا رطوبت حد پلاستیک خشک کنید.

۵-۲- حدود ۱۰۰ گرم خاک عبوری از الک نمره ۱۰ را برای اندازه گیری رطوبت انتخاب ، بقیه خاک عبوری از الک نمره ۱۰ را در ظرف در بسته (غیرقابل نفوذ هوا) نگهدارید.

۵-۳- مقدار درصد رطوبت خشک زیر الک نمره ۱۰ را طبق روش D 2216 اندازه گیری کنید.

۶- روش آزمایش

- ۶-۱- مقدار ۱۲۵ mL آب مقطر را در فلاسک بریزید .
- ۶-۲- مقداری خاک مرطوب ، معادل ۲۵ گرم نمونه معرف خاک خشک را ، از طرف حاوی خاک مرطوب به روش مناسبی برداشته و با آب در فلاسک قرار دهید .
- ۶-۲-۱- وزن خاک مرطوب ، معادل ۲۵ گرم خاک خشک ، از رابطه زیر تعیین میشود .

$$W_m = W_d \left(1 + \frac{W}{100} \right)$$

W_m	- وزن خاک مرطوب	گرم
W_d	- وزن خاک خشک	گرم
W	- درصد رطوبت نمونه	%

- ۶-۲-۲- درپوش لاستیکی را داخل دهانه فلاسک قرار دهید و فلاسک را به پمپ خلاء متصل نمائید اگر خاک خشک باشد، قبل از آنکه اتصال فلاسک به پمپ برقرار گردد بایستی حداقل بمدت ۲ ساعت غوطه ور باقی بماند .
- ۶-۴- پمپ را بکار انداخته تا خلاء کامل ایجاد شود . اگر حباب هوا ظاهر نشده میزان خلاء کافی نمیباشد .
- ۶-۵- در زمانهای ۲ دقیقه ، ۵ دقیقه و ۸ دقیقه بعد از آنکه سیستم خلاء بکار افتاد فلاسک را بصورت دایره ای چندین بار بچرخانید تا حبابهای هوای محبوس آزاد شود .
- ۶-۶- بعد از ۱۰ دقیقه عمل تخلیه هوا بکمک خلاء ، اتصال فلاسک به پمپ را قطع نمائید .
- ۶-۷- مخلوط خاک - آب را از داخل فلاسک بکمک عمل شستشو به داخل سِلندر رسوب گذاری منتقل ، حجم کل را توسط آب مقطر بدون مواد معدنی به ۱۰۰۰ mL برسانید .

۶-۸- با استفاده از کف دست و یادرپوش لاستیکی ، سر استوانه پوشانده شده و مدت يك دقیقه ظرف واژگون و برگردانده شود (تبصره - ۲) پس از این مدت استوانه درمحل مناسبی قرار داده شود. این لحظه شروع دوره رسوب گذاری است فاصله زمانی بین مراحل (۶-۴) و (۶-۸) نبایستی بیشتر از يك ساعت باشد. تبصره - ۲- تعداد دفعات واژگونی استوانه تقریباً ۶۰ بار در دقیقه میباشد. در این شمارش واژگون کردن استوانه و برگرداندن آن به وضعیت اولیه دوبار به حساب می آید.

کلیه ذرات باقیمانده در ته سیلند نبایستی در چند حرکت اولیه بکمک تکانهاژیکه به ته ظرف داده میشود از آن جدا و معلق شوند.

۶-۹- مقادیر اعدادقراشت هیدرومتر و درجه حرارت لازم برای تعیین درصد مواد کوچکتر از ۰/۰۰۵ میلیمتر در سوسپانسیون مطابق روش آزمایش و محاسبه D 422 انجام شود.

تبصره - ۴- توجه شود، بمنظور تعیین ضریب اصلاح هیدرومتر طبق روش D 422 بجای محلول ماده جداساز نبایستی فقط از آب مقطر استفاده شود.

۷- محاسبه

درصد واگرایی از رابطه زیر تعیین میشود.

$$\text{درصد ذرات کوچکتر از } 0.005 \text{ میلیمتر در این آزمایش} = \text{درصد واگرایی}$$

$$\text{درصد ذرات کوچکتر از } 0.005 \text{ میلیمتر از آزمایش D422}$$

بعبارت دیگر:

$$\text{درصد ذرات کوچکتر از } 0.005 \text{ میلیمتر در آزمایش هیدرومتری بدون محلول جداساز} = \text{درصد واگرایی}$$

$$\text{درصد ذرات کوچکتر از } 0.005 \text{ میلیمتر در آزمایش هیدرومتری با محلول جداساز}$$

۸- گسزآزش

۸-۱- گزآزش بر حسب درصد واگرایی بخش ۵-۵ میباشد.

تصوره - ۵ - وقتی درصد واگرایی معادل ۱۰۰ باشد، این امر نشانه تجزیه کامل بخش ذرات رسی یا واگرایی میباشد و هنگامیکه نتیجه معادل صفر است ، این امر نشانه آن است که هیچ گره واگرایی در ذرات بوجود نمی آید و خاک در مقابل آب شستگی مقاوم است .

۹ - دقت آزمایش

چون این آزمایش کیفی است ، تعیین مقدار خطا و دقت میسر و لازم نمی باشد .

مشخصه ۸۳-۴۲۵۲-ASTM

روش آزمایش استاندارد برای تعیین اندیس دانسیته ماگنیزیم خاکها با استفاده از میز مرتعش

۱- حدود

۱-۱- این روش تعیین اندیس دانسیته حداکثر خاکهای غیرچسبنده بازه کش آزاد را با استفاده از میز مرتعش شرح میدهد.

۱-۲- چهار روش در تعیین اندیس دانسیته حداکثر بشرح ذیل ارائه میشود:

روش A ۱۰ با استفاده از خاک خشک شده دراون و میز با ارتعاش عمودی الکترو مغناطیسی

روش B ۱۰ با استفاده از خاک تر و میز با ارتعاش عمودی الکترو مغناطیسی

روش A ۲۰ با استفاده از خاک خشک شده دراون و میز با ارتعاش عمودی و مبدل دوار

فلکسه ای

روش B ۲۰ با استفاده از خاک تر و میز با ارتعاش عمودی و مبدل دوار یا فلکسه ای

۱-۳- روش آزمایش مورد استفاده بایستی در مشخصه آزمایش مشخص گزیند.

۱-۳-۱- نوع میز مورد استفاده (روش ۱ یا ۲) "مختلا" بر اساس وسیله در دسترس انتخاب میگردد.

یادآوری ۱- دلیل مبرهن وجود دارد که نشان میدهد میزهای الکترو مغناطیسی مقادیر اندیس

دانسیته حداکثر را کمی بزرگتر بدست میدهند.

۱-۳-۲- پیشنهاد میشود که هم روش خشک و هم روش تر (روش A و B) در شروع هر

کار جدید و یا بروز تغییر در خاک انجام گیرد، زیرا روش تر مقادیر اندیس دانسیته

حداکثر را در مورد بعضی از خاکها خیلی بزرگتر ارائه میدهد. این اندیس دانسیته

حداکثر بزرگتر، و قتیکه با اندیس دانسیته حداقل بکار میرود، در مقدار دانسیته

نسبی (۵۰٪) محاسبه شده خاک موجود در محل تاثیر بسزائی داشته است.

در حالیکه روش خشک اغلب بعلت نتایج سریع تری که ارائه میدهد انجام میشود

بطور کلی روشن تر وقتی بایستی استفاده شود که مسلم کرد دانسیته حداکثر

بدست آمده از آن، در استفاده و کاربرد مقدار دانسیته نسبی بطور قابل ملاحظه ای

تاثیر دارد.

۱-۴- این روش ها در مورد خاکهایی بکار میرود که در آن، نسبت بوزن خاک خشک ۱۰۰٪ ذرات

خاک از الیک ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) بگذرد و ممکن است تا ۱۵٪ نسبت بوزن خشک

حاوی ذرات خاک گذشته از الك ۲۰۰ (۷۵ میکرون) باشد، بشرطیکه این ذرات خاصیت غیرچسبندگی وزه کش آزاد خود را حفظ کرده و همچنین ، نسبت بوزن خشك ۳۰٪ — خاک بر روی الك $\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) باقی بماند(اسناد مددی الك هابر طبق مشخصه F ۱۱ میباشد)

۱۰۴۰۱- خاکهای مورد استفاده این روش ها بایستی خاکهای غیرچسبنده موجود در طبیعت، — ذرات بعمل آمده، یا ترکیبات یا مخلوطهائی از خاکهای طبیعی ، یا مخلوطهائی از ذرات طبیعی بعمل آمده محسوب گردند بشرطیکه زه کش آزاد باشند .

۱۰۵- این روش ها نوعاً " برای خاکهای غیرچسبنده زه کش آزاد نسبت به مقادیری کسه از طریق ضربه تراکمی بدست نیاید و در آنها رابطه رطوبت - دانسیته معین و کاملاً روشن نیست ، دانسیته خشك ماگزیمم بزرگتری ارائه میدهند . البته در ———— مورد بعضی خاکها ، که حاوی ۵ تا ۱۵٪ ذرات ریزاست ، استفاده از ضربه تراکمی (روش های D ۶۹۸ یا D ۱۵۵۷) در ارزیابی آنچه بنام اندیس دانسیته حداکثر مناسب نامیده میشود مفید میباشد .

۱۰۶- در مورد انواع خاک های غیرچسبنده زه کش آزاد ، این روش ها موجب تغییردانه بندی متوسط (شکستن ذرات) خاک میگردد . وقتیکه تغییردانه بندی واقع میگردد نوعاً " در اندیس دانسیته ماگزیمم بدست آمده افزایشی ایجاد میشود ، لذا نتایج قابل مقایسه وقتیکه قالب های با اندازه های مختلف در آزمایش يك خاک معین بکار رود بدست نمی آید .

۲- مدارك مورد استفاده

استاندارد ASTM	۲۰۱-
روش آزمایش چگالی و جذب اگریگیت برشت دانم	C ۱۲۷
روش تفکیک اندازه ذرات خاکها	D ۴۲۲
عبارات و اصطلاحات مربوط به مکانیک خاک و سنگ	D ۶۵۲
روش های آزمایش تعیین رابطه های رطوبت - دانسیته خاکها و مخلوطه های	D ۶۹۸
خاک - اگریگیت با استفاده از چکش ۵/۵ پوندی (۲/۴۹ کیلوگرم) و سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر)	

- ۵ ۸۵۴ روش آزمایش چگالی خاکها
- ۵ ۱۵۵۲ روش های آزمایش تعیین روابط رطوبت - دانسیته خاکها و مخلوط خاک - اگریگیت با استفاده از چکش ۱۰ پوندی (۴/۵۴ کیلوگرم) و سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۲ میلیمتر)
- ۵ ۲۲۱۶ روش تعیین آزمایشگاهی آب (رطوبت) خاک - سنگ - و مخلوط های خاک - اگریگیت
- ۵ ۲۴۸۷ روش های آزمایش طبقه بندی خاکها برای اهداف فنی
- ۵ ۲۴۸۸ عمل تشریح و شناسائی خاکها (نظری و دستی)
- ۵ ۲۲۵۴ روش های آزمایشی برای تعیین اندیس دانسیته حداقل خاکها و محاسبه دانسیته

نسبی

۱۱ - مشخصات الک های سیمی برای مقاصد آزمایشی

۲۱۹ E روش های آزمایش ترازوهای تک بازویی

۲۸۸ E سیستم متریک

۳ - خلاصه روش ها

- ۳۰۱ - اندیس دانسیته حداکثر خاک معین بازه کش آزاد باریختن خاک خشک شده در اُون ویا خاک ترد رینک قالب ، پابکار بردن سربار ۲ پوند بر اینچ مربع ($K_{p\sigma} - 14$) (جرم مرده) بر روی سطح خاک و سپس ارتعاش عمودی قالب ، خاک و سربار تعیین میشود .
- از یک میز مرتعش الکتر و مغناطیسی ، یا مبدل دوار یا فلکه دار که حرکت سینوسی شکل با زمان عمودی داشته و دامنه عمودی ارتعاش دوگانه (پیک تا پیک) آن حدود ۰/۰۱۲ اینچ (۰/۳۳ میلیمتر) برای ۸ دقیقه در ۶۰ هرتز یا حدود ۰/۰۱۹ اینچ (۰/۴۸ میلیمتر) برای ده دقیقه در ۵۰ هرتز باشد استفاده می نمایند .
- اندیس دانسیته حداکثر با تقسیم جرم در اُون خشک شده خاک متراکم شده به حجم آن (متوسط ارتفاع و سطح مقطع قالب) محاسبه میشود .

۴-۱ اعتبار استفاده

- ۴۰۱ - در مورد بسیاری از خاکهای غیر چسبنده - زه کش آزاد ، اندیس دانسیته حداکثر یکی از نشانه های تشخیص وضعیت تراکمی توده خاک معین است که بطور طبیعی وجود دارد یا بوسیله دست بشر ریخته شده است .
- ۴۰۱-۱ دانسیته نسبی و در صد تراکم معمولاً " در تشخیص وضعیت تراکمی توده خاک معین بکار میرود برای تشریح اصطلاحات به قسمت ۵ مراجعه فرمایند .

۴۰۲- عمدتاً " مشخص شده که هم دانسیته نسبی وهم درصدمتراکم نشانه خوبی از وضعیت تراکمی توده خال معینی است . البته خصوصیات فنی مانند مقاومت ، قابلیت فشردگی و نفوذپذیری خاک معینی که بروش های مختلف تا وضعیت تراکمی معین متراکم شده بطور قابل ملاحظه ای میتواند تغییر کند . بدین جهت برای ارتباط خصوصیات فنی خاکها به وضعیت تراکمی از قضاوت فنی مناسب بایستی استفاده شود .

۴۰۳- دانسیته مطلق حداکثر با این روش هاضورتاً " بدست نمی آید .
 پیادآوری ۲- علاوه بر این نشریات زیادی دلالت میکند که این روش ها بمیزان زیادی قابل تغییر است البته این مشکل را میتوان با کالیبراسیون دقیق وسایل شامل میر مترتعیینش وتوجه دقیق به روش وتکنیک آزمایش تا حد زیادی تقلیل داد .

۴۰۴- دامنه دوگانه ارتعاش خمودی اثر مهمی بر مقدار دانسیته دارد . در مورد میزمرتعیینش مخصوص وقالب مربوطه ، ندیس دانسیته حداکثر مصالح معین راممکن است در دامنه دوگانه ارتعاشی غیر از دامنه دوگانه 0.13 ± 0.02 اینچ (0.33 ± 0.05) در فرکانسس ۶۰ هرتز یا 0.19 ± 0.03 اینچ (0.48 ± 0.08) در فرکانس ۵۰ هرتز که در این روش لازمست ، بدست آورد : تعیین دانسیته خشك ممکن است در ابتدا ، با افزایش دامنه دوپل ارتعاش افزایش یابدوبه يك پيك برسدوسپس با افزایش بیشتر دامنه دوگانه ارتعاش کاهش یابد . علاوه بر این رابطه بین دانسیته پيك ودامنه دوگانه ارتعاش مطلوب (دامنه دوگانه ارتعاش که در آن دانسیته پيك اتفاق میافتد) با انواع خاک ودانه بندی هاتغییر میکند بهمین دلیل این روش ها استفاده از دامنه دوگانه ارتعاش دیگری غیر از آن که در بالا شرح داده شد ، در شرایط مخصوص که در ۱۱۰۶۰۳ بیان شده ، مجاز دانسته است .

۴۰۵- استفاده از قالب های استاندارد (۶۰۱۰۱) در مورد بسیاری از خاکها که آزمایشش اندیس دانسیته حداکثر لازم دارد مناسب میباشد . قالب های مخصوص (۶۰۱۰۲) فقط وقتی باید بکار رود که نتایج آزمایش در رابطه با طرح یا بررسی های مخصوص بکار رود وخاک برای قالب های استاندارد کافی نباشد . نتایج این آزمایش بایستی با احتیاط بکار رود زیرا اندیس دانسیته حداکثر که با قالب های مخصوص بدست میآید ممکن است یا آنهائیکه با قالب های استاندارد بدست آمده متفاوت باشد .

۵- تشریح اصطلاحات مخصوص به این استاندارد

۵۰۱- اندیس دانسیته حداکثر: دانسیته خشك مرجع خاک در متراکم ترین وضعیت وتراکمی کسبه

میتوان باروش تراکمی آزمایشگاهی استاندارد که بهم خوردگی و شکستگی ذرات خاک را به حد اقل میرساند بدست آورد

۵۰۲ - اندیس نسبت منفذی حداقل - نسبت منفذی مرجع يك خاک در اندیس دانسیته حداکثر (e_{min})

۵۰۳ - اندیس دانسیته حداقل - دانسیته خشك مرجع خاک درشل ترین وضعیت تراکمی ممکن با استفاده از روش آزمایشگاهی استاندارد که از حجم شدن جلوگیری و بهم خوردگی ذره ای رابه حد اقل میرساند (P_{dmin})

۵۰۴ - اندیس نسبت منفذی حداکثر - نسبت منفذی مرجع خاک در اندیس دانسیته خاک (e_{max})

۵۰۵ - نسبت منفذی معین - نسبت منفذی درمحل یا مستقر رسوب یا خاکریز (e)

۵۰۶ - دانسیته خشك (P_d) دانسیته خشك رسوب خاکی یا خاکریز درنسبت منفذی معین

۵۰۷ - دانسیته نسبی - نسبت اختلاف بین اندیس نسبت منفذی حداکثر و نسبت منفذی معین خاک غیرچسبنده بازه کشی آزاده، به اختلاف بین نسبت منفذی حداکثر و حداقل که برحسب درصد بیان میشود (D_d)

معادله آن بشرح ذیل است:

$$D_d = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

یا برحسب اصطلاحات دانسیته خشك مربوطه

$$D_d = \frac{P_{dmax}(P_d - P_{dmin})}{P_d(P_{dmax} - P_{dmin})} \times 100$$

۵۰۸ - درصد تراکم یا تراکم نسبی (R_c) - نسبت دانسیته خشك خاک معین به اندیس

دانسیته حداکثر که برحسب درصد بیان میشود.

$$R_c = \frac{P_d}{P_{dmax}} \times 100$$

۵۰۹ - اندیس دانسیته I_d - نسبت اختلاف بین هر دانسیته خشك معین و اندیس دانسیته حداقل معین

خاک غیرچسبنده به اختلاف بین اندیس دانسیته های حداکثر و حداقل که برحسب درصد بیان میشود.

$$I_d = \frac{P_d - P_{dmin}}{P_{dmax} - P_{dmin}} \times 100$$

۶- وسایل:

۶-۱ مجتمع قالب - يك نوع قالب در شكل (۱) نشان داده شده ، اجزاء و ملحقات آن بشرح ذیل است .

۶-۱-۱ قالب های استاندارد- قالب های فلزی استوانه ای با حجم اسمی ۱۰۰٪ فوت مکعب (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) و ۵۰۰٪ فوت مکعب (۱۴۲۰۰ سانتیمتر مکعب) این قالب ها باید با شکل (۲) تطبیق نماید . حجم واقعی قالب ها بایستی در محدوده ۱/۵ درصد حجم اسمی ذکر شده باشد .

۶-۱-۲ قالب های مخصوص - قالب های فلزی استوانه با ظرفیت کمتر از ۱۰۰٪ فوت مکعب (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) قطر داخلی معادل یا بیشتر از $\frac{1}{2}$ اینچ (۲۰ میلیمتر) اما کمتر از $\frac{1}{4}$ اینچ (۱۰۰ میلیمتر) و مطابق با طرح متدیوژی نشان داده شده در شکل (۳) این قالب ها فقط وقتی باید مورد استفاده قرار گیرد که نتایج آزمایش مجایه در رابطه با طرح یا سایر مطالعات مخصوص بکار رود ، و خاک جهت استفاده در قالب (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) کافی نباشد .

۶-۱-۳ ارتباط های راهنما - يك رابط راهنما یا گیره یا سایر وسایل مناسب مرتبط کننده (مراجعه به شکل (۴)) برای هر اندازه قالب ، بمنظور سهولت مرکزی کردن رابط راهنما در بالای قالب ، دوسری از سه سری پیچ بر روی گیره بایستی مجهز به مهره قفل باشند .

۶-۱-۴ صفحات پایه سربار - يك صفحه پایه سربار برای هر اندازه قالب مطابق با مشخصات شکل ۵

۶-۱-۵ وزنه سربار - يك وزنه سربار برای هر اندازه قالب ، (شکل ۵) برای تولرانس مربوط به قالب های ۱۰۰٪ فوت مکعبی و ۵۰۰٪ فوت مکعبی مراجعه شود . برای قالب های مخصوص ، تولرانس مشابه بایستی رعایت شود . جرم کل صفحه پایه سربار و وزنه سربار باید معادل فشار سربار 12 ± 2 پوند بر اینچ مربع ($1 \pm 13/8$ KPa) برای قالب مورد استفاده باشد .

۶۰۱۰۶ - دستگیره سربار صفحه پایه - وسیله ای برای گذاردن و برداشتن صفحه پایه سربار

برای تکمیل تکائف - مثالی از این نوع گیره در شکل (b) ۴ نشان داده شده است.

از هر نوع قلاب مناسبی میتوان استفاده نمود.

۶۰۲ - نگاهدارنده گیج نشان دهنده عدد و نشان دهنده عدد وسیله ای که در ارتباط با براکت

راهنما بکار میرود جهت اندازه گیری اختلاف ارتفاع بین سطوح بالائی قالب و صفحه

پایه سربار پس از تکائف (شکل (c) ۴) طول گردش نشان دهنده عدد بایستی

۲ اینچ یا بیشتر باشد و درجه بندی آن ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیمتر) بوده و بطوری سوار شود

که ساقه گیج با محور عمودی قالب موازی باشد. جهت گردش نشان دهنده عدد بایستی

موافق عقربه ساعت باشد و عقربه آن وقتی که صفر را نشان دهد، بایستی تمام ساقه

در خود فرو رفته باشد.

۶۰۳ - ترازو (ها) با ظرفیت کافی برای تعیین جرم کل نمونه ها و قالب با دقت کافی که بتسوان

خاک را تا تقریب ۱٪ توزین کرد. مثالی از این ترازوها که قادر به تامین این احتیاجات برای

بیشتر شرایط میباشد مشخصاتی بشرح ذیل دارند:

۶۰۳۰۱ - در مورد قالب های ۰/۵۰۰ فوت مکعب (۱۴۲۰۰ سانتیمتر مکعب) یک قیان یا ترازوی

مشابه بکار ببرید که ظرفیت آن حداقل ۴۰ کیلوگرم و تا ۵ گرم قابل خواندن بوده و دقت

آن (انحراف استاندارد) ۰/۲٪ در صدوزن آزمایش باشد و صحت آن ۵ در صدوزن آزمایش است:

در هر نقطه بین ۱۰ کیلوگرم و ظرفیت آن باشد.

۶۰۳۰۲ - در مورد قالب های ۰/۱۰۰ فوت مکعبی (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) یک قیان یا ترازوی مشابه

بکار ببرید که حداقل ۱۵ کیلوگرم ظرفیت داشته و تا ۱ گرم قابل خواندن بوده و دقت

(انحراف استاندارد) آن ۰/۴٪ در صدوزن آزمایش باشد و صحت آن ۵ در صدوزن آزمایش است

در هر نقطه بین ۲۰۰ گرم و ظرفیت آن باشد.

یادآوری ۳ - بروش E ۳۱۹ برای تشریح اصطلاحات مربوط به ترازو و مراجعه نمایید. استانداردهای

تکمیلی برای تعیین کاربرد ترازوها بوسیله کمیته، E 4۱۰.۵ استاندارد ASTM در حال تدوین است.

۶۰۴ بالابور - ریسمان، زنجیر - یا بالابور کابل دار با ظرفیت حداقل ۳۰۰ پوند (۱۴۰ کیلوگرم) برای استفاده در قالب های ۰/۱۰۰ فوت مکعبی (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) یا قالب های ۰/۵۰۰ فوت مکعبی (۱۴۲۰۰ سانتیمتر مکعب)

۶۰۵ اون خشک کننده - که با استفاده از ترموستات کنترل شود و ترجیحا " از نوع

forced-draft باشد و قادر به تامین درجه حرارت یکنواخت $F + 9$ تا $F + 23$

(C $+ 5$ تا $+ 11$) در سراسر اطاقك خشک کننده باشد.

۶۰۶ الك ها ۲ اینچ (۷۵ میلیمتر) $\frac{1}{2}$ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) $\frac{3}{4}$ اینچ

(۱۹ میلیمتر) و $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) و شماره

۲۰۰ (۷۵ میکرون) مطابق با مشخصات E ۱۱

۶۰۷ میله درجه بندی، فلزی حدود $12 \times 3 \times \frac{1}{4}$ اینچ (۷۵ در ۳۰۰ در ۶ میلیمتر) انتخابی

(۱.۴)

۶۰۸ سایر وسایل نظیر ظروف مخلوط کننده - یک بیله فلزی بزرگ - یک برس موئی غبارزدا

یک وسیله نشان دهنده زمان دقیق و ثانیه - یک میکرومتر با حداقل گردش یک اینچ و درجه بندی

۰/۰۰۱ اینچ و یک لبه صاف کن فلزی برای صاف کردن خاک اضافی پس از اینکه در قالب

ریخته شده) اگر اندیس دانسیته حداقل باروش D ۴۲۵۴ تعیین میگردد (۰

۶۰۹ میز مرتعش - بر روی یک کف بتنی و یا توده ای که از نظر اندازه و شکل مانع از انتقال

ارتفاع بسایر سطوح آزمایش گردد، سوار خواهد شد، صفحه مرتعش عمودی میزبایستی
باندازه کافی بزرگ بوده و سختی آن بجدی باشد که مجتمع قالب مورد استفاده را بتوان
بآن متصل کرد و در حین آزمایش ثابت نگاه داشت.

میزبایستی قادر بر ارتعاش عمودی مجتمع قالب بطریقه سینوسی ریزمان بوده و دامنه
دوگانه متوسط آن (تغییر مکان پیک تا پیک) 0.02 ± 0.13 اینچ (0.5 ± 0.33 میلیمتر)
بافرکانس 60 ± 0.3 هرتز یا 19 ± 0.8 اینچ (0.48 ± 0.8 میلیمتر) با فرکانس 50 هرتز
تحت شرایط آزمایش باشد.

میزبایستی قابلیت تنظیم فرکانس ارتعاش (بین 0 تا 60 هرتز) و یادامنه دوگانه
ارتعاش بین 0.05 تا 0.12 اینچ در فرکانس 60 هرتز یا 0.07 تا 0.19 اینچ
در 50 هرتز یا هر دو برای روش های B و B داشته باشد میزبایستی در رابطه
با طرح یا بررسی های مخصوص قابلیت تنظیم دامنه دوگانه ارتعاشی آن بین
حدود 0.08 تا 0.25 اینچ در فرکانس 60 هرتز یا حدود 0.12 تا 0.26 اینچ در فرکانس
 50 هرتز باشد.

۶۰۹۰۱ یکی از انواع میزهای ذیل را مورد استفاده قرار دهید.

۶۰۹۰۱۰۱ میز مرتعش الکترومغناطیسی - یک میز فولادی مطابق با مشخصات ۶۰۹ با مشخصات

فولادی که بطریق عمودی مرتعش شود و ابعاد آن 30×30 اینچ بوده و وسیله یک ارتعاش

کننده الکترومغناطیسی از نوع *solid-impact* و با وزن خالص بیشتر

از 100 پوند (45 کیلوگرم) مرتعش شود. میزبایستی روی کف بتنی یا سکوئی بجرم حدود

1000 پوند (450 کیلوگرم) سوار شود.

۶۰۹۰۱۰۲ میز مرتعش فلکه ای یا مبدل دوار - مطابق با مشخصات ۶۰۹ جرم لازم برای اتکاء

میزهای مجهز به فلکه ارتعاشات در سایر سطوح را مرتفع کند، ممکن تا 1000 پوند
است

{ ۴۵۰۰ کیلو) باشد

یادآوری ۴- درپاورقی ۵ مثال هایی از میزهای الکترومغناطیسی و فلکه ای داده شده است.

۷- احتیاطات

۷-۱- احتیاطات اطمینان بخش - استفاده از میزهای مرتعش در بعضی محیطهای اکوستیکی

ممکن است ایجاد صداهائی با سطوح بیش از حدود قابل قبول نماید. در نواحی که این

وضعیت صادق است یاد در محل هائیکه در آنجا بررسی های اکوستیکی انجام نشده

وسایل حفاظتی شنوائی مناسبی بایستی بکار رود.

۸- نمونه گیری و نمونه های آزمایشی:

۸-۱- قبل از آزمایش ، نمونه بایستی بنحوی انبار گردد که از انجماد و آلودگی به سبب

مواد ، گم شدن خاک ، از بین رفتن هویت محفوظ باشد.

۸-۲- اندازه نمونه های آزمایشی و قالب مورد استفاده به اندازه ذره ای حداکثر موجود

در نمونه اصلی و منحنی دانه بندی نمونه بستگی دارد (مراجعه به جدول ۱)

۸-۲-۱- با استفاده از روش نظری باروش D_{422} (بستگی به پیچیدگی دانه بندی نمونه

و تجربه آزمایش کننده دارد) درصد ذرات مانده روی الک ۳ اینچ و $\frac{1}{4}$ اینچ

$\frac{2}{4}$ اینچ و $\frac{3}{8}$ اینچ ، شماره ۴ و شماره ۲۰۰ را تعیین کنید.

۸-۲-۲- تعیین اندیس دانسیته حداکثر بایستی براساس این روش انجام شود مگر آنکه

شرایط ۱۰۴ برقرار باشد، در این صورت ، اندازه قالب و جرم نمونه لازم براساس اندازه

دانه ای حداکثر از جدول (۱) معین میگردد.

۸-۲-۳- نمونه آزمایش انتخاب شده بایستی از مقدار تعیین شده از فرمول ذیل کمتر نباشد.

$$M_p = 0.0247 V_{117}$$

که در آن

M_p = جرم لازم بر حسب کیلوگرم و

V_{m1} = حجم قالب بر حسب سانتیمتر مکعب

۸۰۲- نمونه ای از خاک راکه با شرایط ۸۰۲ مطابقت دارد با استفاده از جداکننده ، چاقو

یا سایر روش های کوارتز انتخاب کنید .

۸۰۴ اگر روش های ۱۰A و ۲۰A استفاده میشود، نمونه را درون درجه حرارت 9 ± 230

فارنهایت با جرم ثابت خشک کنید . اغلب لازم است رطوبت نمونه را بدست آورند

در این صورت مقدار آب نمونه را بر اساس روش D2216 بدست آورید .

۸۰۴۱ پس از خشک کردن اگر یکیت سیمانی شده را خرد کنند تا از نقصان اندازه طبیعی ذرات جلوگیری

شود .

۹- آماده کردن وسائیل

۹۰۱ در مورد مجتمع قالبی کبه در آن جاگذاری رابط راهنما بر روی قالب بوسیله گذاردن پیچ

کنترل میگردد رابط راهنما بر روی قالب سوار کرده و گیره اتصالات را محکم کنید بنحویکه

دیواره داخلی رابط ها در خط دیواره داخلی قالب قرار گیرد .

مهره های قفل کننده روی دو پیچ را محکم کنید ، پیچی که مهره قفل کننده ندارد شل

کرده رابط راهنما را بردارید .

۹۰۲ جرم قالب خالی را با استفاده از ترازوی مشخص شده در ۶۰۳ تعیین و یادداشت کنید .

۹۰۳ بازدید کنید که میز مرتعش در وضعیت کاری خوبی باشد و قسمتی از آن شل یا خرد نشده

باشند هر نوع میزان یا تعمیر لازم را انجام دهید .

۹۰۴ بازدید کنید که میزان یک گردش اعداد اولیه گیج در محدوده 0.005 اینچ (0.127 میلیمتر)

مقدار بدست آمده در 1004 باشد یعنی صفر گیج تغییر نکرده باشد . در صورت لزوم

گیج را میزان کنید یا درجه بندی را دوباره انجام دهید (1004) بطریق دیگر

یک برکت مرجع (شبه شکل ۶) بکاربرید اگر لازم باشد گیج را با برکت

مرجع تنظیم کنید.

۱۰ کالیبراسیون

۱۰۱- کالیبراسیون های ذیل برای وسایل آزمایش قبل از استفاده اولیه و در فواصل هر ۱۰۰۰ آزمایش

یا سالیانه هر کدام که زودتر اتفاق بیافتد بایستی انجام گیرد.

۱۰۰۲- قالب ها - حجم هر قالب هم بطریق اندازه گیری مستقیم وهم بطریق استفاده از آب مانند

۱۰۲۰۱ و ۱۰۲۰۲ انجام میگیرد. حجم بدست آورده بنا بر روش بایستی حدود ۱/۵ درصد

مقدار عددی حجم قالب باشد. پیشنهاد میشود که هم روش اندازه گیری مستقیم

و هم روش استفاده از آب بکار رود. اگر اختلاف بین احجام محاسبه شده از هر دو روش از

۰/۵ درصد مقدار عددی قالب مورد استفاده تجاوز کند، بایستی کالیبراسیون تکرار

گردد. اگر بیش از حدود تولرانس های بیان شده بین نتایج دو روش کالیبراسیون

اختلاف وجود داشته باشد حتی پس از چندین آزمایش، نشانه ای از آن است که قالب

بسیختگی تغییر شکل داده و بایستی تعویض شود.

حجم بدست آورده با روش استفاده از آب بایستی بعنوان حجم قالب محسوب گردد

زیرا روش استفاده از آب بطور صحیح تری وضعیت تمام قالب را منعکس میکند.

۱۰۲۰۱- روش اندازه گیری مستقیم - حجم قالب از متوسط حداقل سه قطر داخلی و سه ارتفاع

محاسبه میشود. این اندازه گیری ها بایستی در سرتاسر قالب بطور یکنواخت

از یکدیگر فاصله داشته ودقت آنها ۰/۰۰۱ اینچ باشد.

V_m (فوت مکعب یا سانتیمتر مکعب) مساحت سطح مقطع و V_m (فوت مکعب - سانتیمتر

مکعب) حجم راتا چهار عدد صحیح محاسبه و یادداشت نمایند (بر طبق دستورالعمل

۲۸۰ E)

۱۰۰۲۰۲ روش استفاده از آب = قالب را از آب کاملاً پر کنید. یک صفحه شیشه ای را بر

روی بالای سطح قالب بنظر آنید تا مطمئن شوید که قالب کاملاً از آب پر شده است

یک لایه نازک از روغن سیلیکون یا گریس بر روی لبه قالب بین صفحه شیشه‌ای

ولیه قالب اتصال ضد آب بوجود می‌آورد. جرم و درجه حرارت آب لازم برای پرکردن قالب

را معین کنید. درجه حرارت بدقت ۱ درجه سیلینوس اندازه گیری میشود.

دقت اندازه گیری جرم آب (۰.۱٪ پوند) ۵ گرم، در مورد قالب ۰/۱۰۰ فوت مکعبی

و ۰/۱ پوند (۵۰ گرم) در مورد قالب ۰/۵۰۰ فوت مکعبی میباشد. از جدول (۲) حجم

واحد آب را بر حسب میلی لیتر در گرم در درجه حرارت محیط بدست آورید. حجم

قالب (فوت مکعب یا سانتیمتر مکعب) را تا ارقام کافی بشرح ذیل بدست آورید.

۱۰-۲۰۱ اگر جرم بر حسب گرم اندازه گیری شده. جرم آب لازم برای پرکردن قالب را بر حسب

گرم در واحد حجم آب کتبه از جدول (۲) بدست می‌آید ضرب کرده حاصل را بر

بر حسب
۲۸۳۲۰ میلی لیتر بر فوت مکعب تقسیم کنید. حجم قالب فوت مکعب بدست می‌آید

۱۰-۲۰۲ اگر جرم بر حسب پوند اندازه گیری شده جرم آب لازم برای پرکردن قالب را بر حسب

پوند در واحد حجم آب که از جدول (۲) بدست می‌آید ضرب کرده حاصل را بر ۶۲/۴۳ پوند

بر فوت مکعب تقسیم کنید. حجم قالب بر حسب فوت مکعب بدست می‌آید.

۱۰-۲۰۳ برای تبدیل حجم بر حسب فوت مکعب به سانتیمتر مکعب آن را در ۲۸۳۲۰ ضرب کنید

۱۰-۲۰۴ اگر برای تعیین حجم قالب فقط از روش پرکردن آب استفاده شود برای محاسبه سطح

مقطع قالب، حجم اندازه گیری شده را (۱۰-۲۰۲) به ارتفاع اندازه گیری شده (۱۰-۲۰۱)

تقسیم میکنید.

۱۰۰۳ صفحه پهنایه سربار- میانگین ضخامت صفحه پایه سربار با دقت ۰/۰۰۱ اینج

(۰/۲۵ میلیمتر) از حداقل چهار اندازه گیری بوسیله ورنیه یا کولیس میکرو

متری بدست آورده یادداشت کنید.

۱۰۰۴- عدد اولیه گیج، اگر سطح تماس بین براکت (bracket) راهنمای، قالب و حلقه نگهدارنده گیج (اشکال ۴ و ۲) با ماشین تراش شده و یا بوسیله جاسازی های برنجی میزان شده باشد، مقدار عدد اولیه را میتوان با میله کالیبراسیون طبق دستورالعمل ۱۰۰۴۰۱ و یا بدون میله طبق دستورالعمل ۱۰۰۴۰۲ بدست آورد.

۱۰۰۴۰۱- عدد اولیه گیج با میله کالیبراسیون - بوسیله یک میکرومتر ضخامت میله کالیبراسیون را با دقت ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلیمتر) بدست آورید. میله کالیبراسیون را بر روی یک قطر قالب در امتداد محور براکت های راهنما قرار دهید. نگاهدارنده گیج نشان دهنده عدد در هر یک از براکت های راهنما، روی قالب در حالیکه میله گیج در بالای میله کالیبراسیون روی محور براکت های راهنما قرار دارد داخل کنید. بوسیله نشانه هایی که روی براکت های راهنما و نگاهدارنده ایجاد میکنید، نگاهدارنده گیج را هر بار در همان وضعیت قبلی در براکت های راهنما قرار دهید. با خواندن سه عدد بر هر یک از کناره های چپ و راست ۶ عدد نشان دهنده عدد را بدست آورید و از آن میانگین بگیرید. برای محاسبه عدد اولیه گیج، R_i در مورد گیجی که حرکت عقربه آن در جهت گردش عقربه های ساعت است، ضخامت میله کالیبراسیون را از میانگین ۶ عدد خوانده شده کسر نمایید. در مورد گیج که گردش عقربه برخلاف عقربه های ساعت است ضخامت میله کالیبراسیون را به میانگین ۶ عدد خوانده شده اضافه نمایید.

۱۰۰۴۰۲- عدد اولیه گیج بدون میله کالیبراسیون - نگاهدارنده گیج نشان دهنده را در حالیکه میله گیج در تماس بالبه قالب (در وسطش) در دو کناره براکت های راهنما میباشد در هر یک از برکت های راهنما داخل کنید. با خواندن سه عدد بر هر کناره هر براکت ۶ سری عدد بدست آورید. میانگین این ۱۲ عدد، عدد اولیه گیج (R_i) میباشد.

۱۰۰۵- میز مرتعش - کالیبراسیون شامل تعیین رئوس تبدیل دوار یا فلکه مناسب برای میز الکترومغناطیسی، مجهز به مبدل دوار یا فلکه ای، تحت شرایط آزمایشش

و برای هر قالب می باشد بطوریکه دامنه دویل ارتعاش عمودی قالب در ۶۰ هرتز 0.004 /
 0.0134 / اینج (0.234 / 0.05 میلیمتر) و یادر ۵۰ هرتز 0.003 / 0.019 / اینج
(0.48 / 0.08 میلیمتر) باشد دامنه دویل ارتعاش بایستی بر روی قالب با تقریب
 0.0005 / 0.015 / (میلیمتر) اندازه گیری شود. پیشنهاد میگردد که در حین هر
کالیبراسیون منحنی تغییرات دامنه دویل ارتعاش عمودی نسبت به رئوستا
مبدل یا فلکه رسم گردد.

۱۰۰۵۰۱- پیا اینکه وسایل با اشکال مختلف برای اندازه گیری دامنه دویل ارتعاش میتوان
بکار برد، اما اندازه گیری آن محتاج تجربه است.
روش کار انجام کالیبراسیون و وسایل مورد احتیاج در روزنامه ژئوتکنیک
داده شده است.

۱۰۰۵۰۲- علاوه بر فرکانس کالیبراسیون توصیه شده در بند ۱۰۰۱ میز مرتعی پیش قبیل
از استفاده و بعد از هراتفاق (شامل تعمیرات) که ممکن است کار آن را تحت تاثیر
قرار دهد و یا در مواردیکه آزمایش سؤال انگیز است بایستی کالیبره گردد.

۱۱- روش کار:

- ۱۱۰۱- روش خشک - روش $10A$ یا $20A$
- ۱۱۰۱۰۱- نمونه خشک شده در اوون را مخلوط کنید تا پخش یکنواختی از اندازه ذره ای بدست
آید یعنی بهم خوردگی نا حد ممکن کم شود.
- ۱۱۰۱۰۲- قالب را از خاک پر کرده سطح آنرا با استفاده از روش هائی که بهم خوردگی
رابحد اقل میرساند صاف کنید از یک پیلچ و یا وسیله ریزشی دیگری (قیف) برای
ریختن خاک ، در قالب بایستی استفاده شود.
- به کنارهای قالب میتوان بوسیله یک میله فلزی ، چکش لاستیکی یا شیب

- آن چندین بار ضرباتی وارد آورد بنحویکه صفحه پایتیه سربار پس از نشست خاک با سانی در محل خود قرار گیرد و وقتی ارتعاش شروع شود هیچ حیاتی از هـ و در مولد نباشد
- یادآوری هـ اگر اندیس دانسیته حداقل نیز انجام میگردد، خاک بایستی بر اساس روش مشخصه در ۴۲۵۴ D ریخته شود جرم قالب و خاک نیز بایستی تعیین و یادداشت گردد.
- ۱۱۰۱۰۳۰- صفحه پایتیه سربار مربوطه را روی سطح خاک بگذارید و آنرا به آرامی چندین بار بچرخانید بنحویکه به محکمی و یکنواختی در تماس با سطح خاک قرار گیرد.
- دسته صفحه پایتیه سربار را جدا کنید.
- ۱۱۰۱۰۴- قالب را به میز مرتعش وصل کنید.
- ۱۱۰۱۰۵- رابط راهنما را محکم به مولد متصل کرده و وزنه سربار مربوطه را بر روی صفحه اصلی سربار به پائین آورید.
- ۱۱۰۱۰۶- میزان کردن دامنه دویل ارتعاش
- ۱۱۰۱۰۶۰۱- روش A ۱۰- کنترل کننده ارتعاش (ریگوستا) را در وضعیت تعیین شده در بند ۱۰۰۵ در مورد قالب مورد استفاده میزان کنید تا ارتعاش عمودی بادامنه دویل 0.002 ± 0.013 اینچ در ۶۰ هرتز و 0.003 ± 0.019 اینچ در ۵۰ هرتز بدست آید.
- ۱۱۰۱۰۶۰۲- روش A ۲۰ مبدل یا فلکه را در وضعیت تعیین شده در مورد قالب مورد استفاده میزان کنید تا ارتعاش عمودی بادامنه دویل 0.002 ± 0.013 اینچ در ۶۰ هرتز و 0.003 ± 0.019 اینچ در ۵۰ هرتز بدست آید.
- ۱۱۰۱۰۶۰۳- همانطوریکه در بند ۴۰۴ گفته شد بین دانسیته و دامنه دویل ارتعاش رابط ه ای وجود دارد و دانسیته پیک در دامنه دویل مطلوب ارتعاش اتفاق می افتد که ممکن است مقدار آن از اندیس دانسیته حداکثر که در دامنه دویل ارتعاش که در ۱۱۰۱۰۶۰۱

و ۱۱۰۱۰۶۰۲ گفته شده فرق کند. از این روش استفاده از دامنه دوپل ارتعاش عمودی دیگری متفاوت با

آنچه که در ۱۱۰۱۰۶۰۱ و ۱۱۰۱۰۶۰۲ گفته شده اگر شرایط ذیل برقرار باشد اجازه داده است:

۱۱۰۱۰۶۰۳۰۱- نتایج آزمایش در رابطه با طرح و بررسی های مخصوص یا هر دو بکار رود.

۱۱۰۱۰۶۰۳۰۲- دامنه دوپل ارتعاش عمودی مورد استفاده بایستی باین شرح باشد (α) دامنه

دوپل ارتعاش عمودی مطلوب (مراجعه به ضمیمه در مورد روش پیشنهادی - برای ایجاد

دامنه دوپل ارتعاش مطلوب) (b) کمتر از ۰/۰۲۵ اینچ (۰/۶۴ میلیمتر) در ۶۰ هرتز

یا ۰/۳۷ اینچ (۰/۹۴ میلیمتر) در ۵۰ هرتز و (c) (بجز وقتی که قالب در مورد روش تریپل

میشود ۱۱۰۲۰۳) بیشتر از ۰/۰۰۸ اینچ (۰/۲۰ میلیمتر) در ۶۰ هرتز یا ۰/۰۱۲ اینچ

(۰/۳۰ میلیمتر) در ۵۰ هرتز این مقادیر بر حسب شتاب پیک اسمی از حدود ۱/۵ گرم

($14 m/s^2$) و کمتر از حدود ۴/۸ گرم ($45 m/s^2$) میباشد.

یادآوری ۶ شتاب پیک اسمی با استفاده از ماده‌ای زیر محاسبه میشود.

$$A_p = 1.511 (2\gamma_p) F^2$$

که در آن

A_p = شتاب پیک اسمی بر حسب گرم

$2\gamma_p$ = دامنه دوپل ارتعاش عمودی بر حسب اینچ و

F = فرکانس بر حسب سیکل در ثانیه (هرتز)

۱۱۰۱۰۷۰- مجتمع قالب و نمونه را بمدت $\frac{1}{4} \pm 8$ دقیقه در 2 ± 60 هرتز و بمدت $\frac{1}{4} \pm 12$ دقیقه

در 2 ± 50 هرتز به ارتعاش درآورید. وزنه سربار و رابط راهنما را از قالب جدا کنید

بازدید کنید که صفحه پایه سربار محکم و یکنواخت در تماس با سطح خاله باشد

یعنی وقتی که به لبه آن فشار داده میشود تکان نخورد و اگر تکان خورد بایستی

یادداشت و در گزارش قید شود.

- ۱۱۰۱۰۸- برای بدست آوردن ویادداشت ارقام گچی که درکناره های مقابل صفحه پایینی
سربار است ، نگهدارنده گچی نشان دهنده رادریک ازبراکت های را **نمونه قرار دهید** .
ذرات ریزی را که ممکن است روی صفحه پایینه درمحل که ارقام خوانده میشود جمع شوند
بکناری جاروب کنید .
- ۱۱۰۱۰۹- صفحه پایینه سربار را ازقالب وقالب را ازمیز مرتعش جداکنید ، درطی ایسین
عملیات ، ازورودذرات ریزکه درسطوح صفحه پایینه سربار ولبه قالب جمع
شده اند به قالب جلوگیری نمائید (تا حد امکان) اگر جرم این ذرات ریزاز ۰/۲ درصد
جرم کل نمونه بیشتر باشد ، جرم آنرا تعیین کرده ودرگزارش قیدنمائید .
- ۱۱۰۱۰۱۰- جرم قالب و خاك رامعین ویادداشت کنید (با استفاده ازترازوی مشخصات ۶۰۳) برای
محاسبه جرم خاك که قالب را پر میکند ، جرم مولد خالی را از جرم قالب و خـاك
کسر نمائید . بروش دیگر ، محتویات قالب را میتوان دریک ظرف خالی کسـر
وتوزین نمود . اندیس دانسیته ماکزیمم $Pdmax$ را براساس قسمت ۱۲ محاسبه
نمائید .
- ۱۱۰۱۰۱۱- مراحل ۱۱۰۱۰۱ تا ۱۱۰۱۰۱۵ تا بدست آوردن مقادیر مشابه اندیس دانسیته
حداکثر بایستی تکرار گردد (ترجیحا " در حدود ۲ درصد) اگر تغییر دوباره دانه بندی
(شکستن ذرات) مشکوک بنظر میرسد بایستی یک نمونه کافی تهیه
شود (در صورت امکان) بنحویکه نمونه آزمایشی مجزابه مرحله ۱۱۰۱۰۷ ابستگی
نداشته باشد .
- ۱۱۰۲- روش تر - روش ۱۰B یا ۲۰B
- ۱۱۰۲۰۱- روش ترممکن است بر روی خاك خشك شده دراون که به آن اندازه کافی آب اضافه شده
با " ترجیحا " روی خاك تری بدست آمده از محل انجام گیرد .

نمونه را مخلوط کنید تا پخش یکنواختی از اندازه های ذره ای و رطوبت با حداقل بهم خوردگی بدست آید، برای خشک کردن خاک، حداقل $\frac{1}{4}$ ساعت جهت خیس خوردگی منظور دارید. مقدار آب اضافه شده بایستی کافی باشد بنحویکه آب آزاد در ظرف مخلوط جمع نگردد و نمونه در حین عمل تکاتف بطور اصولی اشباع گردد.

یادآوری ۷- فرمول ذیل برای تخمین مقدار آب لازم برای اضافه کردن به خاک خشک شده دراون قابل استفاده یا میتوان درابتداء برای هر $4/5$ کیلوگرم (۱۰ پوند) مقدار 1000 mL آب امتحان کرد.

$$M_w = M_s \left[(P_w / P_d) - (1/G_s) \right]$$

که در آن M_w جرم آب برحسب گرم

P_d دانسیته خشک تخمین پس از ریختن اولیه در قالب برحسب lb/ft^3 یا

kg/m^3 این مقدار معمولاً بین ۱۲۰ و ۱۰۰ برحسب lb/ft^3 پایینی

۱۶۰ و ۱۹۰ kg/m^3 میباشد.

M_s = جرم نمونه های آزمایش برحسب گرم

P_w دانسیته آب برابر با $62/4$ برحسب lb/ft^3 و 1000 برحسب kg/m^3

و G_s چگالی خاک

۱۱۰۲۰۲- قالب رابه میز ارتعاش وصل کنید.

۱۱۰۲۰۳- درحالیکه میز مرتعش در حال ارتعاش است، به آهستگی قالب را با خاک تریوسیله

یک بیلچه پر کنید پس از افزودن هر یک بیلچه بازدید کنید که آیا مقداری آب آزاد در زیری

سطح خاک جمع نشده باشد. اگر جمع نشده، آب بمقدار کافی با فشار یک اسفنج

اضافه نمائید که از داخل ظرف کوچکی ریخته میشود.

در طی این عملیات ، که ممکن است ۵ تا ۶ دقیقه بطول انجامد دامنه دویل ارتعاش
 یافرکانس ارتعاش یاهر دو بایستی تنظیم گردد تا از جوشش و بازگویی اضافی خاک -
 جلوگیری بعمل آید . در اثنا یاد پریایان دقیقه آخر ارتعاش ، هر مقدار آب کسه
 در روی سطح خاک ظاهر میگردد با استفاده از وسیله ای که تا حد امکان از برداشت خاک
 جلوگیری مینماید بایستی خارج گردد .

۱۱۰۲۰۴- صفحه پنایم سربار روزنه سربار و رابط راهنما بشرح ۱۱۰۱۰۳ و ۱۱۰۱۰۵ سوار
 کنید .

۱۱۰۲۰۵- مجموعه قالب و نمونه را بشرح ۱۱۰۱۰۶ تا ۱۱۰۱۰۷ به ارتعاش آورید . پس از گذشت
 مدت زمان ارتعاش ، وزنه سربار و رابط راهنما را از قالب جدا کنید . اگر
 قطره آب آزادی در روی یا بالا و اطراف صفحه پنایمه سربار ظاهر شود از محصل
 دور کنید .

۱۱۰۲۰۶- اعداد گنج را بر اساس ۱۱۰۱۰۸ بدست آورده و یادداشت کنید .

۱۱۰۲۰۷- صفحه پاینیه اصلی را جدا کرده و قالب را از میز مرتعش آزاد کنید (طبق ۱۱۰۱۰۹)
 اگر تعیین رطوبت نمونه ها مورد نظر است ، جرم مواد و خاک را تعیین و یادداشت
 کنید - بدقت تمام نمونه تر را از قالب خالی کرده و آنرا در یک ظرف پری -
 که جرم ظرف معلوم باشد و برای خشك کردن مناسب است تمام ذرات چسبیده
 به داخل قالب و انتهای صفحه پنایمه را به داخل ظرف بشوئید . نمونه
 را در اون در درجه حرارت 9 ± 230 با جرم ثابت (روش ۲۲۱۶) خشك
 کنید جرم خشك شده در اون را با استفاده از ترازوشی که در ۶۰۳ مشخصات آن ذکر
 شد تعیین کنید .

۱۲- محاسبه :

۱۲۰۱- اندیس دانسیته حداکثر را بر حسب پوند برفوت مکعب یا کیلوگرم بر متر مکعب

بشرح ذیل محاسبه کنید.

$$Pd_{max} = \frac{Ms}{V}$$

که در آن Ms = جرم نمونه خشک بر حسب پوند (کیلوگرم)

V = حجم نمونه متکاثف بر حسب فوت مکعب (مترمکعب)

$$V_c - A_c \left(\frac{\Delta H}{12} \right) = V$$

$$[V_c - A_c (\Delta H \times 10)] \times 10^{-6} = V$$

A_c = سطح مقطع مدرج قالب بر حسب فوت مترمربع (یا سانتیمتر مربع) و

$R_i - R_f + T_p = \Delta H$ در مورد کیجی که در جهت حرکت عقربه ساعت

حرکت میکند.

$R_f - R_i + T_p = \Delta H$ در مورد کیجی که عقربه آن در خلاف جهت

حرکت عقربه ساعت حرکت میکند.

R_i = عدد اولیه گیج بر حسب اینچ (یا میلیمتر)

R_f = میانگین (عدد آخری گیج) - بر روی کناره های مقابل صفحه پایه

سربار پس از انقضای مدت زمان ارتعاش بر حسب اینچ

T_p = ضخامت صفحه پایه سربار بر حسب اینچ (میلیمتر)

میانگین اندیس دانسیته ماگزیم را از نتایج آزمایش روش خشک که تا ۲ درصد

۱۲۰۱۰۱-

بایکدیگر تطبیق دارند محاسبه نمایند. این مقدار بایستی بعنوان اندیس

دانسیته حداکثر گزارش شود. مگر اینکه مشخص گردد که اندیس دانسیته

ماکزیم بدست آمده از روش مرطوب از روش خشک بیشتر میشود و بطور مشخصی

استفاده و کاربرد اندیس دانسیته ماکزیم را تحت تاثیر قرار میدهد که در آن صورت

از روش تریبایستی استفاده شود.

۱۲-۲- اندیس حداقل نسبت منفذی را بشرح ذیل محاسبه نمائید.

$$e_{min} = \frac{\rho_w G_{avg}}{\rho_{dmax}}$$

که در آن

ρ_w = دانسیته آب را برابر با ۶۲/۴ برحسب Ib/pf^3 یا ۱۰۰۰۰ برحسب kg

G_{avg} = چگالی میانگین خاک مرکب از ذرات درشت تر و کوچکتر از الک

شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر)

$$= \frac{1}{\frac{R_1}{100 G_1} + \frac{P_1}{100 G_2}}$$

G_1 = چگالی ظاهری ذرات خاک مانده روی الک ۴ که باروش C۱۲۷ تعیین

شده

G_2 = چگالی ذرات خاک گذشته از الک شماره ۴ که باروش D۸۵۴ تعیین

شده

R_1 = درصد ذرات خاک نمونه مانده بر روی الک شماره ۴

P_1 = درصد ذرات خاک گذشته از الک شماره ۴

ρ_{dmax} = برحسب واحدهای Ib/pf^3 و kg/m^3 ست

۱۲-۳- اگر اندیس دانسیته حداقل ρ_{dmin} برطبق روش D۴۲۵۴ تعیین

شده باشد و دانسیته خشک خاکریز یا رسوب خاکی ρ_d یا نسبت

منفذی e معلوم باشد.

دانشیه نسبی D_d رامیتوان از روابط ذیل محاسبه کرد.

$$D_d = \frac{\rho_{d \max} (\rho_d - \rho_{d \min})}{\rho_d (\rho_{d \max} - \rho_{d \min})} \times 100$$

$$D_d = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100$$

۱۳- گزارش

- ۱۳-۱- گزارش بایستی شامل اطلاعات ذیل باشد.
- ۱۳-۱-۱- منشاء مواد مورد آزمایش
- ۱۳-۱-۲- تشریح و وضعیت ظاهری نمونه های آزمایش براساس روش D ۲۴۸۸ (از روش D ۲۴۸۷) نیز میتوان استفاده نمود.
- ۱۳-۱-۳- روش (A ۱۰، B ۱۰، A ۲۰، B ۲۰) و اندازه قالب مورد استفاده
- ۱۳-۱-۴- دامنه دویل ارتعاش عمودی مورد استفاده اگر با مشخصات ۱۱۰۶۰۱ و ۱۱۰۶۰۲ فرق داشته باشد.
- ۱۳-۱-۵- اندیس دانسیته حداکثر $\rho_{d \max}$ بر حسب kg/m^3 تا ۳ رقم (طبق روش E ۲۸۰)
- ۱۳-۱-۶- هرگونه اتفاق غیرعادی از قبیل گم شدن مصالح، بهم خوردگی، چرخش اضافی صفحه پایه و غیره

۱۴- دقت و صحت:

- ۱۴-۱- خصوصیات لازم راجع به قضاوت در مورد قابلیت قبولی اندیس دانسیته حداکثر در جدول (۳)
- ۱۴-۱-۱- تنوع نتایج در آزمایشگاهها
- ۱۴-۱-۱- انحراف استاندارد، S ، از رابطه ذیل محاسبه میشود.

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_i (X_i - \bar{X})^2$$

کسه در آن

 $N =$ مقدار اندازه گیری $X =$ مقدار مجزای هر اندازه گیری $\bar{X} =$ میانگین عددی هر اندازه گیری

۱۴۰۱۰۲-۱ اختلاف بین آزمایشات دوگانه (قابلیت چک کردن)

۱۴۰۱۰۲۰۱-۱ انحراف استاندارد ترکیبی S' از رابطه ذیل محاسبه میشود.

$$S'^2 = \frac{1}{2K} \sum D^2$$

کسه در آن

 $D =$ اختلاف بین آزمایشات دوگانه و $K =$ تعداد جفت آزمایش دوگانه

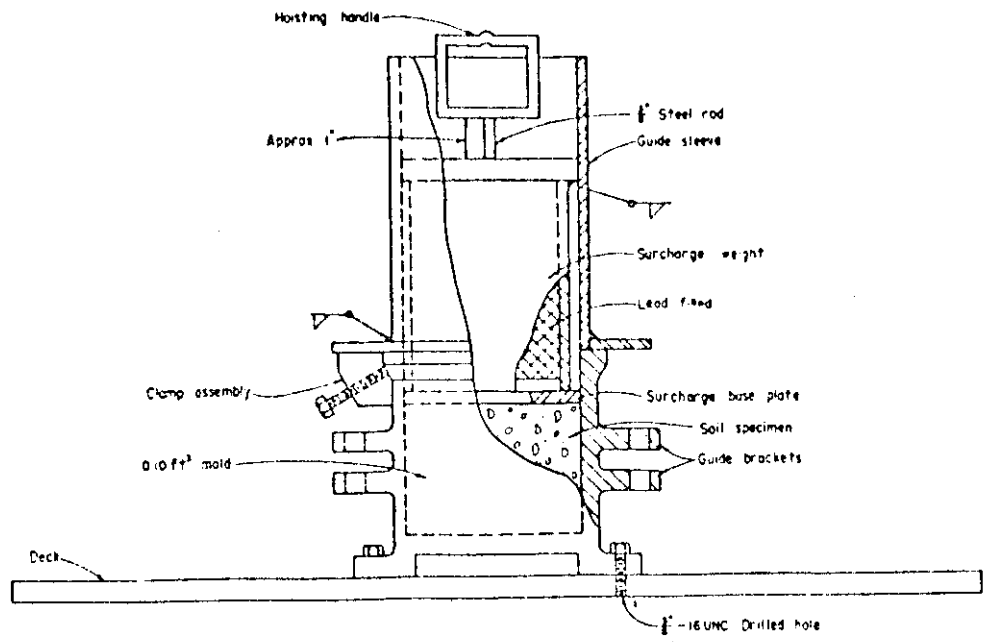
جدول (۱) - جرم لازم نمونه هـ

اندازه قالب مورد استفاده P_f^3 (cm) ³	جرم نمونه لازم $\pm b$ (kg)	اندازه حداکثر ذرات خاک بر حسب اینچ (mm)
(۱۴۲۰۰) ۰/۵۰۰	(۲۴)۷۵	(۷۵)۳
(۱۴۲۰۰) /۵۰۰	(۲۴)۷۵	(۳۸/۱) ۱ $\frac{1}{2}$
(۲۸۳۰) ۰/۱۰۰	(۱۱)۲۵	(۱۹) $\frac{3}{4}$
(۲۸۳۰) ۰/۱۰۰	(۱۱)۲۵	(۹/۵) $\frac{3}{8}$
(۲۸۳۰) ۰/۱۰۰	(۱۱)۲۵	شماره ۴ یکمتر

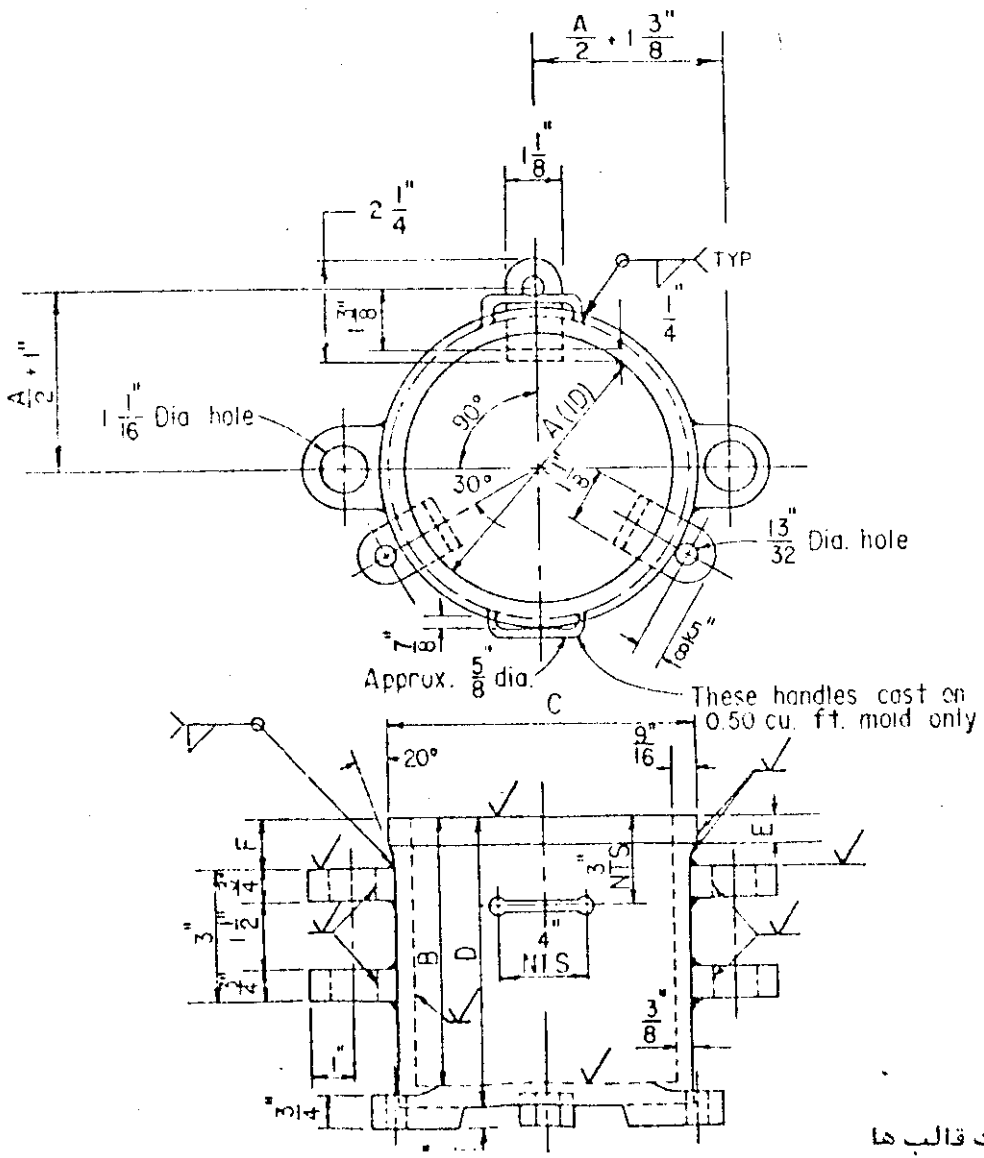
جدول (۲)

حجم هر گرم بر اساس درجه حرارت (آب)

حجم آب mL/g	درجه حرارت	
	°C	°F
۱/۰۰۰۴۸	۱۲	۵۳/۶
۱/۰۰۰۷۳	۱۴	۵۷/۲
۱/۰۰۰۱۰۳	۱۶	۶۰/۸
۱/۰۰۰۱۳۸	۱۸	۶۴/۴
۱/۰۰۰۱۷۷	۲۰	۶۸
۱/۰۰۰۲۲۱	۲۲	۷۱/۶
۱/۰۰۰۲۶۸	۲۴	۷۵/۲
۱/۰۰۰۳۲۰	۲۶	۷۸/۸
۱/۰۰۰۳۷۵	۲۸	۸۲/۴
۱/۰۰۰۴۳۵	۳۰	۸۶
۱/۰۰۰۴۹۷	۳۲	۸۹



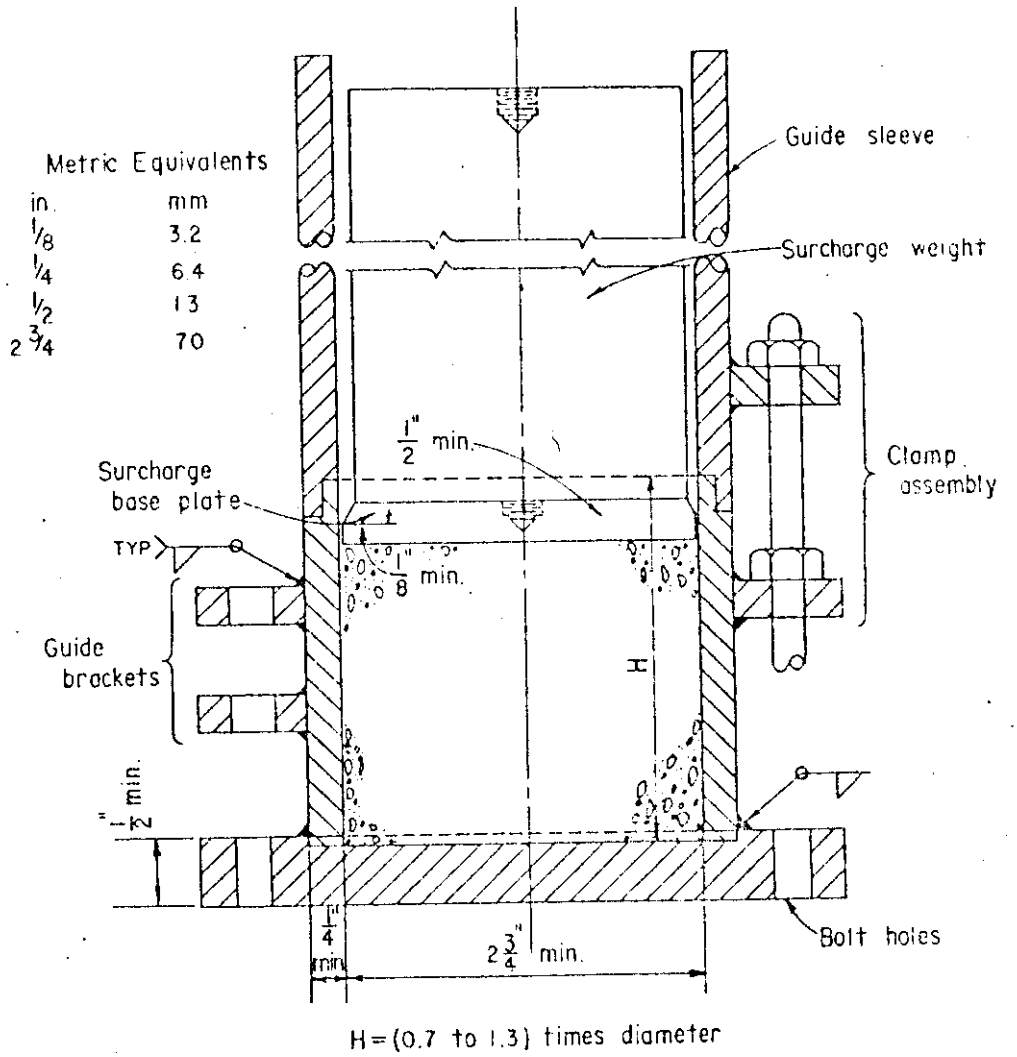
شکل (۱) - اجزاء مختلف يك قالب



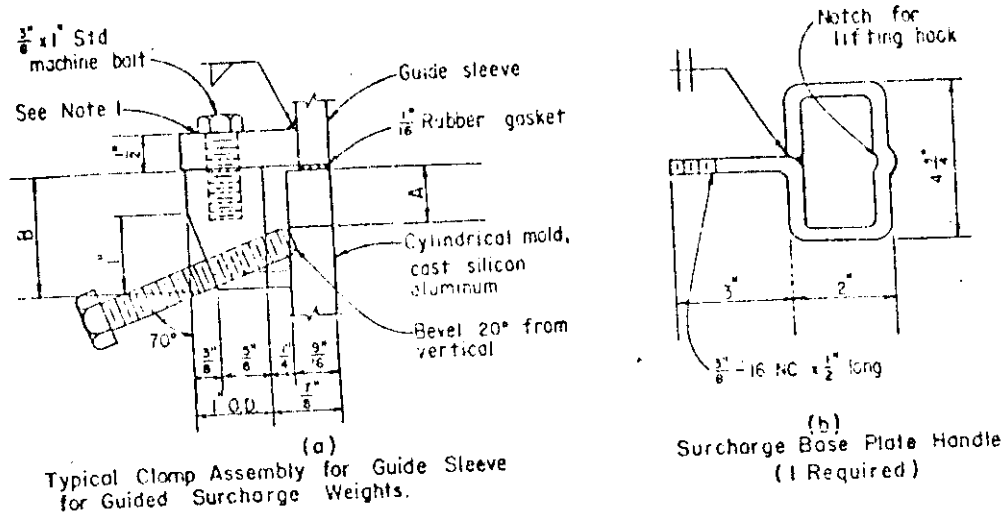
شکل (۲) - جزئیات قالب ها

یادآوری ۱ - تolerانس ها $1/64 \pm$ اینچ $(+0.015 - 0.000)$ میلیمتر (مباشند مگر مقدار آن ذکر شود)

Size Mold ft ³ (cm ³)	Dimensions, in. (mm)					
	A (+0.005 in / -0.000)	B (+0.005 in / -0.000)	C	D	E	F
0.100 (2830)	6.000 (152.4)	8.112 (155.2)	7.1 (181.0)	6 1/2 (105.1)	1 1/2 (12.7)	1 1/4 (29.6)
0.500 (14 200)	11.000 (279.4)	9.032 (230.9)	12.1 (308.0)	9 1/2 (241.3)	1 3/4 (15.9)	2 (50.8)

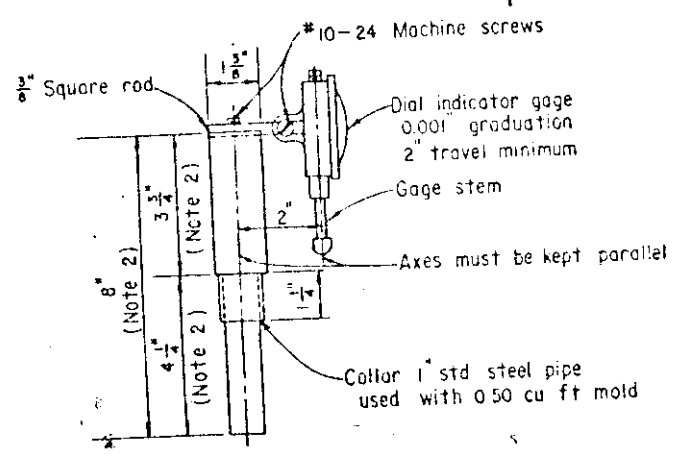


شکل (۳) - قالب های فلزی استوانه‌ای مخصوص



(a) Typical Clamp Assembly for Guide Sleeve for Guided Surcharge Weights.

(b) Surcharge Base Plate Handle (1 Required)



(c) Holder for Dial Indicator Gage

NOTE 1—This piece shall be a steel bar, 1 1/2 by 1/2 in. (38.1 by 12.7 mm) of a length necessary to produce the indicated dimension from the inside of the guide sleeve. Weld three clamp assemblies to the guide sleeve at equal spacing.
 NOTE 2—These dimensions must be changed to fit the dial gage indicator used.
 NOTE 3—Tolerances are ± 1/64 in. (± 0.4 mm) unless otherwise noted.

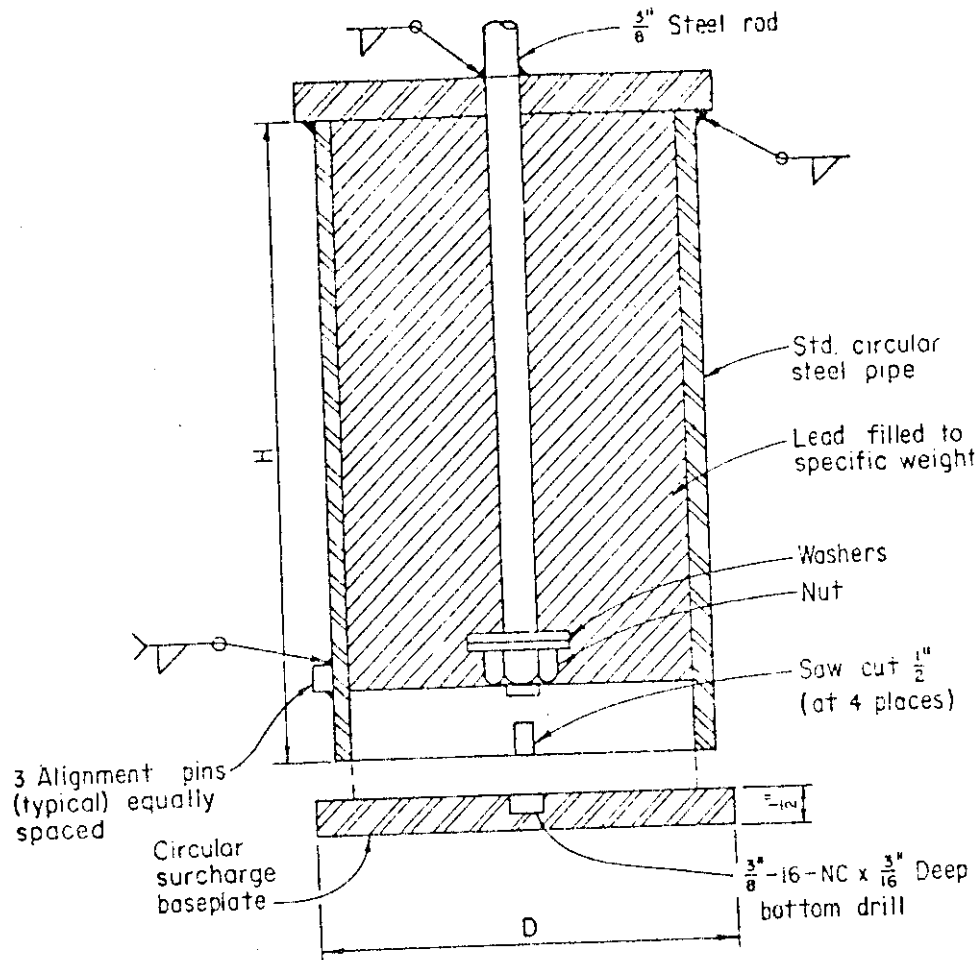
Size Mold, ft ³ (cm ³)	A, in. (mm)	B, in. (mm)	Guide Sleeve
0.100 (2830 cm ³)	1/2 (12.7)	1 3/8 (34.9)	Steel tubing, 6 in. (150 mm) ID 1/4 in. (6.4 mm) wall, 12 in. long (305 mm)
0.500 (14 200 cm ³)	3/8 (15.9)	1 1/2 (38.1)	Steel pipe, 11 in. (280 mm) ID 3/8 in. (9.5 mm) wall, 8 in. (200 mm) long

FIG. 4 Details of Apparatus Components

شکل (۴) - اجزاء مختلف دستگاه

- (a) مجتمع گیره آستین راهنما برای وزنه‌های هم‌باز
- (b) گیره صفحه، پایه وزنه، هم‌باز
- (c) نگهدارنده، کیج نشان دهنده

یادآوری ۱ - این قطعه از میله فولادی ساخته میشود و با ابعاد ۱ ۱/۲ در ۱/۲ اینچ (۳۸/۱) بر ۱۲/۷ (میلیمتر) بطول لازم تا ابعاد مشخص شده داخل آستین راهنما را بدست آورد.
 یادآوری ۲ - این ابعاد بایستی تغییر کند تا به کیج نشان دهنده مورد استفاده بخورد.
 یادآوری ۳ - تولرانس ها ۱/۶۴ ± اینچ (۰/۲ ± میلیمتر) میباشد مگر مقدار آن ذکر شود



NOTE 1—All plates shall be 1/2-in. (12.7-mm) thick steel.

NOTE 2—Top plates for weights may be torch-cut, but edges must be ground as smooth as practicable. Surcharge base plates must be machined to the specified diameter.

NOTE 3—Hoisting handles shall have the same shape as the surcharge base plate handle (see Fig. 4 (b)).

Size Mold, ft ³ (cm ³)	D, in. (mm)	H, in. (mm)	Standard Pipe, in. (mm)	Total Weight Required, lb (kg)
0.100 (2830)	5 1/16 (151)	9.0 (230)	4.0 (100)	56.5 ± 0.5 (25.6 ± 0.2)
0.500 (14 200)	10 7/8 (276)	6.0 (150)	10 (250)	190 ± 2 (86.2 ± 0.9)

FIG. 5 Circular Surcharge Weight and Base Plate

شکل (۵) - وزنه سوزن‌دار دایروی و صفحه پایه

یادآوری ۱ - تمام صفحات از فولاد ضخیم ۱/۲ اینچ (۱۲/۷ میلیمتر) ساخته میشوند.

یادآوری ۲ - لبه‌های صفحات وزندها بایستی کاملاً صاف باشد ، صفحات بایستی تا حد مشخص شده ماشین شود.

یادآوری ۴ - گیره‌های بالابر بایستی شبیه گیره صفحه پایه وزنه سوزن‌دار باشد (به شکل ۱"۴ مراجعه شود)

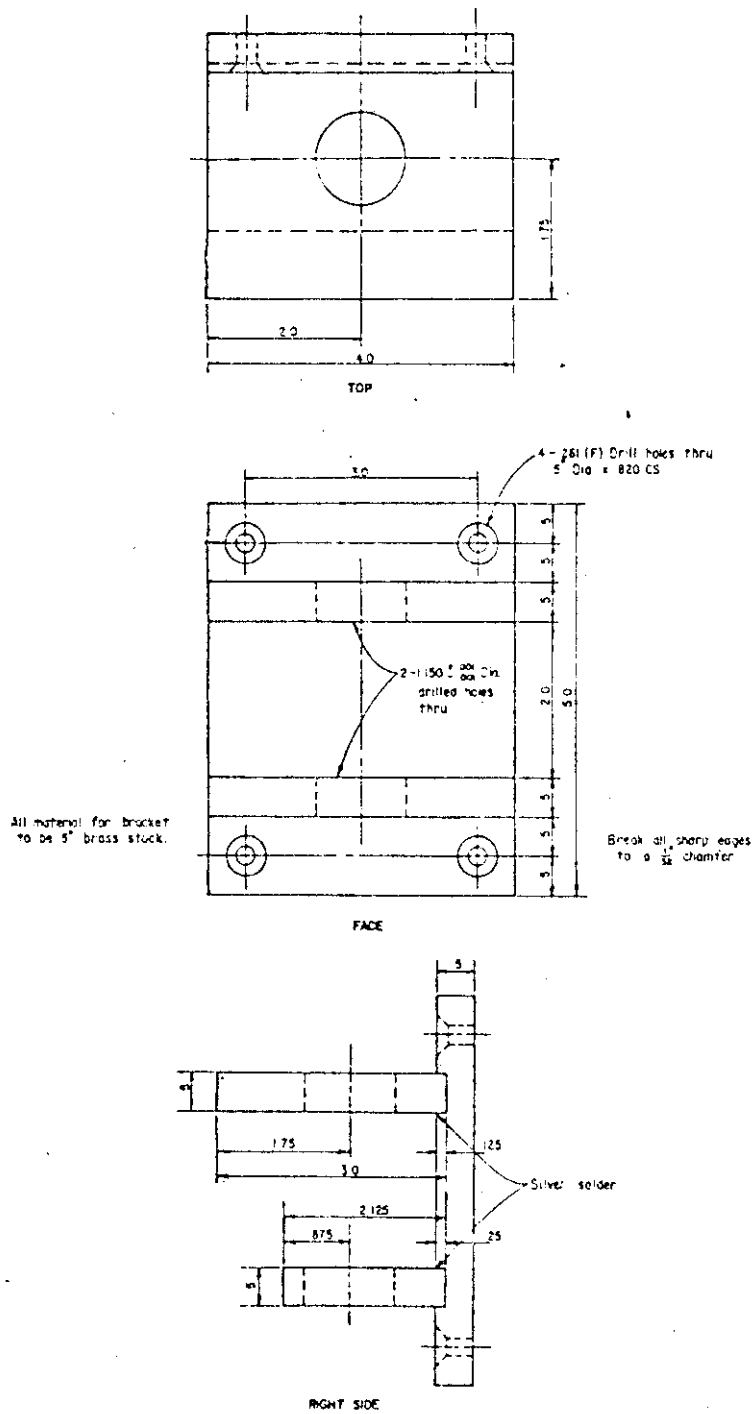


FIG. 6 Dial Gauge Calibration Standard (Reference Bracket)

شکل (۶) - استاندارد کیج کالیبراسیون (براکت راهنما)

مشخصه ASTM : D₄₂₅₄-83

روش های استاندارد برای آزمایش

اندیس دانسیته حداقل خاکها و محاسبه دانسیته نسبی .

۱- هدف

۱-۱- شرح روشهای آزمایش ، تعیین اندیس دانسیته حداقل خاکهای غیر چسبنده زه کش

آزاد .

۱-۲- سه روش مختلف جهت تعیین ضریب دانسیته حداقل بشرح ذیل ارائه میشود .

روش A با استفاده از وسیله ریزشی قیفی شکل یا بلینچ دستی جهت ریختن مصالح در -
قالب .

روش B ریخته شدن مواد در قالب بطریق خروج از لوله ای که از خاک پر شده است .

روش C ریخته شدن مواد در قالب بطریق سرازیر کردن یک استوانه مدرج .

۱-۳- روش آزمایشی مورد در شرایط بایستی با ذکر جزئیات مربوط به آزمایش مشخص گسرد

اگر روش مشخص نگردیده روش A مزیت دارد . روش A دستور کار ترجیحی

برای تعیین اندیس دانسیته حداقل می باشد که در رابطه با روش های آزمایشی

۴۲۵۳ D بکار میرود . روش های B و C بعنوان راهنمای آزمایشی که در رابطه

با مطالعات مخصوص بویژه مواردیکه مصالح کافی برای قالب ۱۰۰/۰ فوتی (۲۸۳۰

سانتیمتر مکعبی) یا ۵۰۰/۰ فوتی (۱۴۲۰۰ سانتیمتر مکعبی) که لازمه روش A

می باشد در دسترس نیست ارائه میگردد .

۱-۴- این روشها در مورد خاکهایی بکار میرود که تا ۱۵% ، نسبت به وزن خشک ، شامل

ذراتی باشد که از الک ۲۰۰ (۷۵ میکرون) گذشته باشند بشرطیکه هنوز خواص غیر

چسبندگی و زه کش آزاد را حفظ کرده باشد . ابعاد اسمی الک طبق استاندارد

با مشخصه E 11 می باشد .

۱-۴-۱- روش A در مورد خاکهایی بکار میرود که ۱۰۰% نسبت به وزن خشک ، شامل

ذراتی باشد که از الک ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) گذشته و تا ۳۰% ، نسبت به وزن خشک

شامل ذراتی باشد که روی الک ۱ ۱/۴ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) باقی مانده باشد

۱۰۴۰۲- روش B در خاکهایی قابل استفاده است که در آن ۱۰۰٪ ، نسبت به وزن خشک ، ذرات خاک از الک ۱۳/۴ اینچ عبور کرده باشند .

۱۰۴۰۳- روش C فقط در ماسه های ریز و متوسط قابل استفاده است که در آنها ۱۰۰٪ نسبت به وزن خشک ، ذرات خاک از الک ۳/۸ اینچ گذشته و ممکن است تا ۱۰٪ نسبت به وزن خشک ، شامل ذراتی باشد که روی الک شماره ۱۰ (۲/۰۰ میلیمتر) باقی مانده اند .

۱۰۴۰۴- خاکهای مورد استفاده در این روشها جزء خاکهای غیر چسبنده طبیعی ، ذرات بعمل آمده یا مخلوط هائی از ذرات طبیعی و بعمل آمده باشند به شرطیکه زه کش آزاد باشند .

۲- اسناد بکار رفته .

۲۰۱- استانداردهای ASTM :

C ۱۲۷ - روش آزمایش چگالی و جذب آب اگریگیت درشت دانه

b ۴۲۲ - روش آزمایش تفکیک اندازه ذرات خاکها .

D ۶۵۳ - فرمهای نشانه های مربوط به مکانیک خاک و سنگ .

b ۸۵۴ - روش آزمایش چگالی خاکها .

b ۲۲۱۶ - روش تعیین آزمایشگاهی رطوبت خاک ، سنگ و مخلوطهای اگریگیت و خاک

b ۲۴۸۷ - روش آزمایش طبقه بندی خاکها برای اهداف مهندسی .

b ۲۴۸۸ - عمل تشریح و شناسائی خاکها (روش نظری)

b ۴۲۵۳ - روش آزمایش تعیین اندیس دانسیته ماگزیم خاکها با استفاده از میز مرتعش

E ۱۱ - مشخصات الکهای سیمی برای مقاصد آزمایشی .

E ۳۱۹ - روشهای آزمایش ترازوهای تک بازوئی .

E ۳۸۰ - واحدهای متریک .

۳- خلاصه روشها .

۳-۱- اندیس دانسیته حداقل شل ترین وضعیت خاک غیرچسبنده زه کش آزاد است که میتوان با یک روش کار استاندارد آزمایشگاهی بدست آورد که در آن از حجم شدن جلوگیری و بهم خوردگی نرهای را حداقل میرساند . هر روشی که انتخاب گردد از تعیین دانسیته خاک خشک شده در اون تشکیل میگردد . خاک ، در ظرفی با حجم معلوم بطریقی ریخته میشود که از حجم شدن و بهم خوردگی نرهای جلوگیری و تراکم خاک را حداقل برساند .

۴- اعتبار و موارد استفاده

۴-۱- دانسیته خاک غیر چسبنده را میتوان با روشهای مختلف در جا در صحرا یا با اندازه گیری ابعاد فیزیکی و اجرام نمونه های آزمایشگاهی تعیین نمود. دانسیته خشک خاک غیر چسبنده ضرورتاً "بتنهائی، شلی یا سفتسی خاک را نمی تواند مشخص نماید.

۴-۲- دانسیته نسبی درجه تراکم خاک غیر چسبنده را نسبت به شلترین و سفتترین وضعیت که با روشهای آزمایشگاهی تعریف شده بیان میکند. دانسیته خشک فقط در محدوده تغییرات ممکن، بر حسب دانسیته نسبی، به انرژی تراکمی که در تراکم خاکریز بکار رفته مربوط میشود یا در این محدوده، خاصیت تغییر حجم و خاصیت تنش - کرنش خاک را وقتی که تحت تاثیر بار خارجی قرار گیرد نشان میدهد.

۴-۳- با این روشها دانسیته حداقل مطلق ضرورتاً "بدست نمی آید.

یادآوری ۱- علاوه بر این، اطلاعات منتشر شده نشان میدهند که این روشها تغییر پذیری زیادی دارند. البته می توان تغییر پذیری را تا حد زیادی با کالیبراسیون دقیق وسایل و توجه دقیق به اجرای روش صحیح آزمایش و فن حداقل رسانید.

۴-۴- استفاده از قالب های استاندارد (بند ۶-۳-۱) در مورد بسیاری از خاکها که آزمایش اندیس دانسیته حداقل را لازم داشته رضایت بخش بوده است قالبهای مخصوص (۶-۳-۲) فقط وقتی بکار میروند که نتایج آزمایش در رابطه با طرح یا بررسی های مخصوص بکار میروند و برای استفاده از قالبهای استاندارد بمیزان کافی خاک موجود نباشد. نتایج این آزمایشها بایستی با احتیاط بکار روند زیرا اندیس دانسیته حداقل که با قالبهای مخصوص بدست می آیند با نتایجی که از قالبهای استاندارد بدست می آیند ممکن است مطابقت نداشته باشد.

۵- تشریح اصطلاحات مخصوص این استاندارد :

۵-۱- اندیس دانسیته حداکثر - دانسیته خشک مرجع خاک در تراکم ترین وضعیت تراکمی که می توان با روش تراکمی آزمایشگاهی استاندارد که بهم خوردگی و شکستگی ذرات خاک را حداقل میرساند بدست آورده (Pd max) .

۵۰۲ - اندیس نسبت منفذی حداقل - نسبت منفذی مرجع خاک در اندیس دانسیته حداکثر (e_{min}) .

۵۰۳ - اندیس دانسیته حداقل - دانسیته خشک مرجع خاک در شل ترین وضعیت تراکمی ممکن با استفاده از روش آزمایشگاهی استاندارد که از حجیم شدن جلوگیری و بهم خوردگی ذره‌ای را بحداقل میرساند (Pd_{min}) .

۵۰۴ - اندیس نسبت منفذی حداکثر - نسبت منفذی مرجع خاک در اندیس دانسیته حداقل (e_{max}) .

۵۰۵ - نسبت منفذی معین - نسبت منفذی در محل یا مستقر رسوب یا خاکریز (e) .

۵۰۶ - دانسیته خشک - دانسیته خشک رسوب خاکی یا خاکریز در نسبت منفذی معین (Pd) .

۵۰۷ - دانسیته نسبی - نسبت اختلاف بین اندیس نسبت منفذی حداکثر و نسبت منفذی معین خاک غیر چسبنده با زه کش آزاد ، به اختلاف بین نسبت منفذی حداکثر و حداقل که بر حسب درصد بیان میشود (Dd) .

$$Dd = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

و معادله آن عبارتست از :

یا بر حسب اصطلاحات دانسیته خشک مربوطه :

$$Dd = \frac{Pd_{max} (Pd - Pd_{min})}{Pd (Pd_{max} - Pd_{min})} \times 100$$

۵۰۸ - اندیس دانسیته I_D ، نسبت اختلاف بین دانسیته خشک معین و اندیس دانسیته‌ها

حداکثر و حداقل که بر حسب درصد بیان میشود و معادله آن

$$I_D = \frac{Pd - Pd_{min}}{Pd_{max} - Pd_{min}} \times 100$$

۶ - وسایل :

۶۰۱ - وسایل برای روش‌های A , B , C

۶۰۱۰۱ - اُون خشک کننده که به روش ترموستاتی کنترل گردد و ترجیحا " از نوع forced-draft

بوده و قادر به ایجاد حرارت یکنواخت 9 ± 230 F یعنی C (5 ± 110) در سرتاسر

اطاقک خشک کننده باشد .

۶۱۰۲ - الکها : ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) $1\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) ، $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلیمتر)

$\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) شماره ۱۰ (۲ میلیمتر) و شماره

۲۰۰ (۷۵ میکرون)

۶۰۲ - وسیله تعیین اندیس دانسیته حداقل خاک غیر چسبنده با روش های A و B در

۶۰۳ و وسیله لازم برای روش C در ۶۰۴ مشخص شده است .

۶۰۳ - وسائل روش A و B

۶۰۳۰۱ - قالب‌های استاندارد - قالب های فلزی استوانه‌ای که حجم اسمی آنها ۱۰۰/۰ فوت مکعب (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) و ۵۰۰/۰ فوت مکعب (۱۴۲۰۰ سانتیمتر مکعب) است . این قالبها بایستی با مشخصات شکل (۱) تطبیق نمایند . حجم واقعی قالبها بایستی در محدوده ۱/۵ درصد حجم اسمی مشخص شده باشد .

۶۰۳۰۲ - قالب‌های مخصوص قالب‌های فلزی استوانه‌ای که ظرفیت آنها کمتر از ۱۰۰/۰ فوت مکعب (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) است و قطر داخلی آن برابر یا بیشتر از $2\frac{3}{4}$ اینچ (۷۰ میلیمتر) اما کمتر از ۴ اینچ (۱۰۰ سانتیمتر^{قطر} بوده) و با طرح ارائه شده در شکل (۲) تطبیق نماید . این قالبها فقط وقتی بایستی بکار روند که نتایج آزمایشی آن در رابطه با طرح و مطالعات مخصوص بکار روند و خاک کافی جهت استفاده از قالب ۱۰۰/۰ فوت مکعبی (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعبی) موجود نباشد .

۶۰۳۰۳ - ترازوها - با ظرفیت کافی که بتوان جرم کل نمونه و قالب را تعیین کرد و با دقت کافی بتوان جرم خاک را تا % ۱۰/۰ معین نمود . مشخصات ترازوهایی که احتیاجات فوق‌الذکر را برآورده کنند بشرح ذیل می‌باشند .

۶۰۳۰۳۰۱ - در مورد قالب ۵۰۰/۰ فوت مکعب (۱۴۲۰۰ سانتیمتر مکعب) از اسکولیا ترازوی مشابه به ظرفیت حداقل ۴۰ کیلوگرم که تا ۵ گرم را معین نموده و دقت آن (انحراف استاندارد) % ۰/۰۲ بار آزمایش بوده و تا % ۵/۰ بار آزمایش در فاصله بین ۱۰ کیلوگرم و ظرفیت خود صحت داشته باشد استفاده نمایند .

۶۰۳۰۳۰۲ - در مورد قالب ۱۰۰/۰ فوت مکعب (۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) از سکویا ترازوی مشابه به ظرفیت حداقل ۱۵ کیلوگرم که تا ۱ گرم را معین نموده و دقت آن (انحراف استاندارد) % ۰/۰۲ بار آزمایش بوده و تا % ۵/۰ بار آزمایش در فاصله بین ۲ کیلوگرم و ظرفیت خود صحت داشته باشد استفاده نمایند .

۶۰۳۰۳۰۳ - در مورد قالب های مخصوص - از ترازوی بظرفیت حداقل ۲۰۰۰ گرم که تا ۱/۰ گرم را معین نموده و دقت آن (انحراف استاندارد) % ۰/۰۲ بار آزمایش بوده و تا % ۵/۰ بار آزمایش در فاصله بین ۲۰۰ گرم و ظرفیت خود صحت داشته باشد استفاده نمایند .

تذکر ۲ - برای شرح اصطلاحات مربوط به استفاده از ترازو به روشهای E۳۱۹ مراجعه
نمائید . برای ارزیابی ترازوها ، استانداردهای اضافی توسط سوکمیسیون E۴۱/۰۶
وسایل توزین مربوط به ASTM در مرحله تهیه است .

۶۰۳۰۴ - وسایل ریختن - وسایل ریختن در رابطه با قالب استاندارد ۰/۱۰۰ فوت مکعبی
(۲۸۳۰ سانتیمتر مکعب) و قالبهای مخصوص قابل استفاده است . وسایل
ریختن از ظروف بالنسبه سخت اند حجم آنها حدود $1/25$ تا ۲ برابر از حجم
قالبهای مورد استفاده بزرگتر است و مجهز به ناودان یا لوله‌ای بطول ۱۶ اینچ
(۱۵۰ میلیمتر) می‌باشند . دو ناودان ریزش لازم می‌باشد یکی بقطر داخلی
۰/۵ اینچ (۱۳ میلیمتر) و دیگری بقطر داخلی $1/0$ اینچ (۲۵ میلیمتر) برای
اتصال ناودان به ظرف که جریان آزاد و یکنواخت خاک را از ظرف به ناودان
بر قرار نماید یک‌کله یا وسیله دیگری لازم می‌باشد .

۶۰۳۰۵ - لوله‌های جدار نازک و سخت - برای استفاده در روش B اندازه این لوله‌ها
به اندازه قالب انتخاب شده بستگی دارد . حجم لوله‌ها بایستی بین $1/25$ تا
 $1/30$ برابر حجم قالب باشد قطر داخلی لوله بایستی $0/7$ قطر داخلی قالب
باشد .

۶۰۳۰۶ - وسایل دیگر نظیر ظروف مخلوط کن . یک بیلچه فلزی بزرگ . یک برس گرد
و غبارگیر موئی و یک لبه صاف کن فلزی (برای صاف کردن خاک اضافی پس
از آنکه در قالب ریخته شده است) .

۶۰۴ - وسایل برای روش C

۶۰۴۰۱ - استوانه مدرج شیشه‌ای - با حجم ۲۰۰۰ میلیمتر که تا ۲۰ میلیمتر درجه بندی
شده و قطر داخلی آن حدود ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) می‌باشند .

۶۰۴۰۲ - ترازو با ظرفیت حداقل ۱۵۰۰ گرم و دقت ۱ گرم یا مطابق بند ۶۰۳۰۳ .

۶۰۴۰۳ - الکهای $3/8$ اینچ ($9/5$ میلیمتر) شماره ۱۰ (۲ میلیمتر) شماره ۲۰۰ (۷۵
میکرون) مطابق با مشخصه ۱۱۰ .

۷ - نمونه‌گیری و نمونه آزمایش .

۷۰۱ - مشخصات نمونه آزمایش و نمونه‌گیری برای روش های A . B در ذیل آمده است
در مورد روش C در بند ۷۰۴ توضیح داده میشود .

۷۰۲ - قبل از آزمایش ، نمونه را بایستی بنحوی نگهداری گردد که از یخ زدگی و آلودگی با سایر مواد ، گم شدن خاک یا گم شدن برگه شناسائی آن جلوگیری شود .

۷۰۳ - اندازه نمونه آزمایش و قالب بستگی به حداکثر اندازه ذره موجود در نمونه و دانه بندی نمونه دارد (به جدول ۱ مراجعه شود) .

۷۰۳۰۱ - با استفاده از روش نظری یا روش m_{30} D (بستگی به پیچدگی دانه بندی نمونه و تجربه آزمایش کننده دارد) درصد ذرات باقی مانده روی الکهای ۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) $1\frac{1}{4}$ اینچ (۳۷/۵ میلیمتر) و $\frac{3}{8}$ اینچ (۱۹ میلیمتر) و $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) و شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر و شماره ۱۰ (۲/۱ میلیمتر) و شماره ۲۰۰ (۷۵ میکرون) را بدست آورید .

۷۰۳۰۲ - تعیین اندیس دانسیته حداقل وقتی بایستی بر طبق این روش ها انجام گردد که شرایط ۱۰۴ برقرار باشد اگر این شرایط برقرار بود ، بایستی اندازه قالب ، وسیله ریختن ، و جرم نمونه لازم بر طبق حداکثر اندازه ذره ای که در جدول (۱) شرح داده شده معین گردد .

۷۰۳۰۳ - وقتی لازم شود که از قالبهای مخصوص استفاده نمایند % ۱۰۰ نمونه بایستی از الک $\frac{3}{8}$ اینچ (۱۹ میلیمتر) بگذرد و باقی مانده روی الک $\frac{3}{8}$ اینچ (۹/۵ میلیمتر) از % ۱۰ کمتر باشد .

۷۰۳۰۳۰۱ - جرم نمونه آزمایشی انتخاب شده بایستی کمتر از مقداری که از معادله ذیل بدست میدهد نباشد .

$$M_r = 0.00247m$$

که در آن

$$M_r = \text{جرم لازم بر حسب کیلوگرم}$$

$$Vm = \text{حجم قالب بر حسب سانتیمتر مکعب}$$

۷۰۴ - نمونه ای از خاک را که حائز شرایط بند ۷۰۳ باشد انتخاب کنید این انتخاب با استفاده از کوارتر کردن بوسیله جدا کننده یا چاقو انجام میگیرد در مورد روش (C) جرم نمونه بایستی حدود ۱۵۰۰ گرم باشد .

۷۰۵ - نمونه را در یک اون خشک کننده در درجه حرارت $23^{\circ} \pm 9F$ یعنی $110 \pm 5^{\circ}C$ تا جرم ثابت خشک کنید . ماسه خشک شده در اون ، که مورد استفاده روش C است ، بایستی در یک ظرف بسته سرد شود . بعضی اوقات بدست آوردن رطوبت نمونه محلی مورد نظر می باشد، در اینصورت رطوبت را بر اساس روش D ۲۲۱۶ تعیین کنید .

۷۰۵۰۱ - پس از خشک شدن . اگر یکتهای سمنتی شده را خورد کنید تا دانه بندی طبیعی تقلیل نیابد .
دانه های سنگ شده

۸ - کالیبراسیون .

۸۰۱ - قالبها . حجم و سطح مقطع هر قالب قبل از استفاده اولیه و در فواصلی به میزان کمتر از ۱۰۰۰ دفعه استفاده . یا بطور سالیانه ، هر کدام که (زودتر) اتفاق افتاد بایستی کالیبره شوند ، حجم هر قالب را یا از طریق اندازه گیری مستقیم یا با روش استفاده از آب که در بندهای ۸۰۱۰۱ و ۸۰۱۰۱ شرح داده شده بایستی بدست آورد . حجم بدست آورده در هر روش بایستی در محدوده $1/5\%$ حجم اسمی قالب باشد بهتر است حجم را از هر دو روش بدست آورند . اگر اختلاف بین اجماع محاسبه شده از دو روش از $0/5\%$ درصد مقدار اسمی قالب مورد کالیبره تجاوز نماید عمل کالیبراسیون بایستی تکرار گردد . اگر بین دو روش کالیبراسیون در حد تolerانس گفته شده اختلاف وجود داشت ، حتی پس از چندین تکرار آزمایش ، مشخص میگردد که قالب سنجش تغییر شکل داده و بایستی تعویض شود . اگر هر دو روش کالیبراسیون انجام شود ، حجم بدست آمده با روش استفاده از آب را بایستی بعنوان حجم قالب محسوب نمود (این روش وضعیت کامل قالب را بهتر منعکس میکند)

۸۰۱۰۱ - روش اندازه گیری مستقیم - حجم قالب از متوسط اندازه گیری حداقل سه مرتبه قطر داخلی و سه مرتبه ارتفاع محاسبه میشود . این اندازه گیری بایستی در سرتاسر قالب بطور یکنواخت از یگدیگر فاصله داشته و دقت اندازه گیریها تا $0/001$ (یعنی $0/25$ میلیمتر) باشد . حجم V_m (فوت مکعب یا سانتیمتر مکعب) را محاسبه و یادداشت کنید . این محاسبه بایستی تا چهار رقم صحیح باشد (طبق عمل E_{38}) .

۸۰۱۰۲ - روش استفاده از آب - قالب را کاملاً از آب پر کنید . یک صفحه شیشه‌ای را بر روی سطح بالائی قالب بدقت بلغزانید تا مطمئن شوید که قالب کاملاً از آب پر شده است و یک لایه نازک گریس یا روغن سیلیکون بر روی لبه قالب بین صفحه شیشه‌ای و لبه قالب اتصال ضد تراوش آب ایجاد میکند . جرم و درجه حرارت آب لازم برای پر کردن قالب را معین کنید . درجه حرارت - بایستی با تقریب $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ و جرم آب بایستی تا $0/01$ پوند (5 گرم) در مورد قالب $0/100$ فوت مکعبی (2830 سانتیمتر مکعب) و تا $0/1$ پوند (50 گرم) در مورد قالب $0/500$ فوت مکعبی (14200 سانتیمتر مکعب) تعیین شوند . از جدول (۲) حجم واحد آب را بر حسب میلی‌لیتر در هر گرم در درجه حرارت مشاهده بدست آورید .

حجم قالب (فوت مکعب یا سانتیمتر مکعب) را تا تعداد عدد صحیح مناسب شرح ذیل محاسبه و یادداشت کنید .

۸۰۱۰۲۰۱ - اگر اندازه‌گیری جرم بر حسب گرم انجام شده است ، برای محاسبه حجم بر حسب فوت مکعب ، جرم آب بر حسب گرم را در واحد حجم آب ، از جدول (۱) ضرب کرده و نتیجه را بر 2830 میلیلیتر بر فوت مکعب تقسیم کنید .

۸۰۱۰۲۰۲ - اگر اندازه‌گیری جرم بر حسب پوند انجام شده است . برای محاسبه حجم بر حسب فوت مکعب ، جرم آب بر حسب پوند را ، در واحد حجم آب ، از جدول (۱) ضرب کرده و نتیجه را بر $62/43$ پوند بر فوت مکعب تقسیم کنید .

۸۰۱۰۲۰۳ - برای تبدیل حجم محاسبه شده بر حسب فوت مکعب به سانتیمتر مکعب آنرا در 28320 ضرب کنید .

۸۰۲ - جرم قالب خالی را با استفاده از ترازوی مناسب بند 60303 معین و یادداشت کنید .

۹ - روش انجام آزمایش .

۹۰۱ - مراحل انجام روش A (روش ترجیحی) بایستی بر طبق بند ۹۰۲ باشد . روش

B در بند ۹۰۳ و روش (C) در بند ۹۰۴ شرح داده شده است .

۹۰۲ - روش A

۹۰۲۰۱ - نمونه در اون خشک شده را مخلوط کنید تا توزیع یکنواختی از اندازه ذرات -

ایجاد شود .

۹۰۲۰۲ - اگر وسایل ریختن (که در جدول (۱) شرح داده شده) بکار میبرید ، خاک را تا حد امکان بحالت شل در قالب بریزید . به این منظور وسایل ریختن را صاف و عمودی و یا تقریباً " عمودی نگاه دارید تا خاک از ناودان (جدول ۱) بصورت جریان ثابتی بریزد . مداوماً : ارتفاع ناودان را تنظیم کنید تا سقوط آزاد خاک حدود $\frac{1}{4}$ اینچ (۱۳ میلیمتر) برسد یا ارتفاع آن به میزانی برسد که جریان مستمر ذرات خاک بدون تماس ناودان یا ذرات ریخته شده خاک بر قرار گردد . وسیله ریختن را در مسیری مارپیچی از خارج بسه مرکز قالب حرکت دهید تا لایه‌هایی به ضخامت تقریباً " یکنواخت تشکیل گردد حرکت مارپیچی، بایستی بنحوی باشد که بهم خوردگی ذره‌ای حداقل برسد .

تذکر ۳- الکتریسته ساکن می‌تواند در ماسه خشک سبب حجیم شدن مشابه با اثر رطوبت بر دانه‌های خاک گردد . اگر این اثر موجب مزاحمت گردد می‌توان از یک برس ضد استاتیک در وسایلی که با ماسه در تماس می‌باشند استفاده کرد .

۹۰۲۰۲۰۱ - قالب را تقریباً " باندازه $\frac{1}{4}$ اینچ (۱۲ میلیمتر) تا ۱ اینچ (۲۵ میلیمتر) بالاتر از سطح بالائی قالب (یا تا ارتفاعیکه تمام نقاط سطح خاک بالای سطح لبه قالب باشد) از خاک پر کنید .

۹۰۲۰۲۰۲ - خاک اضافی روی قالب را با صاف کردن سطح بوسیله صاف کننده بسدور بریزید در حین پر کردن و صاف کردن نهایت دقت بعمل آورید تا از تکران خوردن قالب یا بهم خوردگی شدید سطح خاک جلوگیری شده و موجب بازسازی و نشست دانه‌های خاک نگردد . با وارد آوردن یک حرکت مستمر با لبه صافکن یا اگر لازم شود ، دو حرکت نتایج قابل کنترل بدست خواهد آمد .

۹۰۲۰۳ - اگر بیلچه یا بیل (که در جدول (۱) گفته شده) بکار رود ، با نگاه داشتن آن بالای سطح خاک که موجب سریدن نه سقوط بر روی خاک ریخته شده قبلی شود ، خاک را تا حد امکان بصورت شل تر بریزید . اگر لازم شد دانه‌های درشت را با دست بگیرید تا از غلتیدن آن از بیلچه جلوگیری شود .

۹۰۲۰۳۰۱ - قالب را بطور سر ریز پر کنید . یعنی تا حداکثر ۱ اینچ روی سطح بالائی قالب را خاک بپوشاند . در مورد خاکهایی که حداکثر اندازه ذره‌ای از الک $\frac{3}{4}$ اینچ (۱۹ میلیمتر) بگذرد . برای تراز سطح خاک با بالای قالب از لبه صاف کن فولادی (و اگر لازم شد از انگشتان) استفاده نمائید . خاکهایی که حداکثر اندازه ذره‌ای آنها درشت است از انگشتان بنحوی استفاده نمائید که

جابجایی های کوچک ذرات درشت در روی سطح بالائی قالب منافذ بزرگتر سطح زیرین سطح بالائی قالب را بپوشاند .

۹۰۲۰۴ - جرم قالب و خاک را تعیین و یادداشت کنید ، جرم خاک موجود در قالب با تفریق جرم خالی قالب ، که در ۸۰۲ تعیین شده از جرم قالب و خاک بدست میآید . اندیس دانسیته حداقل Pd_{min} بر طبق بند ۱۰ بدست میآید .

۹۰۲۰۵ - مراحل ۹۰۲۰۱ تا ۹۰۲۰۴ بایستی تکرار گردد تا مقادیر اندیس دانسیته حداقل مشابه شوند (ترجیحا " در محدوده یکدر درصد)

۹۰۳ - روش B

۹۰۳۰۱ - نمونه دراون خشک شده را مخلوط کنید تا توزیع یکنواختی از اندازه ذره ای به دست آید .

۹۰۳۰۲ - بر طبق مشخصات لوازم مورد احتیاج بند ۶۰۳۰۵ اندازه مناسبی از لوله جدار نازک انتخاب کنید .

۹۰۳۰۳ - لوله را در داخل قالب بگذارید . با یک وسیله ریزشی ، نظیر بیلچه یا قاشقک ، با توجه باینکه بهم خوردگی مصالح در حین پرکردن حداقل برسد خاک غیر چسبنده را داخل لوله بریزید ، لوله را از $1/8$ اینچ (۳ میلیمتر) تا $1/4$ اینچ (۶ میلیمتر) تا بالای آن پر کنید .

۹۰۳۰۴ - لوله را سرعت بالا آورید تا خاک از لوله بیرون بریزد .

۹۰۳۰۵ - با استفاده از دستورالعمل های ۹۰۲۰۲۰۱ و ۹۰۲۰۳۱ سطح خاک را بالای قالب تراز کنید .

۹۰۳۰۶ - جرم قالب و خاک را تعیین و یادداشت کنید ، جرم خاک لازم برای پر کردن قالب را با تفریق جرم قالب خالی ، که در ۸۰۲ تعیین شده ، از جرم قالب و خاک محاسبه و یادداشت کنید . اندیس دانسیته حداقل Pd_{min} را بر طبق بند (۱۰) محاسبه نمایید .

۹۰۳۰۷ - مراحل ۹۰۳۰۱ تا ۹۰۳۰۶ بایستی تکرار گردد تا مقادیر تقریبا " یکسانی از - اندیس دانسیته حداقل (تقریبا " تا ۱% بدست آید) .

۹۰۴ (C) روش .

۹۰۴۰۱ - مقدار 1 ± 1000 گرم ماسه را در استوانه مدرج 2000 میلی لیتری ریخته و سرپوش در روی آن قرار دهید . استوانه را واژگون کرده و بسرعت بسه وضعیت عمودی اولیه برگردانید .

۹۰۴۰۲ - حجم V_g استوانه مدرج را که ماسه اشغال کرده است یادداشت کنید . بر طبق بند ۱۰ اندیس دانسیته حداقل را محاسبه نمایید .

۹۰۴۰۳ - این دستور را تکرار کنید تا به مقدار مشابه از اندیس حداقل (ترجیحا " تا محدوده 1%) بدست آید .

۱۰ - محاسبه :

۱۰-۱ - برای هر مرتبه آزمایش ، اندیس دانسیته حداقل Pd_{min} بر حسب پوند بر فوت مکعب (کیلوگرم بر متر مربع) بشرح ذیل محاسبه نماید :

$$Pd_{min} = M_s / V \quad \text{که در آن}$$

$$M_s = \text{جرم خاک خشک بر حسب پوند (کیلوگرم) و}$$

$$V = \text{حجم خاک بر حسب فوت مکعب (متر مکعب) .}$$

در مورد روش های A و B $V = V_c$ (به بند ۹۰۴۰۲ مراجعه شود) .

۱۰-۱-۱ - میانگین اندیس دانسیته حداقل Pd_{min} را با استفاده از

مقادیری که بیکدیگر تا 1 درصد مطابقت دارند محاسبه نماید .

$$e_{max} = \frac{P_w G_{avg}}{Pd_{min}} - 1 \quad \text{۱۰-۲ - نسبت نظری حداقل تراکم نسبی}$$

که در آن

$$P_w = \text{دانسیته آب برابر با } 62/4 \text{ پوند بر فوت مکعب یا } 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$G_{avg} = \text{میانگین چگالی توزینی ذرات خاک ها مرکب از ذرات درشتتر و کوچکتر از}$$

$$G_{avg} = \frac{1}{\frac{R_1}{100G_1} + \frac{P_1}{100G_2}} \quad \text{الک شماره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) یا}$$

که در آن

$$G_1 = \text{چگالی ظاهری ذرات خاک باقی مانده روی الک شماره ۴ که}$$

روش ۱۲۷ معین شده .

$$G_2 = \text{چگالی ذرات خاک گذشته از الک شماره ۴ که با روش ۸۵۴ D معین}$$

شده .

$$R_1 = \text{درصد ذرات خاک باقی مانده روی الک شماره ۴ .}$$

P_1 = درصد ذرات خاک گذشته از الک شماره ۴ و Pd_{min} بر حسب پیوند بر فوت مکعب یا کیلوگرم بر متر مکعب است .

۱۰۰۳- اگر اندیس دانسیته حداکثر Pd_{max} بر طبق روش $D_{۴۲۵۳}$ معین شده و دانسیته خشک خاکریز یا رسوب خاکی Pd یا نسبت منفذی e معلوم شده است ، دانسیته نسبی Dd را میتوان محاسبه کرد :

$$Dd = \frac{Pd_{max} (Pd - Pd_{min})}{Pd (Pd_{max} - Pd_{min})} \times 100 \text{ یا}$$

$$Dd = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

۱۱- گزارش :

۱۱-۱- گزارش بایستی شامل اطلاعات ذیل باشد .

۱۱-۱-۱- منشاء مصالح مورد آزمایش .

۱۱-۱-۲- تشریح ظاهری نمونه مورد آزمایش بر اساس عمل $D_{۲۴۸۸}$ (از روش $D_{۲۴۸۷}$) نیز میتوان استفاده کرد .

۱۱-۱-۳- روش (روشهای A- B و C) و اندازه قالب مورد استفاده .

۱۱-۱-۴- اندیس دانسیته حداقل Pd_{min} بر حسب پیوند بر فوت مکعب (کیلوگرم بر متر مکعب) تا سه رقم اصلی (طبق عمل $E_{۳۸۰}$) . محاسبه شده در بند ۱۰-۱-۱۰

۱۲- دقت و صحت .

۱۲-۱- خصوصیات لازم بمنظور قابل قبول قرار گرفتن نتایج آزمایش اندیس حداقل کسه

بروش A انجام شده در جدول ۳ داده شده است . در مورد صحت و دقت

روش های B و C بعلت فقدان اطلاعات کافی اظهار نظر نشده است .

۱۲-۱-۱- اختلاف بین آزمایشگاه ها (تنوعات)

۱۲-۱-۱-۱- انحراف استاندارد S از رابطه ذیل محاسبه میشود .

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2$$

که در آن

= تعداد اندازه گیری ها

= مقدار هر اندازه گیری .

= میانگین عددی اندازه گیری ها .

۱۲۰۱۰۲ - اختلافات بین آزمایش‌های دوتایی (کنترلی) .

۱۲۰۱۰۲۰۱ - انحراف استاندارد ترکیبی S^2 از رابطه زیر بدست می‌آید .

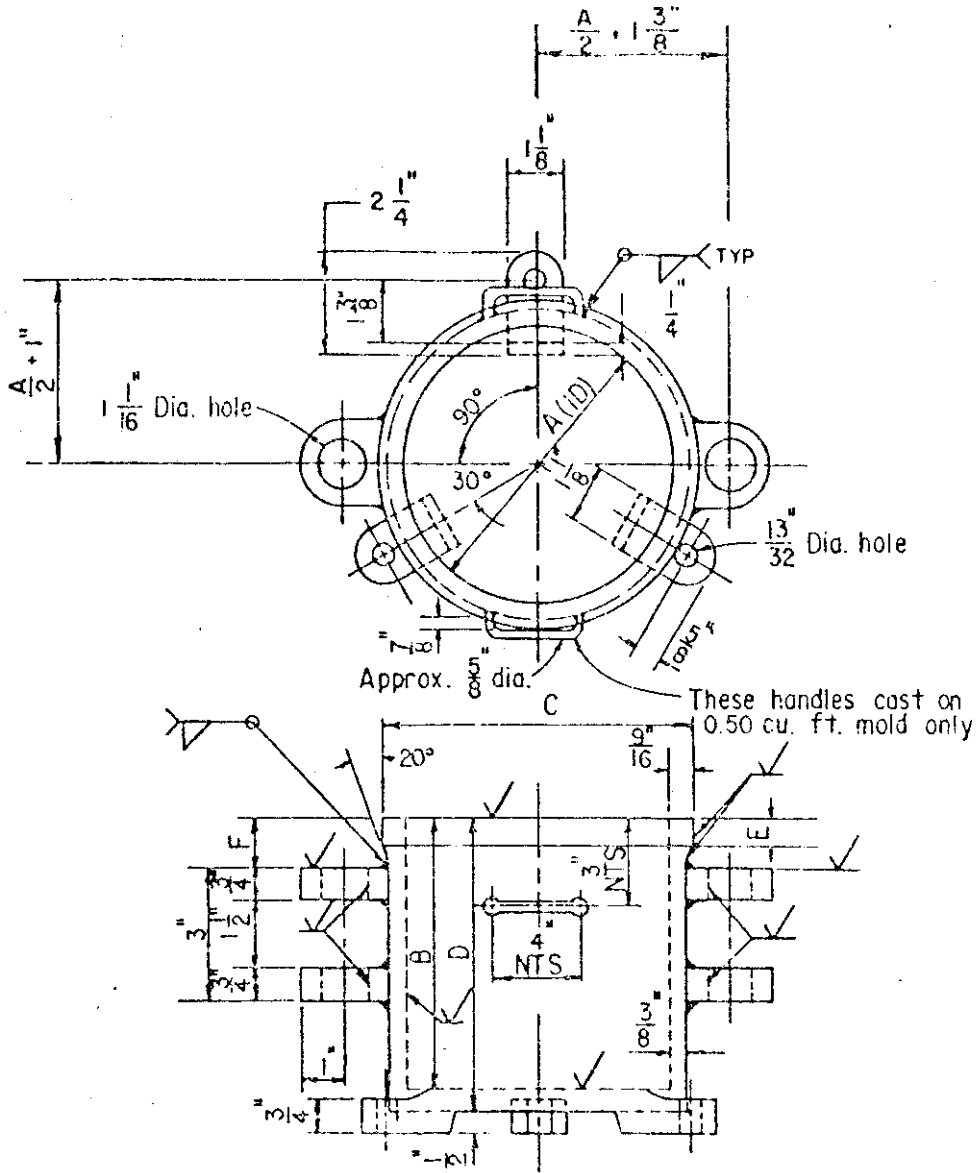
$$S^2 = \frac{1}{2K} \sum D^2$$

که در آن D اختلاف بین آزمایش‌های دوتایی و K تعداد زوج آزمایش‌های دوتایی .

جدول (۱)

جرم لازم نمونه‌ها

حداکثر اندازه ذره بر حسب اینچ (mm)	جرم نمونه لازم بر حسب پوند (Kg)	وسیله ریختن در آزمایش دانسیته حداقل	اندازه قالب مورد استفاده بر حسب فوت مکعب (Cm^3)
۳ (۷۵)	۷۵ (۳۴)	بیل یا بیلچه خیلی بزرگ	۵۰۰ / (۱۴۲۰۰)
۱/۴ (۳۸/۱)	۷۵ (۳۴)	بیاچه	۵۰۰ / (۱۴۲۰۰)
۳/۸ (۱۹/۰)	۲۵ (۱۱)	بیلچه	۱۰۰ / (۲۸۳۰)
۳/۸ (۹/۵)	۲۵ (۱۱)	وسیله ریختن ۱/۴ اینچ (۲۵) میلیمتر قطر ناودان .	۱۰۰ / (۲۸۳۰)
شماره ۴ (۴/۵) یا کمتر	۲۵ (۱۱)	وسیله ریختن ۱/۴ اینچ (۱۳) میلیمتر قطر ناودان .	۱۰۰ / (۲۸۳۰)



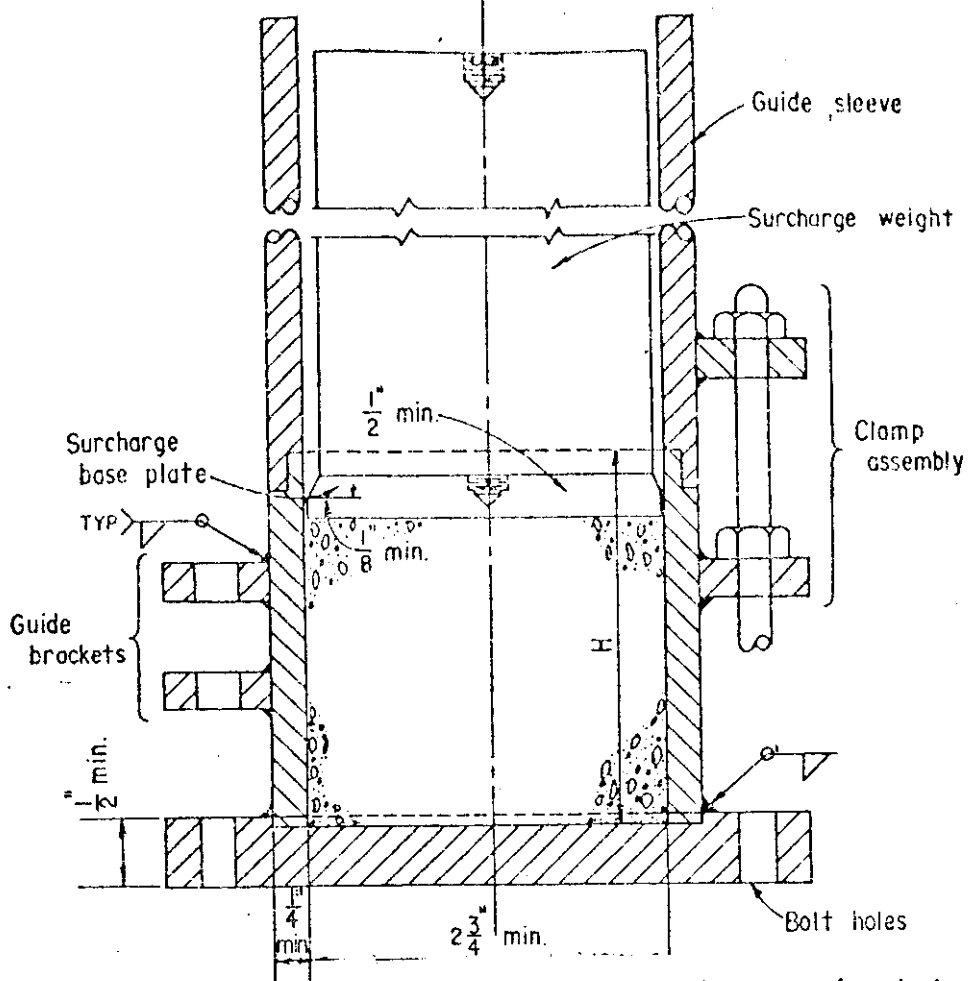
یادآوری - رواداری ها $\pm 1/64$ اینچ $(\pm 0.4$ میلیمتر) می باشد. مگر غیر از این گزارش شود.

اندازه های (میلی متر)

ابعاد اینج (میلی متر)

Size Mold, ft ³ (cm ³)	Dimensions, in (mm)					
	A ± 0.005 -0.005	B ± 0.005 -0.005	C	D	E	F
0.100 (2830)	6.000 (152.4)	6.112 (155.2)	7 1/8 (181.0)	6 1/2 (105.1)	1/2 (12.7)	1 1/8 (28.5)
0.500 (14 200)	11.000 (279.4)	9.092 (230.9)	12 1/4 (308.0)	9 1/2 (241.3)	3/4 (15.9)	2 (50.8)

شکل (1) جزئیات قالب ها



شکل (۲) قالب های فلزی استوانه‌ای مخصوص $\frac{1}{2}$ تا $\frac{3}{4}$ (برابر قطر) =

SD	in.	mm
	$\frac{1}{8}$	3.2
	$\frac{1}{4}$	6.4
	$\frac{1}{2}$	13
	$2\frac{3}{4}$	70

جدول (۲) حجم هر گرم آب در درجه حرارت های مختلف.

حجم آب میلیمتر/گرم

درجه حرارت

	$^{\circ}F$	$^{\circ}C$
1/0.048	52/6	12
1/0.072	57/2	14
1/0.103	60/8	16
1/0.138	64/4	18
1/0.177	68/0	20
1/0.221	71/6	22
1/0.268	75/2	24
1/0.320	78/8	26
1/0.375	82/4	28
1/0.425	86/0	30
1/0.497	89/6	32



روش استاندارد آزمایش
حد روانی، حد خمیری و دامنه خمیری
ASTM D4318-00

۱- اهداف

- ۱-۱- این استاندارد در برگیرنده روشهای تعیین حد روانی - حد خمیری و شاخص خمیری خاکها است که در بخش ۳ (اطلاعات) معرفی شده اند.
- ۱-۲- آماده سازی نمونه به دو روش انجام می گیرد: روش آماده سازی تر. که در بند ۱۰-۱ شرح داده شده و روش آماده سازی خشک، که در بند ۱۰-۲ شرح داده شده است. روش آزمایش را معمولاً متقاضی آزمایش معین می کند اگر روشی معین نشده باشد از روش تر استفاده می کنیم.
- ۱-۲-۱- مقادیر حد روانی و حد خمیری بیشتر خاکهایی که قبل از آزمایش خشک می شوند با مقادیر آنها در حالت مرطوب متفاوت است. اگر بخواهیم از این مقادیر در تعیین و شناسایی رفتار مهندسی خاک با رطوبت طبیعی استفاده کنیم باید از خشک شدن نمونه قبل از انجام آزمایش جلوگیری شود. مگر اینکه اطلاعات در حالت خشک مورد نظر باشد.
- ۱-۳- دو روش برای تخمین حد روانی وجود دارد:
 - روش A- روش چند نقطه ای مطابق بند ۱۱ و ۱۲
 - روش B- روش یک نقطه ای مطابق بند ۱۳ و ۱۴روش انجام آزمایش را معمولاً متقاضی تعیین می کند که اگر روش مشخص نشده باشد از روش A استفاده می شود.
- ۱-۳-۱- به دلیل اینکه روش چند نقطه ای نسبت به روش یک نقطه ای از دقت بیشتری برخوردار است توصیه می شود در مواردی که جواب آزمایش خطا دارد یا نیاز به دقت بیشتری است، از روش چند نقطه ای استفاده گردد.
- ۱-۳-۲- در روش یک نقطه ای لازم است تکنسین، حد روانی نمونه را بطور تقریبی تخمین بزند. لذا در این روش نباید از تکنسین کم تجربه استفاده شود.



۳-۳-۱- روابطی که نتایج آزمایش یک نقطه‌ای بر روی آن پایه ریزی شده است، ممکن است در مورد بعضی از خاک‌ها از قبیل خاکهای آلی و خاکهای محیطهای دریایی صحیح و معتبر نباشد، در این موارد توصیه می‌شود از روش چند نقطه‌ای استفاده شود.

۴-۱- آزمایش حد خمیری بر روی مصالح آماده شده برای حد روانی انجام می‌گیرد.

۵-۱- حد روانی و حد خمیری (همراه حد انقباض) را مجموعاً حدود اتربرگ می‌نامند که مشخص کننده مرز بین حالت‌های مختلف خاک پلاستیکی هستند.

۶-۱- همانطور که رطوبت خاک بر روی نتایج حد روانی و خمیری تأثیر دارد ترکیب و غلظت نمکهای موجود در خاک نیز نتایج حد روانی و خمیری را تغییر می‌دهند (طبق D2216)، توجهات ویژه‌ای در مورد خاکهای قابل حل دریایی و یا منابعی که غلظت نمک محلول آنها بالا باشد، لازم است در نظر گرفته شود. میزان نمک موجود در این خاکها (غلظت یا رقیق) لازم است مورد توجه قرار گیرد.

۷-۱- روشهایی که در اینجا ذکر می‌شوند بر روی خاک عبوری از الک ۴۲۵ میکرون (نمره ۴۰) انجام میشود و در هنگام ارزیابی خواص خاک این بخش از خاک به عنوان بخشی از کل نمونه در نظر گرفته می‌شود.

۸-۱- واحدهای بیان شده در دستگاه متریک به عنوان واحدهای استاندارد هستند و واحدهای داخل پرانتز جنبه اطلاعاتی دارند.

۱-۸-۱- واحدهای استاندارد در پیوست A واحدهای اینچ- پوند هستند و واحدهای متریک جنبه اطلاعاتی دارند.

۹-۱- این استاندارد نمی‌تواند در برگیرنده تمام احتیاطات لازم برای تمام استفاده کننده‌ها باشد. این امر در مسوولیت شخص استفاده کننده است که تدابیر لازم را برای ایمنی و سلامت خود بخار بندد و محدودیتهای عملی را قبل از استفاده از آن تعیین نماید.

۲- روشها و منابع

۱-۲- استانداردهای ASTM:

C702 روش تهیه نمونه‌های دست‌نخورده صحرایی به اندازه مناسب برای آزمایش؛

D75 روش نمونه‌گیری از خاکها؛

D420 راهنمای توصیف مشخصات محل برای مهندسين و طراحان؛

D653 شرح اصطلاحات مربوط به سنگ و خاک و مایعات موجود در آنها؛

D1241 شرح مصالح مورد استفاده مربوط به زیر اساس- اساس و سطح راهها؛

D2216 روشهای آزمایشگاهی تعیین مقدار رطوبت موجود در خاک و سنگ؛



D2487 روش طبقه‌بندی خاک (طبقه بندی یونیفاید):

D3282 روش طبقه‌بندی خاک و مخلوط دانه‌های آن که در بزرگراهها کاربرد دارند:

D3740 روش حداقل احتیاجات برای وسایل مورد استفاده در آزمایش. بازرسی خاک و سنگی که در

طرحهای مهندسی و ساخت مورد استفاده هستند و در شرکتهای مختلف آزمایشگاهی استفاده می‌شوند:

D4753 تشریح، ارزیابی، انتخاب و تعیین مقادیر نسبتها برای استفاده در خاک و سنگ و مصالح ساختمانی

که در آزمایش کاربرد دارند:

D6026 روش استفاده از ارقام معنی‌دار در اطلاعات ژئوتکنیک:

E11 شرح الک‌های مفتولی با روکش فلزی که در آزمایش کاربرد دارند:

E177 روش استفاده از واژه‌های دقت و انحراف در روش‌های آزمایش ASTM:

E691 روش هدایت مطالعات آزمایشگاهی برای تخمین دقت آزمایش.

۳- واژگان

۳-۱- تعاریف:

۳-۱-۱- تعاریف استفاده شده در این استاندارد مطابق D653 است.

۳-۲- شرح دقیق واژه‌ها در این استاندارد:

۳-۲-۱- حدود اتربرگ: در اصل شش حد قوام توسط آلبرت اتربرگ برای خاکهای ریزدانه تعریف شده

است. حد بالای جریان ویسکوز، حد مایع، حد چسبناکی، حد چسبندگی، حد خمیری و حد انقباض.

معمولاً در کاربردهای ژئوتکنیک مهندسی منظور از حدود اتربرگ، حد روانی و خمیری و در بعضی موارد حد

انقباض می‌باشد.

۳-۲-۲- قوام خاک: سهولت نسبی تغییر شکل خاک است.

۳-۲-۳- حد روانی (LL-WL): درصد رطوبتی از خاک که مرز تقریبی بین حالت نیمه روانی و خمیری

تعریف شده است.

۳-۲-۳-۱- توضیح: مقاومت برشی زهکشی نشده خاک در حد روانی تقریباً ۲ کیلوپاسکال (psi ۰/۲۸) در

نظر گرفته می‌شود.

۳-۲-۳-۴- حد خمیری (PL-WP): درصد رطوبتی از خاک که مرز بین حالت خمیری و حالت نیمه جامد را

بیان می‌کند.

۳-۲-۳-۵- خاک خمیری: خاکی با مقدار رطوبت در حد خمیری و دارای قابلیت حفظ کردن شکل خود در

حالت خشک می‌باشد.



۳-۲-۶- شاخص خمیری (PI): محدوده‌ای از رطوبت که در آن خاک رفتار خمیری دارد و از نظر عددی تفاوت بین حد روانی و حد خمیری است.

۳-۲-۷- شاخص روانی: حاصل تقسیم تفاضل رطوبت طبیعی و حد خمیری بر نشانه خمیری می‌باشد و بر حسب درصد بیان می‌شود.

۳-۲-۸- عدد فعالیت (A): نسبت شاخص خمیری به درصد وزنی ذرات کوچکتر از ۲ میکرون (۰.۰۰۲ میلی‌متر) می‌باشد.

۴- خلاصه‌ای از روش آزمایش

۴-۱- آزمایش بر روی بخشی از خاک که از الک ۴۲۵ میکرون (نمره ۴۰) عبور کرده انجام می‌شود. حد روانی توسط آزمایشهایی تعریف می‌شود که در اثر آن مقداری از نمونه در جام برنجی پهن می‌شود و توسط شیارزن به دو نیم می‌شود و سپس توسط ضربات تکراری حاصل از افتادن جام در یک وسیله مکانیکی، دو لبه شیار بهم می‌رسند.

روش A یک روش چند نقطه‌ای است که نیاز به سه آزمایش یا بیشتر با مقادیر متفاوت رطوبت دارد و از ترسیم اطلاعات بدست آمده و محاسبه آنها حد روانی بدست می‌آید.

روش B یک روش یک نقطه‌ای است که اطلاعات به وسیله انجام دوبار آزمایش روی یک میزان رطوبت بدست می‌آید. حاصلضرب این میزان رطوبت در یک ضریب اصلاحی، حد روانی را مشخص می‌کند.

۴-۲- حد خمیری: خاک به طور متناوب گلوله و سپس فته‌بله می‌شود این عمل تا رسیدن فته‌بله خاک به قطر ۳/۲ میلیمتر ادامه می‌یابد. به رطوبتی که در آن رطوبت فته‌بله ۳/۲ میلیمتری تکه تکه شده و قابل لوله کردن نیست حد خمیری گویند.

۴-۳- شاخص خمیری: از تفاضل حد روانی و حد خمیری بدست می‌آید.

۵- اهمیت و کاربرد

۵-۱- از این آزمایش در بسیاری طبقه‌بندی‌ها برای شناخت خواص خاک ریزدانه (مطابق D2487 و D3282) و برای شناسایی ترکیب اجزاء خاک ریزدانه (مطابق D1241) استفاده می‌شود و همچنین از نتایج حد روانی و حد خمیری چه بصورت مجزا و چه با هم در شناسایی و ارتباط دیگر خواص مهندسی خاک نظیر قابلیت هدایت هیدرولیکی (نفوذ پذیری)، قابلیت تراکم، انقباض و تورم و همچنین مقاومت برشی خاک استفاده می‌کنند.



۲-۵- از حد روانی و خمیری و مقدار رطوبت می‌توان در تعیین استحکام نسبی و شاخص روانی نیز استفاده کرد. بعلاوه با داشتن درصد ذرات کوچکتر از ۲ میکرون می‌توان عدد فعالیت خاک را تعیین کرد.

۳-۵- از این روش گاهی برای تخمین هوازدهی مصالح رس و شیل استفاده می‌شود به این صورت که هنگامیکه خاک در یک سیکل خشک و مرطوب شدن قرار می‌گیرد مقدار حد روانی افزایش می‌یابد. این مقدار افزایش، حساسیت شیل نسبت به هوازدهی را نشان می‌دهد.

۴-۵- مقدار حد روانی در خاکهایی که حاوی مواد آلی هستند و قبل از آزمایش در اون خشک می‌شوند، کم می‌شود که می‌توان با مقایسه حد روانی این خاکها قبل و بعد از خشک کردن به مقدار مواد آلی موجود در آنها پی برد (مطابق D2487).

نکته ۱: صحت نتایج بدست آمده از این استاندارد بستگی به مهارت تکنسین انجام دهنده، دقت وسایل آزمایش و تسهیلات استفاده از آنها دارد. استاندارد D3740 در برگیرنده خصوصیات وسایل - نحوه انجام آزمایش - نمونه گیری و... است. استفاده کننده این روش باید توجه داشته باشد که استاندارد D3740 به تنهایی جواب مطلوب را نمی‌دهد نتیجه مطلوب نیاز به فاکتورهای بسیاری دارد که استاندارد D3740 در برگیرنده بعضی از آنهاست.

۶- وسایل مورد نیاز

۱-۶- وسیله انجام حد روانی: وسیله‌ای است مکانیکی دارای جام برنجی با دسته گرداننده که سقوط جام را روی صفحه کائوچوی سخت کنترل می‌کند (شکل ۱)، در برگیرنده قسمتهای مختلف دستگاه و اندازه ابعاد آنهاست. دستگاه هم توسط دست گرداننده می‌شود هم توسط موتور الکتریکی.

۱-۱-۶- پایه: از یک صفحه پلاستیکی با سختی تداومی در حدود ۸۰ تا ۹۰ و انعطاف پذیری حداقل ۷۷٪ (بیشتر از ۹۰٪ نمی‌شود) تشکیل شده است. جزئیات اندازه گیری انعطاف پذیری پایه در ضمیمه A۱ آورده شده است.

۲-۱-۶- تکیه گاههای پلاستیکی: محافظ پایه است و کار عایق بندی سطح پایه از سطح کار را انجام می‌دهد و سختی تداومی بیشتر از ۶۰ ندارد.

۳-۱-۶- جام برنجی: که وزن آن همراه با گیره نگهدارنده ۱۸۵ تا ۲۱۵ گرم است.

۴-۱-۶- بادامک: بادامک بصورتی طراحی شده است که جام را بصورت آهسته و ممتد، بدون افزایش یا کاهش سرعت جام به بالاترین ارتفاع می‌رساند. بالاترین ارتفاع فاصله‌ای است که در نتیجه چرخش حداقل ۱۸۰ درجه بادامک پیش می‌آید (منحنی حرکت بادامک با شتاب یکنواخت و صعودی است).



نکته ۲: طرح بادامک و دیگر ضمامنم آن در شکل (۱) برای حرکت با استاب یکنواخت بعد از تماس و اطمینان از صفر بودن سرعت جام، در هنگام افتادن می‌باشد. طرحهای دیگر بادامک نیز این امکان را ایجاد می‌کنند و قابل استفاده می‌باشند. اگر بادامک و اجزای آن طبق الگوی ناشناخته‌ای طراحی شده باشند، ایجاد سرعت سقوط صفر در آنها با مکانیزه کردن بادامک انجام گرفته است. در نتیجه با چرخش بادامک در حدود ۲۰ تا ۴۵ درجه، ارتفاع جام ثابت می‌ماند.

۱-۵-۱-۶- اهرم: کار تنظیم ارتفاع سقوط جام توسط اهرم انجام می‌گیرد. اتصال جام برنجی به اهرم توسط خاری است که امکان خارج ساختن جام و بررسی و تمیز کردن را میسر می‌سازد (برای اطلاع بیشتر به شکل (۲) مراجعه شود).

۱-۶-۱-۶- گرداننده موتوری (اختیاری): روش دیگری غیر از گرداننده دستی که در شکل (۱) نشان داده شده است. این روش به یک موتور مجهز شده است. این موتور باید بتواند محور را با سرعت 2 ± 0.1 دور در ثانیه بچرخاند و باید توسط یک ابر اسفنجی پوشانده شده و از دیگر قسمت‌ها جدا شود تا مانع لرزش بالشتک دستگاه شود. دستگاه باید توسط کلید روشن و خاموش به کار افتد و به راحتی بالا و پایین رود. نتایج بدست آمده از گرداننده موتوری نباید با نتایج حاصله از آزمایش دستی تفاوت داشته باشد.

۲-۶- شیارزن مسطح: وسیله‌ای از جنس پلاستیک یا فلز ضدزنگ است که در شکل (۳) نشان داده شده است. طراحی این وسیله می‌تواند متغیر باشد البته تا حدی که ابعاد داخلی آن ثابت بماند. این وسیله می‌تواند شامل یک گچی (زبان) برای اندازه گیری ارتفاع سقوط وسیله حد روانی باشد.

نکته ۳: قبلاً برای این آزمایش از شیارزن انحنادار استفاده می‌شد که دقت آن کمتر از دقت شیارزن مسطح تعریف شده در بخش ۲-۶ است، به دلیل اینکه عمق شیار خاک را در کاسه حدروانی نمی‌توان توسط آن کنترل کرد. برخی از نتایج نشان می‌دهد حد روانی به دست آمده توسط شیار زن مسطح کمی بیشتر از شیارزن انحنادار است.

۳-۶- اندازه گیر: ابعاد یک قطعه اندازه گیر فلزی برای اندازه گیری ارتفاع سقوط جام در شکل (۴) نشان داده شده است. طرح این وسیله که بطور محکم به پایه ثابت متکی است، ممکن است متغیر باشد و لبه‌ای که در طول اندازه گیری در تماس با جام است، صاف، بدون انحنا و با عرض حداقل ۱۰ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) می‌باشد.

۴-۶- قوطی تعیین رطوبت: قوطی‌های کوچک و مقاوم در برابر خوردگی با درپوش که برای حفظ رطوبت موجود در نمونه به کار می‌روند و از جنس آلومینیوم یا فولاد ضد زنگ با ارتفاع ۲/۵ سانتی‌متر (۱ اینچ) و قطر ۵ سانتی‌متر (۲ اینچ) می‌باشند.

۵-۶- ترازو: طبق استاندارد D4753 از نوع GPI با دقت ۰/۰۱ گرم باشد.



6-6- ظرف نگهداری نمونه: این ظرف برای نگهداری نمونه خاک آماده شده استفاده می‌شود و نباید هیچگونه آلودگی در حین اختلاط و نگهداری در نمونه ایجاد کند و اجازه خروج رطوبت از نمونه را بدهد. ظرف چینی یا شیشه‌ای یا پلاستیکی با قطر $11/4$ سانتی‌متر ($4\frac{1}{4}$ اینچ) و پاکت پلاستیکی با فضای کافی برای قرار دادن و بستن ظرف داخل آن مناسب می‌باشد.

6-7- حد خمیری:

6-7-1- صفحه شیشه‌ای: صفحه شیشه‌ای مربع با ابعاد تقریبی حداقل 30 سانتی‌متر (12 اینچ) و ضخامت 1 سانتی‌متر ($\frac{2}{8}$ اینچ) برای تهیه فته‌های خاک (جهت آزمایش حد خمیری) مورد نیاز است.

6-7-2- وسیله فته کردن خاک (اختیاری): وسیله‌ای که از اکریلیک ساخته شده و ابعاد آن مطابق شکل (5) می‌باشد. کاغذهایی که به صفحات بالا و پایین اضافه شده است، باید از نوعی باشد که مانع از اضافه شدن مواد خارجی مثل (قطعات کاغذ و الیافها) به خاک در طول فرآیند فته کردن شود.

6-8- کاردک: کاردک یا مال‌های با تیغه‌ای به عرض 2 سانتی‌متر ($\frac{2}{4}$ اینچ) و طولی حدود 10 تا 13 سانتی‌متر (3 تا 4 اینچ).

6-9- الک‌ها: یک الک نمره 40 (425 میکرون) به قطر 200 میلیمتر (8 اینچ) مطابق با مشخصات E11 لازم است. لبه بالای توری آن حداقل 5 سانتی‌متر (2 اینچ) می‌باشد. همچنین یک الک نمره 10 (2 میلیمتر) با همین مشخصات لازم است.

6-10- بطری شستشو یا هر وسیله دیگری با قابلیت کنترل آب افزودنی به خاک یا شستشوی ریزدانه‌های روی درشت‌دانه‌ها.

6-11- اون با قابلیت کنترل دما که بتواند دما را پیوسته در 5 ± 110 درجه سانتی‌گراد (9 ± 230 درجه فارنهایت) ثابت نگه دارد.

6-12- تشت شستشو که کف آن مسطح و گرد بوده و عمق آن حداقل $7/6$ سانتی‌متر (3 اینچ) است. کف آن کمی بزرگتر از قطر الک ($20/3$ سانتی‌متر) می‌باشد.

7- معرف ها و مصالح

7-1- آب مقطر: برای این آزمایش آب مقطر یا آب عاری از مواد معدنی به مقدار کافی لازم می‌باشد (نکته 7).



۸- نمونه و نمونه‌گیری

۸-۱- نمونه‌گیری باید از نقاطی صورت گیرد که نیاز آزمایش را برآورده سازد. روشهای C702، D75 و D420 راهنمای خوبی برای انتخاب و نگهداری نمونه از بین انواع مختلف روشهای نمونه‌گیری هستند. نمونه‌هایی که با روش مرطوب تهیه می‌شوند (۱۰-۱) باید با همان رطوبت طبیعی خود حفظ شوند.

۸-۱-۱- اگر نمونه‌برداری از محلی انجام گیرد که نمونه‌ها دارای لایه‌بندی باشد، لایه‌ها باید به صورت جدا از هم حفظ شده و آزمایش روی لایه‌های جدا انجام گیرد. اگر خاک به عنوان مصالح قرضه از اختلاط چند نوع خاک تهیه شود و مورد استفاده قرار گیرد نمونه مورد آزمایش نیز باید منتخبی از مصالح فوق باشد.

۸-۱-۲- اگر نتایج آزمایش برای ارتباط با سایر آزمایشهای صحرائی یا آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گیرد باید مصالح مورد استفاده در آزمایشهای مختلف یکسان باشد.

۸-۲- نمونه معرف باید مقداری از کل نمونه و به میزانی باشد که بتوان از آن ۱۵۰ تا ۲۰۰ گرم مصالح رد شده از الک ۴۲۵ میکرون (نمره ۴۰) بدست آورد. مصالح واریزه‌ای^۱ (غیر چسبنده) را با استفاده از روش چند قسمتی کردن^۲ می‌توان کاهش داد و نمونه معرف را از آن تهیه کرد. مصالح چسبنده را توسط کاردک در یک تشت کاملاً مخلوط کرده و نمونه معرف را توسط یک کاردک یا بیلچه از آن جدا کرد.

۹- کالیبره کردن دستگاه

۹-۱- بررسی فرسودگی:

۹-۱-۱- دستگاه آزمایش حد روانی: دستگاه از نظر تمیزی و خوب کارکردن کنترل شود. همچنین به نکات زیر توجه شود:

۹-۱-۱-۱- ساییدگی پایه: نقطه تماس جام و پایه نباید بیشتر از دایره‌ای به قطر ۱۰ میلیمتر باشد، اگر بیشتر از این حد شد پایه باید تعویض شود یا محل ساییدگی صاف گردد.

۹-۱-۱-۲- ساییدگی جام برنجی: هنگامی که شیارزن، شیاری با عمق بیش از ۰/۱ میلیمتر (۰/۰۰۴ اینچ) در جام ایجاد کرد یا ضخامت لبه جام نصف شد، جام برنجی باید تعویض گردد. باید بررسی شود که اتصال جام به دسته گرداننده جام کاملاً محکم باشد.

۹-۱-۱-۳- سائیدگی دسته گرداننده جام برنجی: باید بررسی گردد تا مفصل دسته گرداننده جام سخت نباشد و نباید آنقدر پوسیده شده باشد که بتوان آنرا در پایین‌ترین نقطه روی لبه (داخل به داخل) بیش از ۳ میلیمتر جابجا کرد.

¹ Free flowing samples

² Quartering (Splitting)



۹-۱-۱-۴- فرسودگی محور نگهدارنده جام: این محور نباید آنقدر ساییده شده باشد که جام برنجی قبل از جدا شدن محور از اهرم بیافتد.

۹-۱-۲- شیار زن: فرسایش شیارزن بصورت مکرر و با قاعده باید بررسی شود. سرعت فرسایش شیارزن بستگی به جنس ماده ساخته شده آن و نوع خاک مورد آزمایش دارد. خاکهایی که ذرات ماسه‌ای زیادی دارند باعث فرسایش سریعتر آن می‌شود به همین دلیل هنگام آزمایش چنین مصالحی باید شیارزن را از نظر فرسودگی به صورت مداوم و بیشتر از حالت استفاده از سایر خاکها کنترل کرد.

نکته ۴: عرض نوک شیارزن را می‌توان توسط یک ذره‌بین جیبی مجهز به مقیاس اندازه‌گیری میلیمتری اندازه گرفت. چنین ذره‌بینی در هر آزمایشگاهی موجود است. عمق نوک شیارزن را می‌توان به وسیله کونیس ورنیه اندازه گرفت.

۹-۲- تنظیم ارتفاع سقوط جام: ارتفاع سقوط جام بنحوی تنظیم می‌شود که نقطه روی جام که در تماس با پایه است تا ارتفاع 10 ± 0.2 میلی‌متر بالا بیاید. شکل (۲) موقعیت مناسب گنج نسبت به جام در طول تنظیم را نشان می‌دهد.

نکته ۵: یک روش ساده برای تنظیم ارتفاع سقوط جام مانند زیر است:

یک تکه چسب کاغذی را به صورت عرضی نزدیک انتهای جام موازی با محور دسته گرداننده جام قرار دهید. لبه چسب باید به صورتی از دسته جام دور باشد که قسمتی از جام که با پایه در تماس است را به دو قسمت تقسیم کند، برای جام‌های جدید، یک ورق کاربن را روی پایه دستگاه قرار داده و اجازه دهید که جام چند بار بر روی آن سقوط کند تا محل تماس جام با پایه مشخص شود. جام را در محل خود متصل کرده و دسته را آنقدر بچرخانید تا جام به حداکثر ارتفاع خود برسد. گنج ارتفاع را از سمت جلو به زیر جام بلغزانید و بررسی کنید که گنج با جام تماس پیدا می‌کند یا با چسب (شکل ۲). اگر چسب و جام به صورت همزمان تماس پیدا کردند، ارتفاع سقوط تقریباً صحیح است در غیر اینصورت جام را طوری تنظیم کنید که تماس همزمان برقرار شود. تنظیمات را با چرخاندن دسته به صورت دو دور در ثانیه هنگامی که موقعیت گنج برخلاف جام و چسب است، انجام دهید. اگر صدای خفیفی از گنج در حالی که جام بالا نرفته، به گوش رسد، تنظیمات صحیح می‌باشد. در غیر اینصورت ارتفاع سقوط جام را باید تنظیم کرد. اگر جام در حین این عمل تکان بخورد، دندان‌های محور آن به مرور زمان مستهلک شده و قسمتهای مستهلک شده باید تعویض شوند. همواره چسب را بعد از انجام تنظیمات ارتفاع سقوط بردارید.



۱۰- آماده سازی نمونه آزمایش

۱۰-۱-۱-۱-۱-۱۰- روش تر: به غیر از مواردیکه در بند ۱۰-۲ در رابطه با روش خشک آماده سازی نمونه آمده در بقیه موارد نمونه‌ها به روش تر مطابق روشی که در زیر شرح داده شده است آماده می‌شوند.

۱۰-۱-۱-۱-۱-۱۰- مصالح عبوری از الک ۴۲۵ میکرون (نمره ۴۰):

۱۰-۱-۱-۱-۱-۱۰-۱-۱-۱-۱-۱۰- بعد از اطمینان از اینکه ذرات بزرگتر از ۴۲۵ میکرون (الک نمره ۴۰) در نمونه کم هستند یا وجود ندارند ۱۵۰ تا ۲۰۰ گرم از مصالح را انتخاب کرده و با آب مقطر یا آب عاری از مواد معدنی روی شیشه به وسیله کاردک مخلوط می‌کنیم، می‌توان قبل از انجام آزمایش مصالح را با کمی آب مخلوط کرده و در ظرفی نگهداری نمود. اگر از روش A استفاده شود مقدار آب اضافه شده باید به حدی باشد که شیار ایجاد شده در نمونه خاک داخل جام برنجی طی ۲۵ تا ۳۵ ضربه به هم برسد (نکته ۶) در روش B تعداد ضربات بین ۲۰ تا ۳۰ ضربه است.

۱۰-۱-۱-۱-۱-۱۰-۲-۱-۱-۱-۱۰- اگر هنگام مخلوط کردن خاک، با درصد کمی از مصالح درشت تر از ۴۲۵ میکرون (الک نمره ۴۰) مواجه شدیم آنها را در صورت امکان با دست بر می‌داریم و در صورتی که امکان جدا کردن آنها با دست میسر نباشد، مصالح درشت تر را با استفاده از الک ۴۲۵ میکرون جدا می‌کنیم (این مقدار نباید از ۱۵٪ بیشتر باشد). در حین انجام این کار می‌توان از یک چکش پلاستیکی یا وسیله مناسب دیگری به طوری که الک‌ها آسیب نبینند و اندازه مصالح کاهش پیدا نکنند، استفاده کرد. برای الک کردن ذرات درشت موجود در مصالح که سخت و فشرده شده، یا قشری آنها را احاطه کرده و یا حاوی ذرات شکننده‌اند نباید آنها را خرد کرد بلکه باید از روش شستشو با برداشتن با دست استفاده کرد.

۱۰-۱-۱-۱-۱-۱۰-۳-۱-۱-۱-۱۰- مصالح آماده شده را در ظرفی که می‌خواهیم عمل مخلوط کردن را انجام دهیم قرار داده و میزان روانی آنرا کنترل کرده و آنرا می‌پوشانیم تا از کاهش رطوبت آن جلوگیری شود. سپس آنرا برای مدت حداقل ۱۶ ساعت نگهداری می‌کنیم. بعد از مدت زمان فوق و قبل از شروع آزمایش دوباره خاک را مخلوط می‌کنیم.

نکته ۶: زمان لازم برای مخلوط کردن خاکها بسیار متنوع است و بستگی به شکل پذیری خاک و مقدار رطوبت اولیه آن دارد. برای اختلاط اولیه رسهای چاق و سخت بیش از ۳۰ دقیقه زمان نیاز است.

۱۰-۱-۱-۱۰-۲-۱-۱-۱۰- مصالح شامل ذرات باقیمانده روی الک ۴۲۵ میکرون (نمره ۴۰):

۱۰-۱-۲-۱-۱-۱۰- نمونه را مطابق (بند ۸-۲) روی سینی یا صفحه‌ای ریخته و تا زمانی که مصالح از آب پوشیده شود آب اضافه کنید و اجازه دهید مصالح خیس بخورند تا زمانی که کلوخ‌ها نرم شوند و ذرات ریز روی ذرات درشت نچسبند (نکته ۷).



نکته ۷: گاهی کاتیون نمکهای موجود در آب معمولی در حین شستشو با کاتیونهای طبیعی خاک ترکیب شده و نتیجه را تغییر می دهند. برای از بین بردن این مشکل بهتر است از آب مقطر یا آب فاقد مواد معدنی استفاده شود به طور کلی آب حاوی بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر مواد محلول نباید در شستشو استفاده شود.

۱۰-۲-۲-۲- هنگامیکه خاک درصد زیادی ذرات درشت تر از ۴۲۵ میکرون داشته باشد هر بار حداکثر ۰/۵ کیلوگرم (۱ پوند) مصالح را روی الک بشویید. الک ۴۲۵ میکرون را داخل تشت تمیزی قرار داده و مخلوط آب و خاک را بدون کم و کاست روی آن می ریزیم. اگر در این مرحله شن یا ماسه درشت در مصالح دیده شد به آرامی با آبفشان و یا مقدار کمی آب مصالح را شسته و ذرات درشت را برمی داریم یا می توان الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) را روی الک ۴۲۵ میکرون قرار داده و مخلوط آب و خاک را داخل آن ریخته، سپس عمل شستن و برداشتن ذرات درشت را انجام داد. در نتیجه باید آب بیشتری اضافه کرد بطوریکه تا ارتفاع ۱۳ میلیمتر ($\frac{1}{4}$ اینچ) بالاتر از کف الک ۴۲۵ میکرون برسد. سپس الک را به آرامی به بالا و پایین حرکت داده و گل حاصل را به آرامی با انگشتان مخلوط می کنیم تا ذرات ریز از روی ذرات درشت شسته شود. برای کامل شدن کار الک را از داخل تشت بلند کرده و ذرات مانده را با مقدار کمی آب شسته و ذرات درشت تر از ۴۲۵ میکرون را حذف می کنیم.

۱۰-۱-۲-۳- رطوبت ذرات عبوری از ۴۲۵ میکرون را تا مرز رسیدن به حد روانی کاهش می دهیم. کاهش رطوبت نمونه می تواند مطابق یکی از روشهای زیر یا ترکیبی از آنها اجرا شود.

(a) قرار دادن نمونه در دمای اتاق؛

(b) قرار دادن نمونه در معرض هوای گرم مثل سشوار؛

(c) تخلیه آب اضافی روی ذرات با دقت و آرامی؛

(d) توسط قیف مکنده (بوختر)؛

(e) توسط آبکش و یا گچ پاریس (گچی که زود سفت می شود) و یا کاغذهای صافی مقاوم.

در طول مدت خشک شدن، نمونه باید به طور مرتب و متناوب و آهسته مخلوط شود تا از خشک شدن سطح آن جلوگیری شود. در مورد خاکهای حاوی نمک محلول، از روش کاهش آب a و یا b استفاده می شود.

۱۰-۲-۴- مصالح عبوری از الک را روی ظرف مخصوص اختلاط یا صفحه شیشه ای توسط کاردک خوب مخلوط کرده و میزان رطوبت را در صورت لزوم با افزودن مقداری آب مقطر یا آب فاقد مواد معدنی یا با خشک کردن نمونه روی شیشه در هوای اتاق در طول مخلوط کردن، تنظیم می کنیم. اگر روش A استفاده شود مقدار رطوبت لازم به اندازه بسته شدن شیار موجود در نمونه با ۲۵ الی ۳۵ ضربه است. در



روش B تعداد ضربات بین ۲۰ تا ۳۰ است. مصالح مخلوط شده را در ظرف درپوشیده‌ای برای جلوگیری از کاهش رطوبت قرار داده و مدت حداقل ۱۶ ساعت نگهداری می‌کنیم. بعد از زمان فوق و قبل از انجام آزمایش نمونه دوباره مخلوط شود.

۱۰-۲- آماده سازی خشک:

۱۰-۲-۱۰ نمونه را در دمای اتاق یا اون با حداکثر دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک کرده بطوریکه کلوخ‌های خاک به راحتی خرد شوند ولی نباید نمونه زیاد خشک شود زیرا خشک شدن بیش از حد، جداسازی ذرات را مشکل می‌سازد. به هر حال ذرات باید در هنگام سائیدن دارای ظاهری خشک باشند.

۱۰-۲-۱۰-۲- خاک را با هاون و یا چکش پلاستیکی یا هر وسیله دیگری که باعث شکستن و از بین رفتن اندازه اصلی ذرات نگردد خرد کنید. اگر در هنگام خشک کردن اثری از ذرات درشت در مصالح دیده شد نباید با شکستن و خرد کردن آنها را از الک ۴۲۵ میکرون گذراند بلکه با برداشتن با دست یا موارد مشابه دیگر مثل شستن روی الک آنها را جدا کرد. اگر عمل شستشو را انجام دادید مطابق بندهای ۱۰-۲-۱-۱ و ۱۰-۲-۱-۲ عمل شود.

۱۰-۲-۱۰-۳- مصالح مورد نظر را روی الک ۴۲۵ میکرون (نمره ۴۰) ریخته و الک کنید. مصالح ریز را جدا کنید و عمل خرد کردن و الک کردن را تا جایی ادامه دهید که مطمئن شوید ذرات ریز لایه‌لای ذرات درشت روی الک وجود ندارد.

۱۰-۲-۱۰-۴- بعد از آخرین مرحله خرد کردن و الک کردن، ذرات مانده روی الک ۴۲۵ میکرون را در ظرفی خیسانده و پس از مخلوط کردن از الک ۴۲۵ میکرون به داخل تشتی عبور می‌دهیم و آنها را به مصالح خشک قبلی که از الک رد کرده بودیم اضافه کرده و مصالح روی الک را حذف می‌کنیم.

۱۰-۲-۱۰-۵- مطابق بندهای ۱۰-۲-۱-۱ و ۱۰-۲-۱-۲ عمل می‌شود.

حد روانی به روش چند نقطه‌ای (روش A):

۱۱- روش آزمایش

۱۱-۱- نمونه آماده شده را که روی شیشه یا محل مخصوص اختلاط قرار گرفته، مجدداً مخلوط و در صورت لزوم مقدار رطوبت آن را به حد رطوبت حد روانی که طی آن شکاف ایجاد شده در نمونه طی ۲۵ الی ۳۵ ضربه بهم برسد، می‌رسانیم. نمونه آماده شده را در جام برنجی قرار داده و توسط کاردک آن را داخل جام پهن می‌کنیم بطوریکه ضخامت آن در عمیق‌ترین قسمت ۱۰ میلیمتر شود. هوای داخل نمونه را با زدن ضربه آهسته‌ای خارج کرده و باقیمانده مصالح روی صفحه شیشه‌ای را توسط حوله تر یا ظرفی می‌پوشانیم تا رطوبت آن از دست نرود.



۱۱-۲- توسط شیارزن شکافی در نمونه از بالا به پایین در امتداد قطر جام ایجاد کنید. شیارزن در این حالت می‌بایست عمود بر سطح جام نگهداشته شود و شیار از قسمت فوقانی جام به قسمت تحتانی آن ادامه داشته باشد (شکل ۶). در خاکهایی که شیارزن با یک حرکت قادر به ایجاد شیار نیست با چند حرکت شیار را به اندازه مورد نظر می‌رسانیم. به نوبت شکاف را به اندازه کمتر از مورد نیاز توسط کاردک ایجاد می‌کنیم و سپس با استفاده از شیارزن به ابعاد نهائی می‌رسانیم. باید دقت شود تا از لغزیدن نمونه در جام جلوگیری شود.

۱۱-۳- باید دقت شود ذرات خاک روی پایه و اطراف جام قرار نداشته باشد. سپس دسته جام را با سرعت $1/9$ تا $2/1$ سقوط در تائیه گردانده و تا زمانی که دو لبه شیار به اندازه ۱۳ میلیمتر ($\frac{1}{4}$ اینچ) بهم برسند (شکل ۷) کار را ادامه می‌دهیم.

نکته ۱- می‌توان با استفاده از هر وسیله اندازه‌گیری، رسیدن طول شکاف به اندازه ۱۳ میلیمتر را اندازه گرفت.

۱۱-۴- باید دقت کرد تا وجود حباب هوا در خاک باعث بهم رسیدن زود هنگام دو لبه شکاف نشده باشد برای اینکار اگر دو لبه شکاف شبیه هم و یکسان باشد، حباب هوا در لبه‌ها وجود نداشته است. در صورت وجود حباب، خاک درون جام بهسازی می‌شود و مقداری خاک برای جبران خاک برداشته شده با شیارزن، به آن اضافه شده و بندهای ۱-۱۱ تا ۳-۱۱ تکرار می‌شود. اگر نمونه در جام بلغزد بندهای ۱-۱۱ تا ۳-۱۱ را با بالا بردن میزان رطوبت اجرا می‌کنیم. اگر بعد از چند بار آزمایش و بالا بردن میزان رطوبت نمونه باز هم در جام بلغزد یا تعداد ضربات زده شده برای بسته شدن شیار کمتر از ۲۵ گردد، حد روانی غیر قابل اندازه‌گیری است و خاک غیر پلاستیک نامیده می‌شود و آزمایش حد خمیری انجام نمی‌شود.

۱۱-۵- تعداد ضربات لازم برای بهم پیوستن شکاف (N) باید یادداشت شود سپس مقداری خاک تقریباً به اندازه پهنای کاردک از محل بهم پیوستن دو لبه نمونه جام برداشته و در قوطی وزن شده در پوشیده‌ای قرار دهید.

۱۱-۶- باقیمانده خاک را روی سطح سینی قرار داده جام و شیارزن را شسته و خشک کنید و برای آزمایش بعدی نگهداری کنید.

۱۱-۷- نمونه روی شیشه کاملاً مخلوط شده و مقداری آب مقطر برای بالا بردن رطوبت به آن افزوده و در نتیجه تعداد ضربات برای بهم رسیدن دو لبه شیار کم می‌شود. بندهای ۱-۱۱ تا ۶-۱۱ دوباره تکرار شده و کاهش یافتن تعداد ضربات بهم رسیدن شیار تکرار می‌شود. یکی از جوابها برای تعداد ضربات بین ۲۵ تا ۳۵ و یکی برای ضربات ۲۰ تا ۳۰ و دیگری برای تعداد ضربات بین ۱۵ تا ۲۵ لازم است.

۱۱-۸- اندازه‌گیری مقدار رطوبت ($w\%$) برای هر کدام از آزمایشها به طریق استاندارد D2216 می‌باشد.



۱۱-۸-۱ وزن‌های اولیه نمونه (وزن خاک تر) بعلاوه ظرف را بلافاصله بعد از اتمام آزمایش حد روانی یادداشت کنید. اگر آزمایش بیش از ۱۵ دقیقه طول بکشد وزن خاک تر را بعد از اتمام آزمایش باید اندازه گرفت.

۱۲- محاسبات

۱۲-۱ ارتباط نتایج بدست آمده بین میزان رطوبت (w) و تعداد ضربات (N) بر روی نمودار نیمه لگاریتمی رسم می‌شود به این صورت که تعداد ضربات روی محور عمودی (لگاریتمی) و میزان رطوبت روی محور افقی (حسابی) قرار گرفته، سپس بهترین خط مستقیمی که از بین سه نقطه می‌گذرد یا تعداد نقاط بیشتری را پوشش دهد رسم می‌گردد.

۱۲-۲ میزان رطوبتی که پوشش دهنده ۲۵ ضربه است را پیدا کرده و این خط نشانه حد روانی است، برای برازش خط مستقیم و تخمین حد روانی امروزه روشهای کامپیوتری جایگزین روشهای گرافیکی شده است.

حدروانی به روش یک نقطه‌ای (روش B):

۱۳- روش آزمایش

۱۳-۱ مشابه بندهای ۱۱ تا ۱۱-۵ می‌باشد با این تفاوت که تعداد ضربات برای بسته شدن شیار بین ۲۰ تا ۳۰ است و اگر تعداد ضربات کمتر از ۲۰ و بیشتر از ۳۰ گردد میزان رطوبت را به مقدار مناسب تغییر داده و آزمایش تکرار می‌شود.

۱۳-۲ بلافاصله نمونه‌ای برای تعیین میزان رطوبت مانند آنچه در بند ۱۱-۵ ذکر شد گرفته و سپس برای جبران نمونه کم شده مقداری نمونه به داخل جام اضافه می‌شود، بندهای ۱۱-۲ تا ۱۱-۵ تکرار می‌شود. اگر در مرحله دوم جواب آزمایش مشابه آزمایش اول باشد و یا تا دو ضربه اختلاف داشته باشد نتیجه مورد قبول است و نمونه دیگری برای تعیین رطوبت می‌گیریم. در غیر اینصورت نمونه مخلوط شده و آزمایش تکرار می‌شود.

نکته ۹: خشک شدن بیش از حد نمونه یا کامل مخلوط نشدن آن باعث اختلاف در تعداد ضربات می‌شود.

۱۳-۳ میزان رطوبت نمونه طبق بند ۱۱-۸ اندازه گیری می‌شود.



۱۴- محاسبات

۱-۱۴- برای محاسبه حد روانی می‌توان از روابط (۱-۱۴) و یا (۲-۱۴) استفاده کرد:

$$LL'' = w'' \cdot \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad (1-14)$$

$$LL'' = K \cdot w'' \quad (2-14)$$

که در آن

"LL": حد روانی یک نقطه به درصد؛

N: تعداد ضربات برای بسته شدن شیار در آزمایش؛

"w": میزان رطوبت به درصد؛

K: فاکتوری است که مقادیر آن در جدول ۱ آمده است.

۱-۱-۱۴- میزان حد روانی برابر میانگین اندازه دو آزمایش انجام شده است و جواب آن به صورت نزدیکترین عدد صحیح نوشته می‌شود (بانه در نظر گرفتن درصد).

۱-۲-۱۴- اگر اختلاف بین دو مقدار حد روانی بیش از ۱ درصد شود، آزمایش باید مطابق بند ۱-۱۳ تا ۱-۱۴ تکرار شود.

جدول ۱- ضرایب بدست آوردن حد روانی از روی درصد رطوبت

و تعداد ضربات لازم جهت بسته شدن شیار

N (تعداد ضربه)	K (ضریب حد مایع)
۲۰	۰/۹۷۳
۲۱	۰/۹۷۹
۲۲	۰/۹۸۵
۲۳	۰/۹۹۰
۲۴	۰/۹۹۵
۲۵	۱/۰۰۰
۲۶	۱/۰۰۵
۲۷	۱/۰۰۹
۲۸	۱/۰۱۴
۲۹	۱/۰۱۸
۳۰	۱/۰۲۲



حد خمیری :

۱۵- آماده سازی نمونه آزمایش

۱۵-۱- مقدار ۲۰ گرم از نمونه آماده شده برای حد روانی را بردارید، می توان نمونه را از نمونه دوباره مخلوط شده قبل از انجام آزمایش یا نمونه باقیمانده بعد از آزمایش حد روانی انتخاب کرد. مقدار رطوبت نمونه را باید به حدی رساند که در هنگام فتيله کردن به دست نچسبد. برای اینکار نمونه را روی شیشه یا سینی مخصوص مخلوط کردن نمونه پهن و مخلوط می کنیم. روش خشک کردن نمونه متفاوت است می توان نمونه را توسط پنکه الکتریکی و جریان هوا یا کاغذ خشک کن خشک کرد ولی هیچ چیزی نباید به خاک اضافه شود. کاغذ خشک کن سخت یا کاغذ صافی مقاوم مناسب می باشند.

۱۶- روش آزمایش

۱۶-۱- برای این مرحله حدود ۱/۵ تا ۲ گرم نمونه برداشته و آن را به صورت توده گردی تهیه می کنیم.

۱۶-۲- فتيله کردن نمونه به یکی از روشهای زیر است (با دست یا دستگاه فتيله کردن).

۱۶-۲-۱- روش دستی:

توده خاک را بین انگشتان یا کف دست و صفحه شیشه ای با فشار مناسب لوله کرده تا حدی که به صورت باریک و بلند با قطر یکسان در آید. (مانند نکته ۱۰) این رگه های باریک با هر حرکت تغییر شکل بیشتری می دهند تا زمانی که قطر آنها به ۳/۲ میلیمتر (۱/۸ اینچ) برسد و نباید بیش از ۲ دقیقه طول بکشد (مانند نکته ۱۱).

برای آغاز آزمایش مقداری فشار دست لازم است که این مقدار فشار با افزایش پلاستیسیته خاک افزایش می یابد. خاکهای شکننده با پلاستیسیته کم توسط لبه کف دست یا کف انگشت شست بهتر فتيله می شوند. نکته ۱۰: سرعت معمولی فتيله کردن بیشتر خاکها باید بین ۸۰ تا ۹۰ حرکت در دقیقه باشد. حرکت کامل، جابجائی دست به جلو و عقب نقطه شروع می باشد. این مقدار برای خاکهای شکننده کمتر است. نکته ۱۱: زمانی که فتيله خاک به اندازه مورد نظر رسید برای مقایسه آن می توان از یک لوله یا چوب با قطر ۳/۲ میلیمتر استفاده کرد.

۱۶-۲-۲- روش استفاده از دستگاه فتيله کن

یک تکه کاغذ صاف در قسمت بالا و پایین دستگاه قرار داده توده خاک را در قست پایین درست وسط دستگاه قرار داده و صفحه رویی را با توده خاک تماس می دهیم. در یک زمان نیروی کمی به سمت پایین و حرکت به سمت جلو و عقب به صفحه بالایی در حدود ۲ دقیقه وارد می کنیم (نکته ۱۰ و ۱۲). در طول



فرآیند فتیله کردن اگر انتهای فتیله خاک با دستگاه تماس پیدا کرد توده خاک کمتری انتخاب می شود (حتی اگر کمتر از مقدار ذکر شده در بند ۱۶-۱ باشد).

نکته ۱۲: در بسیاری موارد، دو توده خاک همزمان با هم در آزمایش حد خمیری فتیله می شوند.

۱۶-۳- زمانیکه قطر نمونه به $3/2$ میلیمتر رسید. فتیله را به ابعاد کوچک تقسیم کرده و دوباره قطعات جدا شده را بهم فشرده و بین شست و انگشت سبابه آن را گرد کرده و فتیله می کنیم و عمل فتیله کردن را تا رسیدن به قطر $3/2$ میلیمتر ادامه می دهیم. این روند تکراری را تا جائیکه فتیله زیر فشار دست خرد شود، ادامه می دهیم (مانند شکل ۸).

چنانچه فتیله ها هنگام لوله کردن از یکدیگر جدا شوند، اشکالی پیش نمی آورد. باید هر کدام از فتیله های کوچک را تا رسیدن به قطر $3/2$ میلیمتر لوله کرد. تنها جویایی قابل قبول است که نمونه به صورت گرد در آمده و سپس دوباره فتیله شود. آزمایش کننده نباید بکوشد که عمل خرد شدن به صورت کاذب درست در قطر $3/2$ میلیمتر صورت گیرد و قطر را به اندازه $3/2$ میلیمتر در آورده و سپس سرعت حرکت دست را کاهش دهد یا فشار دست را کم کند. البته مجاز هستیم که مقدار کل تغییر شکل را برای خاکهایی با خاصیت پلاستیکی کم کاهش دهیم. برای این امر قطر اولیه توده گرد شده را نزدیک به $3/2$ میلیمتر در نظر می گیریم. اگر عمل خرد شدن لحظه ای صورت گیرد که قطر فتیله بیشتر از $3/2$ است قابل قبول است به شرط آنکه قبلاً نمونه تا قطر $3/2$ میلیمتر فتیله شده باشد خرد شدن خاک در انواع مختلف متفاوت است. بعضی از آنها به توده هایی از ذرات ریز زیادی تقسیم می شوند در بعضی دیگر یک لایه خارجی در فتیله ایجاد می شود و از دو سر شکاف برمی دارد و این شکاف به وسط ادامه می یابد و فتیله به قطعه های ورقه ای کوچک تقسیم می شود. خاک رس چاق فشار بیشتری برای فتیله شدن لازم دارد بخصوص اگر رطوبت نزدیک حد خمیری باشد. در این خاکها سرانجام فتیله به قطعات لوله ای شکل در حد $3/2$ تا $9/5$ میلیمتر طول $\frac{1}{8}$ تا $\frac{2}{8}$ اینچ تقسیم می شود.

۱۶-۴- قطعه های بدست آمده از خرد شدن نمونه را جمع کرده در قوطی وزن شده ای ریخته و بلافاصله درپوش آن را می گذاریم.

۱۶-۵- مجدداً $1/5$ تا 2 گرم از توده خاک را برداشته و مراحل شرح داده شده در بند ۱۶-۱ و ۱۶-۲ را تکرار می کنیم تا هنگامیکه قوطی تعیین رطوبت حاوی 6 گرم خاک شود.

۱۶-۶- بندهای ۱-۱۶ تا ۵-۱۶ برای ایجاد یک قوطی 6 گرمی دیگر دوباره تکرار می شود و میزان رطوبت موجود در خاک داخل قوطی طبق D2216 اندازه گرفته می شود (بند ۱۱-۸-۱ مطالعه شود).



۱۷- محاسبات

میانگین رطوبت‌های بدست آمده از آزمایش حد خمیری را محاسبه و آن را به نزدیکترین عدد صحیح بنویسید. این مقدار حد خمیری یا PL است. اگر تفاوت بین دو حد خمیری بدست آمده توسط یک تکنسین بیش از ۱/۴ درصد باشد، آزمایش تکرار شود.

۱۸- شاخص خمیری

۱-۱۸- محاسبات شاخص خمیری مطابق رابطه ۱-۱۸ محاسبه می‌شود.

$$PI = LL - PL$$

(۱-۱۸)

که در آن:

LL: حد روانی (عدد صحیح)

PL: حد خمیری (عدد صحیح)

۱-۱-۱۸- حد خمیری و حد روانی به صورت عدد صحیح بیان می‌شود. اگر هر کدام از حدود روانی یا خمیری غیر قابل محاسبه باشند یا حد خمیری برابر یا بزرگتر از حد روانی باشد در گزارش NP نوشته می‌شود (غیر خمیری).

جدول ۲- خلاصه نتایج آزمایشات سه تایی آزمایشگاهها

نوع خاک	تعداد آزمون‌ها برای هر آزمایش			میانگین مقادیر ^A (بر حسب درصد)			انحراف استاندارد ^B (بر حسب درصد)			نتایج قابل قبول برای دو نتیجه		
	LL	PL	PI	LL	PL	PI	LL	PL	PI	LL	PL	PI
	نوع آزمایش											
	نتایج ^C ابر اتوری (قابل تکرار در آزمایشگاه)											
CH	۱۳	۱۳	۱۳	۵۹/۸	۲۰/۶	۳۹/۲	۰/۷	۰/۵	۰/۸	۲	۱	۲
CL	۱۴	۱۳	۱۳	۳۳/۴	۱۹/۹	۱۳/۶	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۱	۱	۱
ML	۱۳	۱۱	۱۱	۲۷/۴	۲۳/۴ ^D	۴/۱ ^D	۰/۵	۰/۳	۰/۶	۲	۱	۲
	نتایج ^D آزمایشگاهی (قابل انجام بین آزمایشگاهها)											
CH	۱۳	۱۳	۱۳	۵۹/۸	۲۰/۶	۳۹/۲	۱/۳	۱/۰	۲/۵	۴	۶	۷
CL	۱۴	۱۳	۱۳	۳۳/۴	۱۹/۹	۱۳/۶	۱/۰	۱/۲	۱/۷	۳	۳	۵
ML	۱۲	۱۱	۱۱	۲۷/۴	۲۳/۴ ^D	۴/۱ ^D	۱/۳	۰/۹	۱/۹	۴	۳	۵

A: تعداد اعداد مندار و محل اعشارهای موجود نماینده اعداد ورودی هستند. مطابق با استاندارد D6026، انحراف استاندارد و محدوده قابل قبول نتایج، نمی‌توانند اعشاری بیش از اعداد ورودی داشته باشند.

B: انحراف استاندارد مطابق با E691 بدست می‌آید و به عنوان محدودیت IS محسوب می‌شود.

C: محدوده قابل قبول برای دو داده به عنوان محدودیت 2S محسوب می‌شود و به صورت $1S \times \sqrt{2} \times 1/96 -$ مطابق با E177 بدست می‌آید. اختلاف بین دو نتیجه آزمایش نمی‌بایست از مقادیر مجاز تجاوز کند. تعداد ارقام مندر صحت و اعشاری مطابق با آنچه در این آزمایش و یا D6026 آمده است می‌باشد. علاوه بر این تعداد اعشار مقادیر حاضر می‌تواند به همان تعداد انحراف استاندارد باشد. حتی اگر نتایج دارای ارقام مندار بیشتری نسبت به انحراف استاندارد باشند.

D: برای خاک نوع ML دو آزمایش از چهارده آزمایش سه‌گانه به صورت خاک غیر پلاستیک گزارش شده است.



۱۹- گزارش

۱-۱۹- اطلاعات زیر باید در گزارش ذکر شوند:

۱-۱-۱۹- مشخصات نمونه

۲-۱-۱۹- فرآیند آماده سازی نمونه، در روشی که به کار می رود.

۳-۱-۱۹- روش خشک کردن نمونه، اگر نمونه در معرض هوا خشک می شود چه قبل از آزمایش و چه در طول آزمایش.

۴-۱-۱۹- حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری به نزدیکترین عدد صحیح گرد می شود. اگر حد روانی یا خمیری غیر قابل اندازه گیری باشد یا حد خمیری برابر یا بزرگتر از حد روانی گردد در گزارش غیر خمیری (NP) قید می شود.

۵-۱-۱۹- تخمین درصد مانده روی الک ۴۲۵ میکرون (نمره ۴۰)؛

۶-۱-۱۹- روش انجام آزمایش حد روانی، اگر به روش چند نقطه ای انجام نشده باشد.

۲۰- دقت و خطا

۱-۲۰- دقت - به واسطه آزمایش های که بر روی انواع خاکها انجام گرفته، محدوده قابل قبولی برای نتایج آزمایش ها در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. این نتایج براساس روش A یا روش مرطوب (غیر از خاکهای که در معرض هوا خشک شده اند) انجام شده است.

۱-۱-۲۰- آزمایش ها بر مبنای استانداردها و روشهای ASTM انجام گرفته اند. برخی آزمایشگاهها سه آزمایش روی یک نوع خاک انجام می دهند (روش سه نقطه ای) و برخی دیگر یک آزمایش (آزمایش یک نقطه ای). شرح خاکهای آزمایش شده در بند ۲۰-۱-۵ آمده است. دقت نتیجه بستگی به نوع خاک و روش آزمایش دارد. وقتی این تقریبات را برای خاکها و روشهای دیگر بکار می بریم، لازم است صحت نتایج را مورد بررسی قرار دهیم (روش A یا B روش آماده سازی خشک یا تر).

۲-۱-۲۰- اطلاعات داده شده در جدول ۲ بر مبنای روش سه نقطه ای است. انحراف معیار نتایج بدست آمده توسط یک تکنسین و نتایج چندین آزمایشگاه در جدول ۲، ستون ۴ مطابق استاندارد E691 ارائه شده است. اختلاف نتایج دو آزمایش که توسط یک نفر با یک نوع مصالح و ابزار و در یک زمان انجام می شود نباید بیش از حد d2s که در جدول ۲ آمده باشد (برای تعریف d2s پاورقی C جدول ۲ ملاحظه شود). تفاوت بین نتایج بدست آمده از آزمایشی که توسط دو شخص متفاوت و در روزهای مختلف انجام می شود نباید بیشتر از حد d2s آزمایش مشخص شده در جدول ۲ ستون ۵ باشد.



۲۰-۱-۳- با توجه به استاندارد ASTM مربوط به خاک، بسیاری از آزمایشگاهها فقط یک آزمایش بر روی هر خاک انجام می دهند. این روش در بخش صنایع طراحی و ساخت استفاده می شود. اطلاعات مربوط به خاک در جدول ۳ برپایه اولین نتیجه بدست آمده در روش سه نقطه ای و نتایج آزمایش یک نقطه ای سایر آزمایشگاهها بدست آمده است. اختلاف نتایج دو آزمایش بدست آمده از دو آزمایشگاه مختلف با دو تکنسین مختلف و با استفاده از تجهیزات مختلف در دو روز متفاوت نباید بیشتر از حد d_{2s} جدول ۳ ستون ۵ باشد. نتایج جدول ۲ و ۳ مشابه نیستند زیرا داده های آنها متفاوتند.

۲۰-۱-۴- جدول ۲ تعبیر بسیار دقیقی برای آزمایش سه نقطه ای مطابق روش E691 است و جدول ۳ بر مبنای اطلاعات بدست آمده از آزمایش به روشهای معمول است.

۲۰-۱-۵- انواع خاکها- برپایه نتایج آزمایش در چندین آزمایشگاه انواع خاک مطابق زیر طبق استاندارد D2487 همراه با نامهای محلی آنها آورده شده است.

رنگ قهوه ای خاکستری $LL=60, PI=39$ ، 99% ذرات ریزدانه اند، رس چاق $CH=$

خاک در معرض هوا خشک و خرد شده- نام محلی: Vicksburg Buckshot Clay

رنگ خاکستری $LL=33, PI=13$ ، ۸۹% ذرات ریزدانه اند، رس لاغر $CL=$

خاک در معرض هوا خشک و خرد شده - نام محلی Annapolis Clay

رنگ قهوه ای روشن و $LL=27, PI=4$ ، ۹۹% ذرات ریزدانه اند، سیلت $ML=$

خاک در معرض هوا خشک و خرد شده - نام محلی Vicksburg Silt

۲۰-۲- خطا - هیچ مقدار مرجع قابل قبولی برای این روشهای آزمایشگاهی وجود ندارد. لذا خطا قابل اندازه گیری نیست.

جدول ۳- نتایج آزمایشات تک آزمونه ای برای هر آزمایشگاه (حدود اتیرگ)^A

نوع خاک	تعداد آزمایشات	میانگین مقادیر (بر حسب درصد)			انحراف استاندارد (بر حسب درصد)			نتایج قابل قبول برای دو نتیجه		
		LL	PL	PI	LL	PL	PI	LL	PL	PI
CH	۲۴	۵۹/۹	۲۰/۴	۳۹/۵	۲/۱	۲/۷	۳/۱	۶	۷	۹
CL	۲۴	۳۳/۳	۱۹/۹	۱۳/۴	۰/۸	۱/۳	۱/۶	۲	۴	۴
ML	۱۸	۲۷/۱	۲۳/۲ ^B	۳/۹ ^B	۱/۳	۱/۲	۱/۸	۴	۳	۵

A: جهت توضیحات ستونهای جدول به جدول ۳ مراجعه کنید.

B: برای خاک نوع ML، ۶ آزمایشگاه از میان ۲۴ آزمایشگاه خاک را غیرپلاستیک گزارش کرده اند.



۲۱- لغات کلیدی

۲۱-۱- فعالیت، حدود اتربرگ، حد روانی، شاخص خمیری و حد خمیری

A₁ ضمیمه

اطلاعات ضروری

A₁ - دستگاه آزمایش قابلیت ارتجاع

A_{1.1} - وسیله اندازه گیری قابلیت ارتجاع وسیله حد روانی در شکل A_{1.1} نشان داده شده که شامل یک لوله پلاستیکی اکریلیک و کلاهک آن به قطر $\frac{5}{16}$ اینچ و یک گلوله فولادی و یک آهنربای قلمی کوچک است. سیلندر ممکن است به کلاهک متصل شده باشد. آهنربای قلمی در گودی کلاهک نگه داشته شده است و گلوله فولادی با کمک آهنربای قلمی در داخل کلاهک ثابت شده است. سیلندر را عمودی در بالای سطح پایه ای که آزمایش می شود قرار داده و لوله را آهسته مقابل پایه دستگاه حد روانی با یک دست نگه می داریم، توسط بیرون آوردن مغناطیس از کلاهک گلوله را رها می کنیم. سپس تیوپ را آهسته با یک دست در خلاف جهت حد روانی نگه می داریم. یک وسیله اندازه گیری در خارج سیلندر برای اندازه گیری بالاترین ارتفاع اوج از انتهای گلوله قرار دارد. این عمل سه بار انجام می گیرد که در سه محل مختلف ارتفاع بلند شدن و سقوط سنجیده می شود. آزمایش را باید در دمای اتاق انجام داد.

خلاصه تغییرات

- کمیته D18 آخرین تغییرات انجام شده در این استاندارد از سال ۱۹۹۸ را به شرح زیر مشخص نموده است.
- ۱- در جایی که منظور متن انجام عملی می باشد **procedure** با **Method** جایگزین گردید.
 - ۲- در بخش **Scope** توضیح داده شده که واحدها جهت آزمایش برجهندگی بر مبنای اینچ-پوند است نه بر اساس سیستم متریک.
 - ۳- واژه **weight** با **mass** جایگزین شد و نیز **weighting**، **weight** و **weigh** با بیان دیگری بازنویسی شدند.



- ۴- در موارد ممکن واژه «natural» به عنوان صفت میزان رطوبت با واژه‌هایی مانند «its» یا «as-sampled» جایگزین شد.
- ۵- در بخش «وسایل مورد نیاز» قسمت ۶-۶ عبارت «storage container» با عبارت «mixing and storage container» جایگزین گردید و زیرقسمتهای آن به گونه‌ای بازنویسی شدند که مشخص شود این محفظه یا ظرف جهت مخلوط کردن خاک بکار می‌رود. بقیه قسمتهای استاندارد، در صورت امکان به گونه‌ای بازنویسی شدند که مشخص شود ظرف نگهداری ممکن است همان ظرف اختلاط باشد.
- ۶- عنوان بخش ۸ با اضافه شدن specimen تغییر کرد و در جاهایی که امکانپذیر بود، توضیحاتی آورده شد تا تفاوت بین sample و specimen قبل از بیان روش آماده‌سازی تر و خشک مشخص شود.
- ۷- در قسمت آماده‌سازی نمونه‌های آزمایش، زیربخشهای شامل روشهای آماده‌سازی تر و خشک به گونه‌ای بازنویسی شدند که تعداد ضربات مورد نیاز در روشهای A و B را شامل شوند. علاوه بر آن واژه «material» به جای واژه‌های خاک یا نمونه بکار رفت و نیز واژه «grains» با «particle» جایگزین گردید.
- ۸- قسمت حد روانی تک‌نقطه‌ای، روش B، بخش ۱۳ در آماده‌سازی نمونه آزمایش به دلیل انتقال آن به بخش ۱۰-۱-۲-۴ حذف گردید.
- ۹- در بخش محاسبات، مشخص گردید که نتایج محاسبه شده از آزمایش‌ها به نزدیک‌ترین عدد گرد شود.
- ۱۰- ارجاع به استاندارد C670 از متن حذف گردید و ارجاع به استانداردهای D6026، D3740، E177 و E691 اضافه گردید.
- ۱۱- در پایان بخش اهمیت و کاربرد، نکته ۱ اضافه گردید که در آن به D3740 و D18 ارجاع داده شده است.
- ۱۲- قسمت ۱-۲۰ در بخش «دقت» به طور کامل بازنویسی گردید.
- ۱۳- در جدول ۱، ضرایب اصلاحی تعداد ضربات در حد روانی آورده شده است.
- ۱۴- پیوست X₁ به پیوست A₁ تغییر نام داده شد و در توضیحات شکل A₁₋₁ عدد ۸/۰ به ۷/۷ تغییر یافته است.



انجمن مواد و آزمایشات ایالات متحده (ASTM) مسئولیتی در قبال صحت حق نشر استانداردهای منتشر شده ندارد. تشخیص صحت حق نشر به عهده استفاده‌کنندگان از این استاندارد می‌باشد و مسئولیت هر گونه تخلف به عهده استفاده‌کننده است.

این استاندارد توسط کمیته تخصصی مربوطه بازبینی می‌شود و هر پنج سال یکبار مرور می‌گردد و چنانچه اصلاحاتی نداشته باشد، مجدداً تأیید و یا رد می‌شود. نظرات و پیشنهادات خود در خصوص این استاندارد و دیگر استانداردها را به آدرس اداره مرکزی ASTM بفرستید. نظرات شما به دقت در کمیته تخصصی مربوطه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. چنانچه نظرات شما منصفانه مورد قضاوت قرار نگیرد، نظرات خود را به کمیته استانداردهای ASTM به آدرس زیر ارسال فرمایید.

حق نشر برای ASTM محفوظ است و نشانی آن به شرح زیر است:

100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

پرینت شخصی از این استاندارد از طریق تماس با ASTM با آدرس زیر امکان‌پذیر است:

تلفن: ۶۱۰-۸۳۲-۹۵۸۵

نمابر: ۶۱۰-۸۳۲-۹۵۵۵

Service@astm.org (e-mail) و یا از طریق سایت www.astm.org

ASTM : D ۴۳۸۰ - ۸۴ (۱۹۹۳)

روش استاندارد آزمایش دانسیته گل حفاری بنتونیت

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین دانسیته گل حفاری استفاده شده در تکنیکهای اجرایی گل همچون برای آیندها جهت کنترل حرکات افقی مایعات استفاده می شود. این روش آزمایش از روی دستورالعمل ۱۳B پیشنهاد شده توسط API اصلاح شده است.

۱-۲- این استاندارد مدعی رعایت ایمنی تمام مشکلاتی که در ارتباط با استفاده از آن ممکن است پیش بیاید نیست. بنابراین بر عهده استفاده کنندگان این استاندارد است که تدابیر ایمنی و بهداشتی مناسبی را تعیین کند، که قابلیت اعمال قوانین معمول تا چه حد بر استفاده از این استاندارد مقدم است.

۲- مدارک مرجع

۲-۱-۱- استانداردهای ASTM:

D ۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات موجود در آن.

۲-۲-۱- استاندارد انستیتوی نفت آمریکا (API):

API RP ۱۳B روش استاندارد دستورالعمل توصیه شده در مورد آزمایش مایعات حفاری

۳- اصطلاحات

۳-۱- برای تعاریف اصطلاحات مربوط به این روش آزمایش به اصطلاحات D ۶۵۳ مراجعه کنید.

۴- خلاصه روش آزمایش

۴-۱- ترازوی مخصوص گل^(۱)، وسیله ای است که معمولاً برای این روش آزمایش استفاده می شود. وزن حجم ثابتی از گل حفاری با حرکت یک پار سنگ متحرک در طول یک خط کش مدرج اندازه گیری می شود. سپس دانسیته گل حفاری مستقیماً از روی خط کش مدرج پس از میزان شدن وسیله قرائت می شود.

۵- اهمیت و کاربرد

۵-۱- این روش آزمایش برای تعیین دانسیته گل حفاری بنتونیت در آزمایشگاه و در صحرا به کار می رود. برای مخلوط گل حفاری تازه، این روش ممکن است به عنوان مشخص کننده نسبتهای اختلاط استفاده شود. برای گل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

حفاری در گودال مقدار خاصی برای نگهداری پایداری گودال ممکن است مشخص شود.

۶- وسایل

۶-۱- ترازوی مخصوص گل - هر وسیله‌ای که دقت کافی را برای اندازه‌گیری در حدود $0.1 \pm$ گرم بر سانتیمتر مکعب را برآورده نماید، ممکن است استفاده شود، گرچه ترازوی مخصوص گل وسیله‌ای است که معمولاً استفاده می‌شود. (شکل ۱ را ببینید) ترازوی مخصوص گل شامل یک پیاله گل است که به یک انتهای تیر وصل شده است به طوری که روی انتهای دیگر توسط یک پارسنگ ثابت میزان می‌شود و یک قسمت متحرک که آزادانه در امتداد خط کش مدرج حرکت می‌کند. یک حباب تراز روی تیر نصب شده است. تجهیزاتی برای تعمیم میزان نمودن ممکن است استفاده شود.

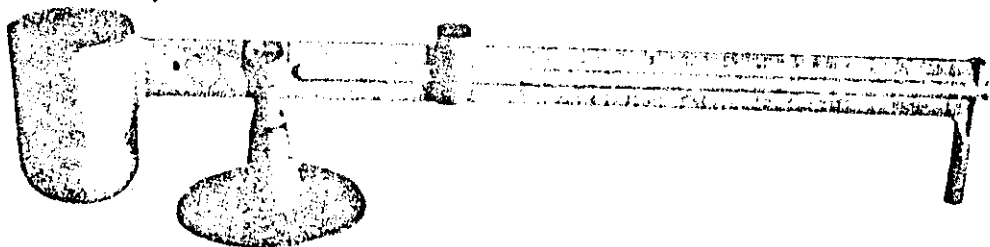
۷- کالیبراسیون

۷-۱- وسیله باید غالباً با آب تازه کالیبره شود. آب تازه باید قرائت $1/00$ گرم بر سانتیمتر مکعب را در دمای 70 درجه فارنهایت ($21/1$ درجه سانتیگراد) نشان دهد. اگر اینچنین نباشد، پیچ میزان کردن را تنظیم کنید یا به مقداری وزنه راهنما در نوک انتهایی بازوی مدرج نیاز می‌باشد.

۸- روش آزمایش

۸-۱- وسیله را تقریباً تراز نصب کنید.

۸-۲- پیمانۀ خشک و تمیز را با گل حفاری مورد آزمایش پر کنید. کلاهک را روی پیمانۀ بگذارید و کلاهک را بچرخانید تا کاملاً جای گیرد. مطمئن شوید که مقداری از گل حفاری از حفره کلاهک جهت آزاد شدن آب یا گاز محبوس بیرون می‌آید.



NOTE—Photo courtesy of N. L. Baroid-N. L. Industries, Inc., Houston TX.

شکل ۱ - ترازوی مخصوص گل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۸-۳- گل حفاری اضافی را از بیرون پیمانہ بشوئید یا خشک کنید.
- ۸-۴- تیر را روی تکیه‌گاه ترازوی مخصوص گل قرار دهید. با حرکت قسمت متحرک در طول خط کش مدرج آن را میزان کنید. وقتی که حباب تراز روی خط مرکزی است تیر افقی می‌باشد.
- ۸-۵- دانسیته را از سمت قسمت متحرک به سمت لبه تیغه قرائت کنید. اصلاحات مقتضی را وقتی که وساله تعمیم میزان کردن استفاده می‌شود، انجام دهید.
- ۸-۶- بعد از هر استفاده وسیله را خشک و تمیز نمایید.
- ۹- محاسبات
- ۹-۱- برای تبدیل دانسیته به واحدهای دیگر از روابط زیر استفاده کنید:
- چگالی ویژه (به صورت عددی) = ρ بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب
یا
 $\rho \times ۶۲/۴۳$ بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب = ρ بر حسب پوند بر فوت مکعب
یا
 $\rho \times ۸/۳۵$ بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب = ρ بر حسب پوند بر گالن
- ۱۰- گزارش
- ۱۰-۱- دانسیته را با دقت ۰/۰۱ گرم بر سانتیمتر مکعب گزارش نمایید.
- ۱۱- دقت و انحراف
- ۱۱-۱- دقت و انحراف این روش آزمایش ارائه نشده است. اطلاعات درخواست می‌شود تا بیان دقت و انحراف تعمیم داده شود.
- ۱۲- لغات راهنما
- ۱۲-۱- بنتونیت، دانسیته، گل حفاری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM : D ۴۳۸۱ - ۹۳

روش استاندارد آزمایش درصد حجمی ماسه موجود در گل حفاری بنتونیت

۱- هدف :

۱-۱- این روش آزمایش در مورد تعیین درصد ماسه موجود در گل حفاری بنتونیت که باید در تکنیکهای ساختمانی گل حفاری بکار رود بحث می‌کند. این روش آزمایشی از روی API، دستورالعمل توصیه شده B ۱۳ اصلاح شده است.

۱-۲- این استاندارد ممکن است شامل مصالح، عملیات و تجهیزات خطرناک باشد و مدعی رعایت ایمنی تمام مشکلاتی که در ارتباط با استفاده آن ممکن است پیش بیاید نیست. بنابراین بر عهده استفاده‌کنندگان این استاندارد است که تدابیر ایمنی و بهداشتی مناسبی را تعیین کنند که قابلیت اعمال قوانین معمول تا چه حد بر استفاده از این استاندارد مقدم است.

۲- مدارک مرجع

۱-۲- استانداردهای ASTM :

D ۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات موجود در آن.

۲-۲- استاندارد انستیتوی ^{نفتی} آمریکا (API)

B ۱۳ RP API روش استاندارد دستورالعمل توصیه شده در مورد آزمایش مایعات حفاری.

۳- اصطلاحات

۱-۳- برای تعاریف اصطلاحات مربوط به این روش آزمایشی به اصطلاحات D ۶۵۳ مراجعه کنید.

۴- خلاصه روش آزمایش

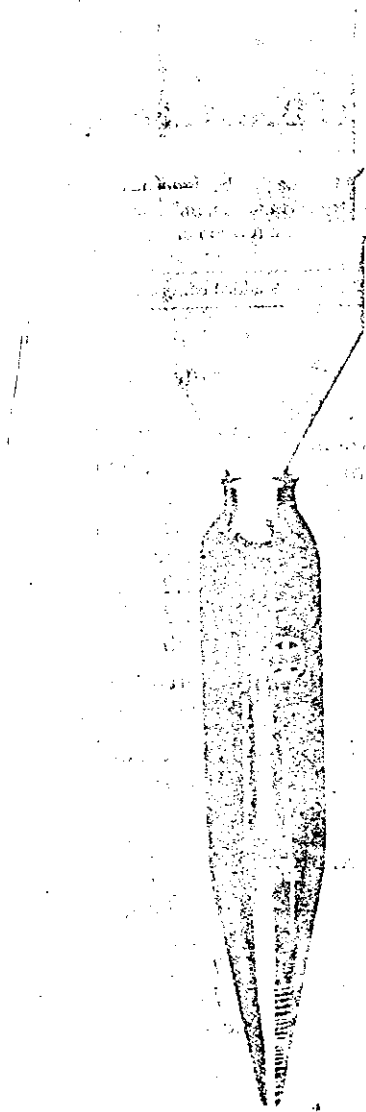
۱-۴- لوله شیشه‌ای اندازه‌گیری دستگاه آزمایش Sand - Screen (شکل یک) را تا آنجا که لازم است از

گل حفاری و آب پر کرده، و تکان دهید. مخلوط حاصل از صفحه منفذدار مرطوب عبور داده می‌شود. قیف روی

صفحه منفذدار مستقر شده و مجموعه برگردانده می‌شود و نوک قیف داخل لوله اندازه‌گیری شیشه‌ای قرار داده

می‌شود. تمام مواد از طریق صفحه فوق شسته شده و مقدار ماسه در لوله مدرج بصورت درصد حجمی قرائت

می‌شود.



شکل ۱ - مجموعه تعیین درصد ماسه

۵- اهمیت و مورد استفاده

۱- ۵- این روش آزمایشی مقدار حجمی ماسه موجود در گل بنتونیت را ارزیابی می‌کند. اهمیت این روش آزمایشی اساساً به گل حفاری مورد نیاز برای ساخت دیوار بتنی مربوط است. حدود اندازه‌گیری برای استفاده در ساخت دیوار بنتونیت سیمانی بسیار محدود می‌باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶- ابزارها

۱- ۶- دستگاه محتوی ماسه (به شکل یک مراجعه شود)، که شامل موارد زیر باشد:

۱- ۱- ۶- الک، نمره ۲۰۰، (۷۵ میکرون) و به قطر ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر).

۲- ۱- ۶- قیف، هم اندازه الک و لوله اندازه گیری شیشه ای

۳- ۱- ۶- لوله اندازه گیری، لوله شیشه ای که بایستی از ۰ تا ۲۰ درصد حجمی علامت گذاری شود.

توجه: حجم ماسه بعلاوه فضای خالی بین دانه ها، اندازه گیری شده و به عنوان درصد حجمی گل حفاری بیان می شود.

۷- روش

۱- ۷- لوله اندازه گیری شیشه ای را تا علامت مشخصه از گل حفاری پر کنید.

۲- ۷- تا علامت مورد نظر بعدی به آن آب اضافه کنید.

۳- ۷- دهانه لوله را ببندید و آن را به شدت تکان دهید.

۴- ۷- مخلوط را داخل الک تمیز و مرطوب نمره ۲۰۰ (۷۵ میکرون) بریزید.

۵- ۷- مایعی را که از الک عبور می کند دور بریزید.

۶- ۷- مقدار دیگری آب به لوله اضافه کرده، تکان دهید و از الک بگذرانید. آنقدر این کار را تکرار کنید تا آبی که از الک می گذرد زلال شود.

۷- ۷- ماسه مانده روی الک را بشوید تا از گل ولای باقیمانده پاک شود.

۸- ۷- قیف را وارونه روی الک بچسبانید.

۹- ۷- بدقت مجموعه را برگردانید و نوک قیف را داخل دهانه لوله اندازه گیری شیشه ای قرار دهید.

۱۰- ۷- با پاشیدن ذرات ریز آب، ماسه مانده روی الک را بداخل لوله اندازه گیری بشوید.

۱۱- ۷- بگذارید تا ماسه ته نشین شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۲-۷- از روی درجه بندی لوله شیشه‌ای حجم ماسه را به صورت درصد حجمی گل حفاری که ابتدا در بخش ۱-۷ اضافه شد قرائت کنید.

۱۳-۷- بعد از هر آزمایش همه تجهیزات را شسته و خشک کنید.

۸- دقت و انحراف

۱-۸- در مورد تعیین دقت آزمایش میزان ماسه هیچ اطلاعات یا داده‌ای منتشر نشده است.

۲-۸- خطای نتایج آزمایشهای تکراری در محدوده ۱ یا ۲٪ می‌باشد.

۹- لغات راهنما

۹-۱- بنتونیت، ماسه، گل حفاری

ASTM: D ۴۲۲۹-۹۳

روش استاندارد آزمایش CBR (نسبت باربری کالیفرنیا) خاکها در محل

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین نسبت باربری کالیفرنیا (CBR) خاکهای آزمایش شده در محل را با مقایسه میزان بار نفوذی آن خاک به میزان بار نفوذی مصالح استاندارد را در بر میگیرد. این روش آزمایش برای ارزیابی کیفیت نسبی خاکهای بستر راه است. همچنین برای مصالح زیر اساس و بعضی از مصالح لایه اساس نیز بکار میرود. این روش برای آزمایش مصالح در محل طراحی شده است و باروش آزمایش D1883 مضاظر است.

۱-۲- مقادیر بیان شده بر حسب واحدهای اینچ- پوند به عنوان استاندارد در نظر گرفته می شود.

۱-۳- این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی کند. استفاده کننده از این استاندارد مسئولیت دارد تا اصول ایمنی و صحت را رعایت کند و قبل از استفاده محدودیتهای اجرایی آن را مشخص نماید.

۲- مراجع

۲-۱- استانداردهای ASTM :

D1556 روش آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل باروش مخروط - ماسه
D1883 روش آزمایش CBR (نسبت باربری کالیفرنیا) آزمایشگاهی خاکهای متراکم شده

D2167 روش آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل با روش نالین لاستیکی
D2216 روش آزمایشگاهی تعیین درصد رطوبت خاک، سنگ، مخلوط آسفالته
خاک - سنگدانه

D2937 روش آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل با روش پروبوی استوانه
D3017 روش آزمایش تعیین درصد رطوبت خاک و سنگ در محل با روش های هسته ای (عمق کم)

۳- اهمیت و کاربرد

۳-۱- آزمایشهای CBR صحرایی برای ارزیابی و طرح اجرایی روسازی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اشعاط پذیر مانند لایه اساس و زیر اساس و بستر راهها و کاربردهای دیگر (مانند راههای خوسه) ، که برای آنها CBR پارامتر مناسب و مطلوب برای تعیین مقاومت می باشد، استفاده می گردد. اگر CBR صحرایی بدون در نظر گرفتن تنوع ناشی از تغییر در درصد رطوبت مستقیماً " برای ارزیابی یا طراحی به کار رود، آزمایش باید تحت یکی از شرایط زیر انجام شود:

(a) وقتی که درجه اشباع (درصد فزاینده یا شده با آب) ۸۰٪ یا بیشتر باشد، (b) وقتی که مصالح درشت دانه و غیر چسبنده باشد، بطوری که تغییرات درصد رطوبت در آن اثر قابل توجهی نداشته باشد، یا (c) وقتی که در مدت ۲ سال قبل از آزمایش، خاک در اثر فعالیت های ساختمانی تغییر نکرده باشد. در آخرین مورد ذکر شده، درصد رطوبت واقعا " ثابت نمی باشد و معمولاً در گستره کوچکی نوسان دارد. بنابراین اطلاعات مربوط به آزمایش صحرایی برای نشان دادن میانگین ظرفیت باربری، ممکن است به طور رضایت بخش مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۲ هر گونه فعالیت ساختمانی نظیر تسطیح یا تراکم که پس از آزمایش نشانه باربری انجام شود، احتمالاً نتایج آزمایش را از درجه اعتبار ساقط می کند.

توجه ۱- آزمایشهای صحرایی برای تعیین مقاومت نسبی خاکها، مصالح زیر اساس، و بعضی مصالح اساس برای شرایط موجود در زمان آزمایش به کار می روند. این نتایج در عملیات آزمایشی و در بعضی از عملیات اجرایی، نظامی یا عملیات مشابه کاربرد مستقیم دارند. همچنین همانطور که در بند ۱-۳ بیان شد آزمایشهای صحرایی برای طراحی در شرایطی که آب، دانسیته و خصوصیات کلی مصالح مورد آزمایش ثابت و پایدار باشد می تواند مورد استفاده قرار گیرد. در هر حال هر عمل قابل توجهی، مثل تراکم، دستخوردگی، جایجایی یا تغییر آب می تواند بر مقاومت خاک اثر بگذارد و ممکن است محل را از نظر آزمایش غیر قابل قبول کرده به طوری که لزوم آزمایش و تحلیل مجدد را ایجاب می نماید.

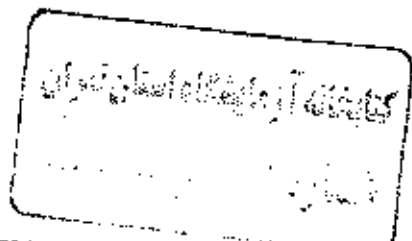
۴- وسایل

۲- جک پیچی مکانیکی - یک جک پیچی مکانیکی دستی مجهز به هرزگرد ویژه برای اعمال بار به پیستون نفوذی که با مشخصات زیر طراحی شده است:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۴-۱-۱- حداقل ظرفیت ۵۹۵ پوند (۲۷۰۰ کیلوگرم)
- ۴-۱-۲- حداقل بالا آمدگی ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر)
- ۴-۱-۳- دسته جدا شنی با شعاع ۶ اینچ (۱۵۰ میلیمتر)
- ۴-۱-۴- نسبت دنده ای بالا تقریباً " ۲/۴ دور به ازای ۰/۴ اینچ (یک میلیمتر) نفوذ
- ۴-۱-۵- نسبت دنده ای متوسط تقریباً " ۵ دور به ازای ۰/۴ اینچ (یک میلیمتر) نفوذ
- ۴-۱-۶- نسبت دنده ای کم تقریباً " ۱۴ دور به ازای ۰/۴ اینچ (یک میلیمتر) نفوذ
- ۴-۱-۷- از نسبت دنده ای های دیگر در صورت مناسب بودن می توان استفاده کرد.
- ۴-۱-۸- از جگهای مکانیکی دیگر که همان جدا کن بار و بالا آمدگی دارند، می توان استفاده کرد مشروط بر اینکه به نرخ بار - نفوذ یک نواخت (۱/۳ میلیمتر در دقیقه) بتوان رسید.
- ۴-۲- حلقه های اندازه گیر - دو حلقه اندازه گیر کالیبره شده که مشخصات زیر را داشته باشند:
- ۴-۲-۱- محدوده بارگذاری - یک حلقه اندازه گیر بار که دارای محدوده بارگذاری تقریباً " حفر تا ۱۹۸۴ پوند نیرو (۸/۸ کیلو نیوتن) و حلقه اندازه گیر دیگر دارای محدوده بارگذاری تقریباً " حفر تا ۵۰۷۰ پوند نیرو (۲۲/۴ کیلو نیوتن) باشد.
- ۴-۲-۲- پیستون نفوذی - پیستون نفوذی که قطر آن 2 ± 0.004 اینچ (۵۰/۸۰۰/۱ میلی متر)
- ۴-۲-۳- رابط پیستون و لوله های الحاقی - یک رابط پیستون و لوله های الحاقی که داخل آن رزوه شده است با رابط های مربوطه:
- ۴-۲-۴- طول و تعداد لوله های الحاقی باید به صورت زیر باشد (یک ترکیب های دیگری از طول جمعاً دارای ۸ فوت (۲/۴ متر))

تعداد لازم	طول تقریبی
۲	۱/۵ اینچ (۳۸ میلیمتر)
۲	۴ اینچ (۱۰۲ میلیمتر)
۸	۴ اینچ



دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۴- تیجهای عقربه‌ای - دوکیج عقربه‌ای با دقت ۰.۰۰۱/ اینچ (۰.۰۲۵/ میلیمتر) و حد سنجش تقریباً " ۰.۲۵/ اینچ (۶/۴ میلیمتر) برای اندازه‌گیری تغییر شکل حلقه اندازه‌گیر) و یک تیج عقربه‌ای با دقت ۰.۰۱/ اینچ (۰.۲۵/ میلیمتر) و حد سنجش یک اینچ (۲۵ میلیمتر) برای اندازه‌گیری میزان نفوذ، مجهز به یک تیره تنظیم عقربه می‌باشد.

۴-۵- تکیه‌گاه برای نفوذ سنج - یک تکیه‌گاهی از فولاد آلومینیم به طول ۱۳ اینچ (۲۶/۲ میلیمتر) یا ساودانی چوبی به طول تقریباً ۵ فوت (۱/۵ متر) ساخته شده است.

۴-۶- صفحه سربار - صفحه فولادی مدور که قطر آن 10 ± 0.2 اینچ (254 ± 0.5 میلیمتر) و سوراخی به قطر 2 ± 0.2 اینچ (50.8 ± 0.5 میلیمتر) در وسط آن می‌باشد. صفحه باید 10 ± 0.2 پوند (4.54 ± 0.1 کیلوگرم) وزن داشته باشد.

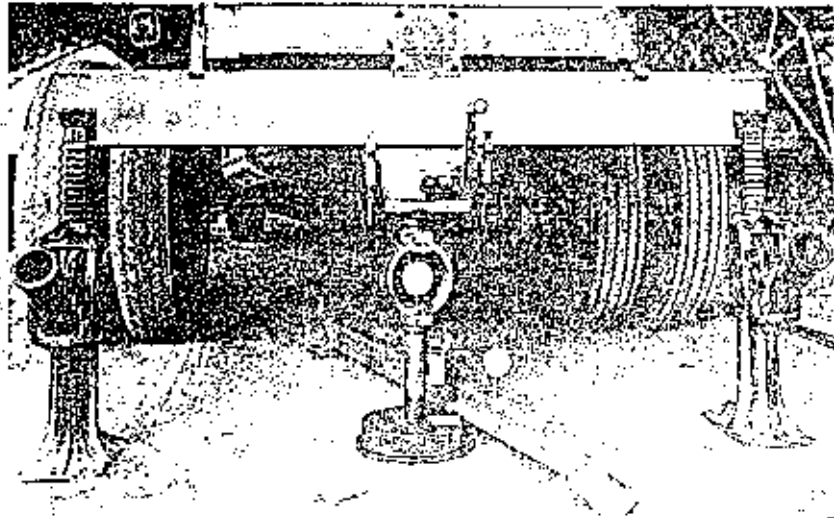
۴-۷- وزنه‌های سربار - دو وزنه سربار شکافدار ۱۰ پوندی (4.54 ± 0.1 کیلوگرم) به قطر $1.8/5$ اینچ (46 ± 1 میلیمتر) و دو وزنه سربار شکافدار ۲۰ پوند (9.08 ± 0.1 کیلوگرم) به قطر $1.8/5$ اینچ

۴-۸- کامیون (عکس العمل) - یک کامیون (یا قطعه‌ای از تجهیزات سنگین) به اندازه کافی بارگذاری می‌شود تا عکس‌العمل تقریباً " برابر ۶۹۷۰ پوند نیرو (۳۱ کیلو نیوتن) تأمین نماید. این کامیون باید به یک تیر فلزی مناسب و رابط یا رابطهایی در انتهای عقب کامیون به منظور تأمین عکس‌العمل جهت‌وارد آوردن نیرو به پیستون نفوذی به داخل خاک مجهز باشد. رابط‌های مناسبی سایر تدارکات باید طوری باشند که بتوان بار را از فنرهای عقب برداشته و آزمایش نفوذ بدون حرکت شاسی کامیون به سمت بالا انجام شود. برای انجام آزمایش نفوذ تقریباً ۲ فوت (۰/۶ متر) زمین‌شیر مورد نیاز می‌باشد.

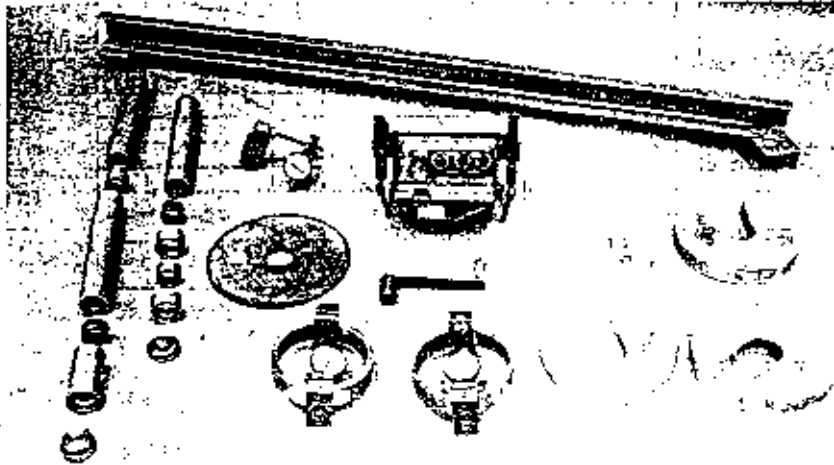
۴-۹- جکها - دو جک از نوع کامیونی با ظرفیت ۱۵ تن (۱۴ مگاگرم) که دارای بالا بر مضاعف و پایین بر اتوماتیک است.

۴-۱۰- وسایل متفرقه - سایر وسایل متداول مانند ظرف نمونه‌گیر برای تعیین مقدار آب و دانسیته، گاردک، تیغه لبه صاف، ابزارهای حفاری و غیره.

توجه ۲ - شکل ۱ نمونه‌ای از نحوه استقرار دستگاه در محل را بسرای آزمایشهای تعیین نسبت بازبری نشان می‌دهد. شکل ۲ نوازم آزمایش را به همراه جزئیات می‌دهد.



شکل ۱ - نحوه استقرار دستگاه در محل آزمایش



شکل ۲ - لوازم آزمایش

۵-۲- روش

۵-۱- سطح مورد آزمایش را با برداشتن مصالح خشک و سستی که در خاک مورد آزمایش نمیباشد، آماده کنید. سطح آزمایش در حد امکان هموار و تراز می نماید. در صورت برخورد به مصالح اساس غیر خسیری، باید نهایت دقت بعمل آید تا سطح آزمایش دستخوردن نگردد. فاصله نقاط آزمایشها نباید طوری باشد که عملیات در یک نقطه باعث دستخوردگی خاک در نقطه دیگر که باید مورد آزمایش نفوذ قرار گیرد.

۲۰۴

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نشود. این فاصله ممکن است از حداقل ۷ اینچ (۱۷۵ میلیمتر) برای خاکهای خمیری تا ۱۵ اینچ (۳۸۰ میلیمتر) برای خاکهای درشت دانه محدود گردد.

۳-۵- کامیون را، طوری مستقر نمایید که مرکز رابط های انتقال بسیار مستقیماً بالای سطح مورد آزمایش قرار گیرد. چکبچی مکانیکی یا هرزگرد را به قسمت زیرین رابط های عکس العمل نصب کنید. چکهای کامیون را زیر هر ظرف کامیون قرار دهید و کامیون را بالا ببرید بطوری که هیچ وزنی روی فنوهای عقب باقی نماند یا وزن کمی روی آنها باقی نماند. از تراز بودن عقب کامیون اطمینان حاصل نمایید.

۳-۵- چکبچی مکانیکی را در وضعیت صحیح آزمایش قرار دهید و حلقه اندازه گیر را به انتهای چک وصل کنید. سپس رابط پیستون را به انتهای حلقه اندازه گیر متصل نمایید، تعداد مورد نیاز الحاقی ها را وصل کنید، در فاصله حدود ۴/۸ اینچ (۱۲۵ میلیمتر) از سطح مورد آزمایش قرار گیرد و پیستون نفوذی را وصل کنید. چک را در محل محکم کنید. تراز نصب شده روی چک را کنترل کنید تا از قائم بودن مجموعه مطمئن شوید و در صورت لزوم آنرا تنظیم نمایید.

۴-۵- صفحه سربار ده پوندی (۲/۵ کیلوگرم) را زیر پیستون نفوذی طوری قرار دهید که پیستون هنگامی پائین آورده می شود از مرکز سوراخ بگذرد.

۵-۵- پیستون نفوذی را تحت بار تقریبی ۴ پوند بر اینچ مربع (۲۱ کیلو پاسکال) در جای خود بنشانید. برای نشان دادن سریع، از نسبت دهنده ای بالای چک استفاده نمایید. برای مصالح اساس با سطح نامنظم، پیستون را روی لایه خاکی نازکی از آهک (نمره ۲۰-۴۰) یا گچ یا ریس بنشانید.

۵-۶- در صورت لزوم برای داشتن یک سطح هموار، در حالیکه بار نشاننده روی پیستون می باشد صفحه سربار را بالا ببرید و به عمق ۱/۲ تا ۳/۴ اینچ (۳ تا ۶ میلیمتر) روی سطحی که توسط صفحه پوشانده می شود بطور یکسان ماسه ریز دانه تمیز بین کنید. این عمل موجب توزیع یکنواخت وزن سربار می گردد.

۵-۷- وزنه های سربار را به صفحه سربار طوری اضافه کنید که بار واحد یا شدت بار مصالحی روسازی، که بر بستر یا لایه اساس یا سردو قرار می گیرد برابر شود. جز موجودی که، حداقل وزن وارده بایستی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

صفحه سربار ده بوند (۴/۵ کیلوگرم) به اضافه یکوزنه سربار ۲۰ بوند (۹/ کیلو گرم) باشد.

توجه ۳- این حداقل وزن، شدت بارگذاری معادل با وزن سربار ده بوندی مورد استفاده در قالبسبا قطر ۶ اینچ (۱۵۰ میلیمتر) برای آزمایش CBR آزمایشگاهی را بوجود می آورد. (روش آزمایش D1۸۸۳).

۵-۸- تیره مقربه نفوذ را به بیستون طوری وصل کنید که مقربه روی پایه قرار گیرد.

۵-۹- کتیج های مقربه ای را روی صفر تنظیم نمایید.

۵-۱۰- با استفاده از نسبت دنده ای کم چکمی توان، توسط آزمایش کننده در اثنای آزمایش نرخ نفوذ را یکنواخت نگه داشت. تغییر شکل حلقه اندازه گیر را در هر ۰.۲۵ اینچ (۰/۶۲ میلیمتر) افزایش نفوذ تا عمق نفوذ نهایی ۰/۵۰ اینچ (۱۲/۷۰ میلیمتر) یادداشت کنید. در خاکهای همگن، اعماق نفوذ بیشتر از ۰/۳۰ اینچ (۷/۶۲ میلیمتر) ممکن است غالباً حذف گردد. تنش را برای هر افزایش نفوذ بر حسب درصد (بخش ۶ مربوط به محاسبات را ملاحظه نمایید) محاسبه نمایید.

۵-۱۱- پس از اتمام آزمایش، نمونه ای از نقطه نفوذ تهیه و در صورت رضایت آنرا تعیین نمایید. بعلاوه در فاصله ای در حدود ۳ تا ۶ اینچ (۱۰۰ تا ۱۵۰ میلیمتر) از نقطه نفوذ، بایستی دانسیته تعیین شود. دانسیته و درصد رطوبت باید مطابق روش های قابل اجرا، مندرج در بخش ۲ تعیین گردد.

۶- محاسبات

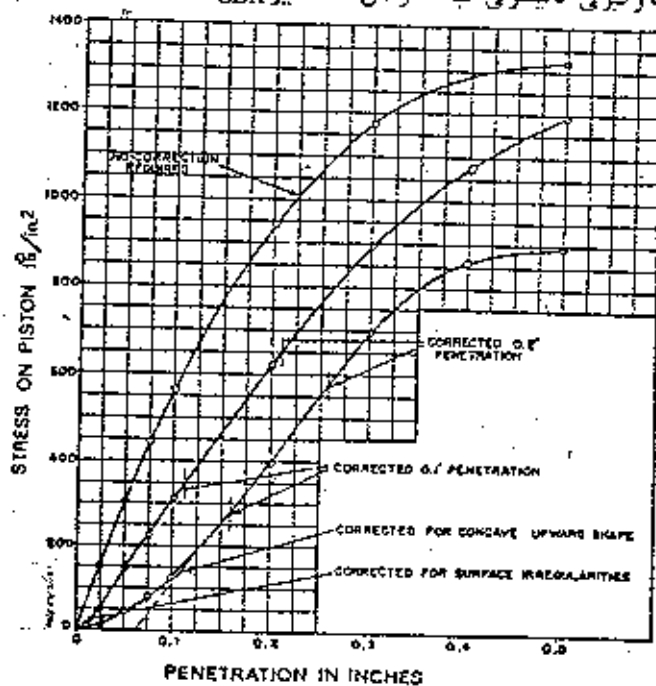
۶-۱- منحنی تنش نفوذی- با تقسیم نیروی اعمال شده بر سطح بیستون، تنش نفوذی برای هر افزایش نفوذ را محاسبه نمایید. همانطوریکه در شکل ۳ نشان داده شده است، منحنی تنش بر حسب نفوذ را برای هر افزایش نفوذ رسم کنید.

۶-۱-۱- در بعضی موارد، بدلیل ناهمواری های سطح یا سایر علتها، ابتداء منحنی تنش- نفوذ ممکن است دارای تقعر و به بالا باشد، در چنین حالات همانطوری که در شکل ۳ نشان داده شده است نقطه منحنی بایستی تصحیح گردد.

۶-۲- CBR - با استفاده از مقادیر تنش تصحیح شده حاصل از منحنی تنش نفوذ برای نفوذهای ۰/۰۱ اینچ (۲/۵۴ میلیمتر) و ۰/۲ اینچ (۵/۰۸ میلیمتر)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نسبت‌های باربری هر یک را به ترتیب با تقسیم تنش‌های تصحیح شده بر تنش‌های استاندارد ۱۰۰۰ پوند بر اینچ مربع (۶/۹ کیلو پاسکال) و ۱۵۰۰ پوند بر اینچ مربع (۱۰/۳ مگا پاسکال) و ضربدر ۱۰۰، محاسبه نمایید. همچنین نسبت‌های باربری برای حداکثر تنش را محاسبه نمایید. چنانچه نفوذ کمتر از ۰/۲ اینچ باشد تنش استاندارد درون یابی می‌گردد. معمولاً "CBR" گزارش شده برای مخلوط خاک، نسبت باربری در ۰/۲ اینچ (۲/۵۴ میلی‌متر) نفوذ می‌باشد. وقتی که نسبت باربری در ۰/۲ اینچ (۵/۰۸ میلی‌متر) نفوذ بیشتر (یا حداکثر نفوذ اگر کمتر از ۰/۲ اینچ است) باشد، آزمایش را تکرار کنید. اگر آزمایش کنترلی نتیجه مشابهی بدهد، آنگاه نسبت باربری بدست آمده در نفوذ ۰/۲ اینچ (۵/۰۸ میلی‌متر) یا حداکثر نفوذ، به عنوان C.B.R. در نظر گرفته می‌شود. ممکن است نسبت‌های باربری دیگری به عنوان مقادیر CBR شناخته شده نباشد.



۳- تصحیح منحنی‌های تنش - نفوذ

۷- گزارش

۷-۱- در هر آزمایش اطلاعات زیر را گزارش نمایید:

۷-۱-۱- محل آزمایش،

۷-۱-۲- مصالح،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲-۱-۳- عمق آزمایش،

۲-۱-۴- متخلی بخش - نفوذ،

۲-۱-۵- نسبت باریبی تصحیح شده در ۱/۰ اینچ (۲/۵۴ میلیمتر) - نفوذ،

۲-۱-۶- نسبت باریبی تصحیح شده در ۲/۰ اینچ (۵/۰۸ میلیمتر) - نفوذ،

۲-۱-۷- درصد رطوبت، و

۲-۱-۸- دانسیته،

۸- دقت و انحراف

۸-۱- دقت و انحراف این روش آزمایش تعیین نشده است. خاکها و اجزای روستازی اشعاف پذیر در موقعیت یکسان برابط بار - تغییر شکل کاملاً متفاوتی از خود نشان می دهند. در حال حاضر هیچ روشی برای ارزیابی دقت یک گروه آزمایشهای بارگذاری صفحه ای غیر مکرر روی خاکها و اجزای روستازی اشعاف پذیر به علت متنوع بودن مصالح وجود ندارد. کمیت فرعی درصد دریافت اطلاعات استفاده کنندگان این روش است که ممکن است در تصمیم گیری های مقید در مورد دقت و انحراف این روش به کار گرفته شود.

۹- لغات کلیدی

۹-۱- نسبت باریبی، تغییر شکل (حیز)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : D ۴۵۴۳

روش استاندارد تهیه نمونه‌های استوانه‌ای سنگ

۱-۱- هدف

این روش جهت تعیین طول و قطر نمونه‌های استوانه‌ای سنگ و مطابقت ابعاد آنها با استانداردهای مورد نظر بکار می‌رود. سنگ یکی از مصالح مهندسی پیچیده‌ای است که با توجه به ساختار اولیه آن، تاریخچه تنش‌ها، هوازدگی و دیگر فرآیندهای طبیعی زمین‌شناسی از تنوع بسیار زیادی برخوردار است. و همیشه تهیه نمونه از سنگ که مطلوب این استاندارد باشد امکان‌پذیر نیست. از جمله در سنگهای ضعیف پرمفد، انواع سنگ‌های سیمانته شده و انواع سنگهایی که دارای خصوصیات ساختاری ویژه‌ای است. برای این سنگها که تهیه نمونه از آنها مشکل است، تا جایی که امکان دارد باید سعی نمود تا نمونه مطابق استاندارد تهیه شود. در هر حال نمونه باید مطابق با بهترین استانداردهای کاربردی تهیه و در گزارش قید شود.

۱-۲- مدارک ارجاع شده:

- استاندارد ASTM

C ۶۱۷ - استاندارد اندود کردن نمونه‌های استوانه‌ای بتن

D ۲۱۱۳ - روش مغزه‌گیری دریل الماسه برای تحقیقات در محل

D ۲۶۶۹ - آزمایش مقاومت فشاری سه‌محوری زهکشی‌نشده نمونه‌های مغزه سنگ بدون اندازه‌گیری فشار منفذی

D ۲۹۳۶ - روش آزمایش مقاومت کششی مستقیم نمونه‌های مغزه سنگی بکر

D ۲۹۸ - روش آزمایش مقاومت فشاری تک‌محوری نمونه‌های استوانه‌ای

D ۳۱۴۸ - روش تعیین مدول الاستیسیته نمونه‌های استوانه‌ای سنگ بکر در آزمایش فشار تک‌محوری

D ۳۹۶۷ - روش آزمایش جهت مقاومت کششی ترک نمونه‌های مغزه سنگ بکر

D ۴۳۴۱ - روش آزمایش خزش بر روی نمونه استوانه‌ای سنگ سخت در فشار تک‌محوری

D ۴۴۰۵ - روش آزمایش خزش نمونه استوانه‌ای سنگ نرم در فشار تک‌محوری

D ۴۴۰۶ - روش آزمایش خزش نمونه استوانه‌ای سنگ در فشار سه‌محوری

۱-۳- مورد استفاده

ابعاد و تolerانس ناصافی سطح نمونه‌های مغزه سنگ برای تعیین خواص نمونه بکر مهم هستند. ابعاد و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تولرانس ناصافی سطح مطابق روشی که در بند ۱ - ۵ آمده است کنترل می شوند. جهت آسان نمودن روش آزمایش در آزمایشگاه مواردی که مربوط به نحوه انجام آزمایش هستند در این استاندارد داده شده اند.

۱-۴ - مشخصات نمونه های آزمایش

- نمونه آزمایش باید استوانه ای با مقطع دایره ای و با تولرانس ناصافی مناسب باشند.
- نسبت طول به قطر $(\frac{L}{D})$ باید بین ۲ تا ۲/۵ باشد و قطر نمونه نباید کمتر از ۴۷ mm باشد.

تذکر:

در سنگهای دانه ای این قطر باید حداقل ۱۰ برابر اندازه بزرگترین دانه سنگ باشد و در سنگهای سست که رفتارشان نزدیک به رفتار خاک (نظیر ماسه سنگ سیمانته شده ضعیف) است قطر مغزه باید حداقل ۶ برابر بزرگترین قطر دانه باشد و اگر بدلائلی آزمایش روی مغزه با قطرهای کمتر انجام شود و امکان تهیه و یا دسترسی به مغزه با قطر حداقل مورد نظر نباشد این موضوع باید در گزارش قید شود.

جوانب نمونه باید صاف و عاری از هرگونه ناهمواری باشد و حداکثر ناهمواری در این جوانب ۰/۵ میلی متر باشد. (تغییرات قطر در طول نمونه حداکثر ۰/۵ میلی متر باشد).

انتهای قطعات باید موازی یکدیگر بریده شود و هر دو سطح عمود بر محور مغزه باشد. سطوح انتهایی نیز باید دارای ناصافی حداکثر ۲۵ میکرومتر (۰/۰۰۱ اینچ) باشد.

۱-۵ - شیوه عملکرد

۱-۵-۱ - تعیین تولرانس راست بودن نمونه به دو روش A و B به صورت زیر انجام می گیرد:

روش A:

نمونه استوانه ای روی یک سطح صاف حرکت کرده و ارتفاع حداکثر فاصله بین نمونه و سطح صاف با یک گیج اندازه گیری می شود. اگر حداکثر برآمدگی بیش از ۰/۰۲ اینچ (۰/۵ میلی متر) باشد تولرانس مناسبی از نظر راست بودن نمونه نخواهد بود. سطح آزمایش که نمونه روی آن حرکت می کند نباید دارای ناصافی بیش از ۰/۰۰۰۵ اینچ (۱۳ میکرومتر) باشد.

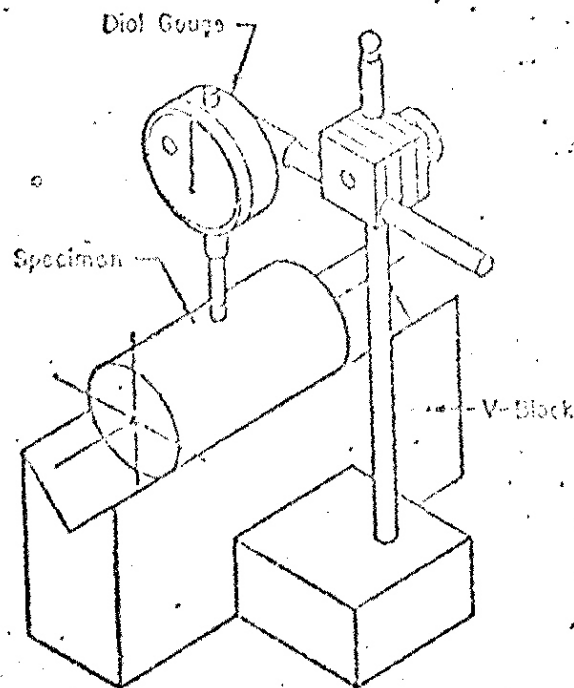
روش B:

نمونه روی یک بلوک ۷ شکل که روی یک سطح ثابت شده قرار می گیرد. سطوح بلوک ۷ شکل باید طوری فرزکاری شود که نسبت به هم قائمه باشند. سطح تکیه گاه و سطوح بلوک ۷ شکل باید مسطح و صاف با تولرانس ۰/۰۰۰۵ اینچ یا (۱۳ میکرومتر) باشد. طول بلوک باید آنقدر باشد که نمونه در ضمن حرکت روی آن از انتهای آن نیافتد.

۱-۵-۲ - یک گیج مماس بر روی نمونه مطابق شکل (۱) قرار می گیرد، در ضمن اینکه نمونه از یک طرف بلوک به طرف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دیگر روی خط مستقیم (بدون چرخش) حرکت می‌کند گنج قرائت می‌شود. دقت گنج باید حداقل 0.001 اینچ (۲۵ میکرومتر) باشد.

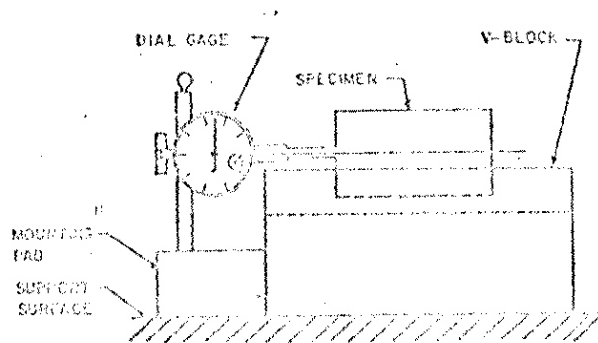


شکل (۱) نحوه تعیین راست بودن نمونه استوانه‌ای

(b) حداکثر و حداقل قرائت روی گنج ثبت شده و تفاضل آنها ($\Delta 0$) محاسبه می‌شود. اگر گنج در داخل یک حفره طبیعی در سنگ بیافتد قرائت مربوطه نباید مدنظر قرار گیرد. با چرخش نمونه به اندازه هر بار 120° درجه فرآیند تکرار شده و $\Delta 120$ و $\Delta 240$ نیز محاسبه می‌شود. حداکثر مقدار این سه تفاضل باید از 0.02 اینچ (0.5 میلیمتر) کمتر باشد.

۱-۵-۲- توریانس سطوح طرفین نمونه نیز مشابه آنچه گذشت تعیین می‌شود با این تفاوت که گنج باید در اینجا در یکی از طرفین بلوک قرار گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری



شکل (۲) نحوه تعیین صاف بودن دو انتهای نمونه استوانه‌ای

a - پایه به صورت افقی حرکت می‌کند طوری که گیج به صورت عرضی روی یک قطر از انتهای سطح به حرکت در می‌آید باید دقت شود که پایه باید دائم در تماس با سطح انتهایی بلوک باشد. برای اندازه‌گیری ناصافی دو سطوح انتهایی باید از یک گیج با دقت 0.0001 اینچ (2.5 میکرومتر) استفاده شود.

b - قرائت‌های گیج هر 2 mm که به صورت عرضی روی قطر حرکت می‌کند ثبت می‌شود. این قرائت‌ها می‌تواند در جدول ثبت شود یا اینکه مستقیماً روی گراف رسم شوند (مطابق شکل ۳) اگر قرائت‌ها ساده شوند که در مرکز سطح مقدار صفر را نشان دهد قرائت‌ها ساده‌تر خواهند شد.

c - قرائت‌ها را روی یک نمودار برده و از بین نقاط یک منحنی نرم عبور می‌دهیم که بیانگر پروفیل طولی سطح برای انتهای (۱) و قطر (۱) خواهد بود. اگر گیج در یک حفره طبیعی افتاد قرائت مربوطه نباید مد نظر قرار گیرد. اگر منحنی رسم شده با بهترین خط رسم شده بر نقاط جایگزین شود حداکثر انحراف (تناوت دو طرف خط) نباید از 0.001 اینچ (25 میکرومتر) بیشتر باشد.

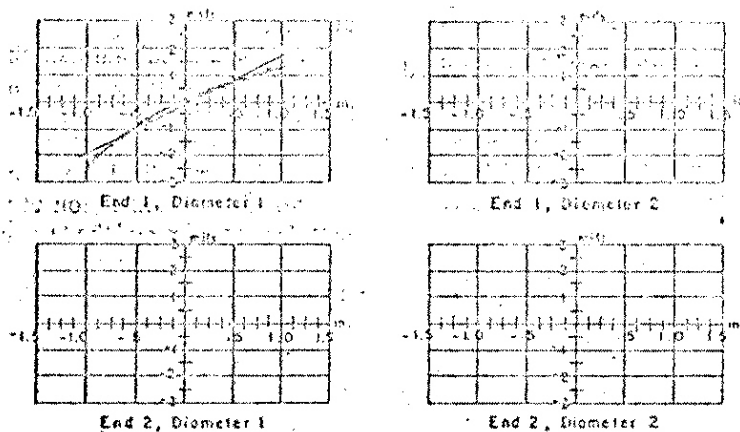
d - نمونه به اندازه 90° درجه می‌چرخد و سپس تولرانس سطح برای قطر جدید صفحه کنترل می‌شود. سپس جای دو انتهای نمونه را عوض کرده و اندازه‌گیری‌ها برای کنترل نمودن تولرانس سطح انتهایی دیگر تکرار می‌شود.

شرکت سنیامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۱-۵-۳ - دو انتهای نمونه نباید بیشتر از ۲۵/۰ درجه نسبت به محور طولی نمونه از قائمه منحرف باشند. این تولرانس با استفاده از اندازه گیری های قسمت (۱-۵-۲) کنترل می شود. تفاضل بین حداکثر و حداقل قرائتهای گیج در طول قطر (۱) محاسبه می شود. این تفاضل را Δ_1 بنامید. بطور مشابه این تفاضل برای قطر ۲ که نسبت به قطر (۱) ۹۰ درجه چرخیده محاسبه و Δ_2 بنامید. این تفاضل ها برای انتهای دیگر نمونه محاسبه شده و Δ_1 و Δ_2 بنامید. تولرانس Δ_{max} مورد در نظر گرفتنی قابل قبول خواهد بود که:

$$\frac{\Delta_i}{d} \leq \frac{1}{250} = 0.0043 \text{ rad} = 0.25$$

که اگر برابر یا ۱ یا ۲ و ۱ قطر نمونه می باشد.



Difference between maximum and minimum readings for Diam 1, End 1 = Δ_1 = _____
 Difference for Diam 2, End 1 = Δ_2 = _____
 Difference for Diam 1, End 2 = Δ_1' = _____
 Difference for Diam 2, End 2 = Δ_2' = _____
 Use the largest of the four Δ , Δ_{max} = _____
 Perpendicularity tolerance is met when $\frac{\Delta_{max}}{\text{diam}} \leq 0.0043$

شکل (۳) نحوه کنترل نمودن تولرانس سطح دو انتهای نمونه

۱-۵-۴ - اندازه گیری های قسمت های ۱-۵-۱ تا ۱-۵-۳ با استفاده از یک گیج مکانیکی بدست آمده اند. به جای گیج مکانیکی می توان از یک روش اپتیکی یا الکترونیکی با دقت و حساسیت برابر یا بهتر از گیج

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

مکانیکی قرائت نمود.

۱-۵-۵- اندازه گیری های بدست آمده در دو انتهای نمونه در قسمت های ۱-۵-۲ و ۱-۵-۳ ممکن است با حرکت دادن نمونه به صورت عمودی در روی بلوک نیز ایجاد شوند. در اندازه گیری ها نوک گچی باید مماس بر سطح انتهایی نمونه باشد. ممکن است که بلوک ۷ شکل و نمونه مماس بر یک گچی ساکن حرکت کنند یا ممکن است گچی متحرک و بلوک و نمونه ساکن باشند. به هر شکلی که دستگاه سوار شده باشد باید وضعیت طوری باشد که قرائتها با خطای 0.0001 اینچ ($2/5$ میکرومتر) انجام شوند.

۱-۵-۶- قطر نمونه آزمایش با دقت 0.01 اینچ (0.25 میلیمتر) با میانگین گیری از اندازه دو قطر عمود بر هم در وسط نمونه تعیین می شود. با استفاده از این قطر میانگین سطح مقطع عرضی محاسبه می شود. طول نمونه آزمایش نیز با دقت 0.01 اینچ (0.25 میلیمتر) در مرکز دو انتها تعیین می شود.

۱-۵-۷- اندود کردن سطوح طرفین نمونه، سمباده زدن و پرداخت کردن به استثنای قسمت ۱-۵-۸ مجاز نمی باشد. روغن کاری نمودن صفحات فلزی واردکننده با ... نمونه مجاز نمی باشد.

۱-۵-۸- بعضی از سنگها با مشخصات فیزیکی و مقاومت های مختلف هستند که مانع از تهیه نمونه با تورانس صاف بودن مناسب در بند ۱-۵ می باشند. در این موارد ابتدا مغزه مورد نظر بریده شده و سپس برای اندود کردن دو انتها از سرپوشهایی استفاده می شود. ویژگیهای مصالح اندود کردن و سطوح اندود شده و نحوه رویهم گذاری و روش اندود کردن نمونه ای از سنگ های ضعیف باید همانند آزمایش مقاومت فشاری بتن (C 617) باشد. به هر حال استفاده از ترکیبات سولفور نرم برای اندود کردن مجاز نیست زیرا در دماهای بالا اثر سوء دارد.

تذکر: بهترین کار برای صاف کردن سطوح نمونه سایش دو انتهای نمونه می باشد.

برای سنگهای سخت جهت سایش ساینده الماسی مناسب خواهد بود.

۱-۵-۹- شرایط رطوبت نمونه باید در گزارش ذکر شود. تا زمانی که ASTM روشی برای تعیین شرایط رطوبت پیشنهاد ننموده است، استاندارد پیشنهادی انجمن ملی مکانیک سنگ (ISRM) استفاده شود.

تذکر: شرایط رطوبت نمونه در هنگام تهیه نمونه می تواند بر مشخصات مقاومت و تغییر شکل پذیری سنگ مؤثر باشد. نمونه آزمایشگاهی باید طوری باشد که بیانگر شرایط محل باشد. بنابراین شرایط رطوبت نمونه باید تا زمان آزمایش حفظ شود. در بعضی موارد ممکن است لازم باشد که نمونه با رطوبت های متفاوت از اشباع تا خشک آزمایش شود. در هر حال میزان رطوبت نمونه آزمایشی باید در رأس مسائل ذکر شود. رطوبت اضافی در مقاومت چسبندگی مؤثر خواهد بود و دقت کار را تحت تاثیر قرار خواهد داد. در آزمایش کشش مستقیم رطوبت اضافی در چسبندگی اتصال سنگ و قطعات فولادی اثر سوء خواهد داشت.

بسمه تعالی

۹۰- D۴۵۴۶ : ASTM روش‌های استاندارد آزمایش برای تعیین پتانسیل تورم

یا نشست یکبندی خاکهای چسبنده

۱- هدف

۱-۱ این روش‌های آزمایش تعیین میزان تورم یا نشست خاکهای چسبنده نسبتاً "دست نخورده" یا متر اکم شده در آزمایشگاه را شامل می‌شود.

توجه: جهت تعیین بهترین روش آزمایشگاهی برای کاربردهای خاص به فست‌تشن مراجعه شود.

۱-۲ روش‌های آزمایش را می‌توان جهت تعیین موارد زیر بکار برد:

الف- میزان تورم یا نشست تحت اعمال فشار قائم (محوری) معلوم

ب- میزان فشار قائم لازم برای امانت از تغییر حجم نمونه‌هایی که تحت بارهای محوری قرار داشته و بطور حائسی متبدل گردیده‌اند.

۱-۳ اعدای که با واحدهای SI بیان می‌شوند استاندارد دیو ده و مقادیری که بر اساس واحدهای اینچ-پوند بیان می‌شوند، تقریبی می‌باشند.

۱-۴ این استاندارد می‌آورد این یعنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و قبل از استفاده، محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۲- مدارک مرجع

۲-۱ استانداردهای ASTM:

D۴۲۲ روش آنالیز اندازه ذرات خاک (دانه بندی)

D۶۵۲ اصطلاحات در رابطه با خاک، سنگ و مایعات و چوددر آنها

D۶۹۸ روش‌های آزمایش برای تعیین رابطه بین رطوبت - دانسیته خاک و مخلوطهای خاک مصالح دانه ای با استفاده از چکش ۵/۵ پوند (۲/۲۹ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵mm)

D۸۵۴ روش آزمایش برای تعیین چگالی ویژه خاکها

D۱۵۵۷ روش غسالی آزمایش برای تعیین رابطه بین رطوبت - دانسیته خاک و مخلوطهای خاک مصالح دانه ای با استفاده از چکش ۵/۵ کیلوگرم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

و ارتفاع سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر)

D1587 دستور العمل نمونه گیری از خاکها با استفاده از لوله های جدا ساز کب

D2316 روش آزمایش برای تعیین در صد رطوبت خاک، سنگ و مخلوطهای خاک - مصالح جدا شده ای

D2325 روش آزمایش برای تعیین خواص خاکها در حالت تحکیم یک بعدی

D3550 دستور العمل نمونه گیری از خاکها با استفاده از لوله نمونه گیر حلقه دار

D3877 روش های آزمایش برای تعیین نیز ان انقباض، انقباض و فشار رو به بالای مخلوطهای خاک - آهک در حالت یک بعدی

D4220 دستور العمل های نگهداری و انتقال نمونه های خاک

D4318 روش تعیین حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها

۳- اصطلاحات

۳-۱ تعاریف - برای تعریف استاندارد اصطلاحات به استاندارد D654 مراجعه گردد.

۳-۲ اصطلاحات خاص مربوط به این استاندارد در زیر شرح داده شده است.

۳-۲-۱ بالا آمدگی، L - افزایش ارتفاع در جهت قائم، Δh ، ستونی از خاک در اثر جذب آب، که ارتفاع آن در محل h می باشد.

۳-۲-۲ درصد بالا آمدگی یا نشست، % - افزایش یا کاهش نسبت تغییر ارتفاع در جهت قائم، Δh ، به ارتفاع اولیه ستون خاک در محل، h ، ضربدر ۱۰۰، یعنی $100 \cdot \Delta h/h$.

۳-۲-۳ نشست، L - کاهش ارتفاع در جهت قائم، Δh ، ستون خاک که ارتفاع آن در محل h می باشد.

۳-۲-۴ تورم، L - افزایش ارتفاع یا اتساع ستون خاک در اثر جذب آب.

۳-۲-۵ تورم آزاد، % - درصد بالا آمدگی، $100 \cdot \Delta h/h$ ، در اثر جذب آب، تحت اثر فشار نشاننده، σ_{se} .

۳-۲-۶ تورم اولیه، L - بلخق قرار داد تکمیل تورم کوتاه مدت معمولاً بر سلسله نقطه محل تقاطع خط اساس گذرنده از نقطه عطف منحنی تغییر شکل - لگاریتم زمان با مماس بر قسمت خطی نشان دهنده تورم در از مدت یا ثانویه، مشخص می گردد (شکل ۱)

۳-۲-۷ تورم ثانویه، L - بلخق قرار داد تورم در از مدت معسولاً بر سلسله قسمت خطی منحنی تغییر شکل لگاریتم زمان بعد از تکمیل تورم کوتاه مدت یا اولیه مشخص می شود.

(شکل ۱)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳-۲-۸ شاخص تورم - عبارت از شیب منحنی نسبت تخلخل-فشار در حالت باربرداری در مقیاس نیمه لگاریتمی می باشد.

۳-۲-۹ فشار تورمی، FL^{-2} - فشاری که از تورم بوجود آمده طبق روش جدول گیری به عمل می آورد یا FL^{-2} فشاری که برای برگرداندن نمونه به حالت اولیه (نسبت تخلخل، ارتفاع) بعد از تورم آن در روش B و A مورد نیاز می باشد.

توجه ۲- فشارهای تورمی بدست آمده بر اساس روشی که برای نمونه های دست نخورده اصلاح شده است، ممکن است مشابه و یا کمی بزرگتر از فشار تورمی بدست آمده بر اساس روش A باشد.

۴ - خلاصه روش های آزمایش

۴-۱-۱ در سه روش زیر لازم است نمونه خاک بیخورد جانبی مقید گردد و بار به طور محوری در تحکیم سنجی که به آن آب اضافه شده است اعمال گردد.

۴-۱-۲ روش A - نمونه را غرقاب کرده و به آن اجازه تورم در جهت قائم تحت آبشور فشار نشاننده تا کامل شدن تورم اولیه داده می شود (حداقل فشار وارده باید در نظر گرفتن وزن سنگ متخلخل فوقانی و صفحه بارگذاری یک کیلوپاسکال (۱ کیلوپوند نیرو بر فوت مربع) می باشد. بعد از تورم اولیه، نمونه تا رسیدن به ارتفاعی نسبت تخلخل اولیه بارگذاری می شود.

۴-۱-۳ روش B - قبل از ریختن آب در تحکیم سنج، نمونه تحت آبشور فشار قائم بیشتر از فشار نشاننده قرار می گیرد. فشار وارده معمولاً "معادل فشار قائم بالاسری در محل یابار سازه و یا هر دو می باشد. اما این مقدار ممکن است با توجه به نحوه استفاده از نتایج آزمایش تغییر نماید. روی نمونه آب ریخته می شود. این عمل ممکن است با عکس تورم، تورم سپس انقباض، انقباض، یا انقباض سپس تورم گردد. بعد از اینکه تحت آبشور فشار وارده، تغییر مکان به مقدار ناچیزی رسید، مقدار تورم یکسانست اندازه گیری می شود.

۴-۱-۴ روش C - برای تعیین فشار تررمی، ابتدا نمونه غرقاب شده و سپس با تنظیم فشار قائم ارتفاع آن تا بیستگدشته می شود. مراحل بعدی آزمایش، مطابق روش آزمایش تحکیم D₄₀ انجام می گیرد. برای تخمین پتانسیل بالآ آمدگی از اطلاعات مربوط به باربرداری استفاده می شود.

۵- اهمیت و کاربرد

۵-۱ پتانسیل تورم یا نشست نسبی خاک که بوسیله این روش ها، تعیین می شوند را می توان برای تخمین بالآ آمدگی یا نشست خاکها در جهت رطوبت ها و شرایط بارگذاری داده شده مورد استفاده قرار داد. در مدلهای نسبت تخلخل اولیه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خاک، باید شما بنده خاک موجود در محل قبل از ساختن باشد.

انتخاب روش آزمایش، ببار گذاری و نیز تیب غرقاب نمودن باید طور ی باشد که
اثرات خیس شدگی و خشک شدگی و تغییر شوری بطبار گذاری را تا حد امکان در زمان ساخت
و پس از ساخت شبیه سازی نماید.

۲-۵ خاکهایی که دارای کانی، مونت موریلونیت (Smectite) می باشند، پتانسیل
زیادتری برای تورم داشته و معمولاً "باید با استفاده از این روش ها، آزمایش شوند.

توجه ۳- مونت موریلونیت با کاتیونهای دو ظرفیتی معمولاً "کمتر از یک ظرفیتی
تورم می نمایند. دانستن نوع کاتیون از آنجائی که کاتیون، ظرفیت مونت موریلونیت
موریلونیت را تغییر می دهد، امری مهم است. لذا از این روش برای تعیین نوع
کاتیون ظرفیت، مبادله کاتیون مونت موریلونیت مفید می باشد.

۳-۵ نمونه هایی که برای آزمایش در آزمایشگاه آماده می شوند، باید تا آنجا که
ممکن است مشابه خاک در محل یا شرایط خاک کمتر اکم شده باشند، چرا که تغییر نسبت
کوچک در وزن مخصوص و در حد رطوبت می تواند تغییر زیاد در میزان آب آبدگی و فشار
تورم می اندازد که گیری شده بوجود آورد. اختلاف موجود در بافت خاک نمونه های کمتر اکم
شده نظیر اینکه تورم و زردادن یا فشار استاتیکی بدست آمده می تواند تاثیر زیادی
در رفتار تورم یا نشست خاکها را چسبندگی داشته باشد.

۴-۵ کاربرد این روشهای آزمایش روی نمونه های دست نخورده یا دوباره بازسازی
شده به شرح زیر می باشد.

۱-۴-۵ روش A - این روش آزمایش :

الف- تورم آزاد، ب- در حد بالا آبدگی برای فشارهای قائم تا حدود فشار تورم مسی
وج- فشار تورم را اندازه گیری می کنند.

۲-۴-۵ روش B - این روش آزمایش :

الف- در حد بالا آبدگی یا نشست برای فشار قائم بر اثر فشار قائم بالا سری تخمین زده
شده در محل و فشارهای قائم دیگر تا حدود فشار تورم، ب- فشار تورم را اندازه گیری
می کنند.

۳-۴-۵ روش C - با این روش آزمایش :

الف- فشار تورم مسی، ب- فشار پیش تحکیمی، وج- در حد بالا آبدگی یا نشست برای
محدوده فشارهای قائم وارد را اندازه گیری می کنند.

توجه ۴- مقادیر بالا آبدگی تخمین زده شده با استفاده از روش های A و B مشابه
مقادیر مشاهده شده می باشد. مقادیر بالا آبدگی بدست آمده با استفاده از روش
B ممکن است کمتر از بالا آبدگی مشاهده شده باشد. روش A ممکن است برای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ارزیابی فشار تورمی و پارامترهای تحکیم جهت تخمین نشست پیش‌بینی‌شده نشود زیرا که در شرایط عملی امکان جلوگیری از دست‌خوردگی ساختمان خاک‌دراثر جذب آب وجود ندارد.

۶- تعارضات

۱-۶- مقادیر تورم و نشست تخمینی خاک‌هایی که بوسیله این روش‌های آزمایش بدست آمده‌اند، اغلب در طراحی‌های کف روی شیب و ارزیابی عملکرد آنها دارای اهمیت کلیدی می‌باشند. بهر حال وقتی این مقادیر برای تخمین میزان بالا آمدگی پی‌ها و خاک‌های متر اکم شده در شرایط محلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مشخص می‌گردد که پارامترهای تورمی تعیین شده از این روش‌های آزمایش ممکن است بیهوده دلایل بی‌بسیار بسیاری از شرایط کلی نباشند.

۱-۱-۶- تورم جانبی و فشار محصور کننده جانبی مشابه هم نیستند.

۱-۲- معمولاً تورم در محل تحت‌اثر فشار بالاسری ثابت که بستگی به وجود آب دارد بوجود می‌آید. ولی تورم در آزمایشگاه با مشاهده تغییر حجم نمونه در اثر تغییر فشار اعمالی زمانی که نمونه غرقاب می‌شود، ارزیابی می‌گردد. برای اجتناب از این محدودیت‌ها روش B ارائه شده است.

۱-۳- سرعته تورم بدست آمده از آزمایشات با سرعت بالا آمدگی خاک‌دراثر محلی مشابه نیستند ایجاد کرده خاک یکسان نبوده، و برای شبیه‌سازی واقعی وجود آب در خاک‌گافی نمی‌باشد. وجود آب برای پی‌ها ممکن است بصورت دوره‌ای دریا بسته به شرایط محلی نظیر تراز نشه‌های پر شده یا خاک‌تغوی پذیر، خطوط آب‌وز هگشی شکسته شده باشد.

۱-۴- برای بعضی از خاک‌ها تورم ثانویه یا درازمدت‌دار می‌باشد و باید به تورم اولیه اضافه شود.

۱-۵- ترکیب شیمیایی آب مورد استفاده جهت غرقاب نمونه روی مقادیر - تغییر حجم و فشار تورمی موثر می‌باشد. محلی که آب آن دارای مقداری یون‌های کلسیم باشد کمتر از محلی که آب آن دارای مقداری یون‌های سدیم و یا جتسی آب - باران است، متورم خواهد شد.

۱-۶- دست‌خوردگی که بطور طبیعی در نمونه‌های خاک‌پی وجود می‌آید، به مقدار زیادی اعتبار نتایج را کاهش می‌دهد.

۷- دستگاه‌ها و مواد

۱-۷- تحکیم سنج - دستگاه باید با الوازمانند آزمایش D₂₂₂₅ کامل شود. همچنین - باید قادر به اعمال حداکثر فشار به شرح زیر بر نمونه باشد:

۱- حداکثر ۲۰٪ حد اکثر فشار طراحی پیش‌بینی شده،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲- بیشتر فشار لازم جهت ثابت نگه داشتن ارتفاع اولیه نمونه بعد از غوطه‌ور نمودن آن در روش C

۷-۱-۱- سختی تحکیم سنج روشی میز آن تورم مشاهده شده مخصوصاً در روش C موثر می‌باشد لذا برای این روش باید از تحکیم سنج‌های با سختی بالا استفاده نمود. (روش آزمایش D۲۴۳۵ ملاحظه گردد)

توجه ۵- مقدار کمی افزایش حجم خاک می‌تواند به مقدار زیادی فشارهای تورمی را تغییر دهد؛ بنابراین برای تعیین فشار تورمی با استفاده از روش C باید تا آنجا که ممکن است میزان تغییر مکان‌های موجود آمده کوچک‌تر باشد تا با عشاگامسش اصلاحات لازم بیان شده در بند ۱۳-۲-۵ گردد.

عقادیر اندازه‌گیری شده، مخصوصاً فشار تورمی، باید بر اساس تراکم پذیری اعضاء اصلاح گردند.

۷-۲- سنگ‌های متخلخل - در صورت عدم استفاده از کاغذ صافی و بخاطر کاهش تغییر مکان‌های کاغذ در اثر قرار دادن نمونه روی سنگ‌های متخلخل (توجه ۶)، سنگ‌ها باید سائیده شده تا صاف گردند. این تغییر مکان‌ها ممکن است مهم باشند. خصوصاً اگر تغییر مکان‌ها و فشارهای قائم وارده کوچک‌تر باشند.

۷-۲-۱ سنگ‌های متخلخل باید در هوا خشک شوند.

۷-۲-۲ برای جلوگیری از خارج شدن مایع‌ها و ورود هوا در فشارهای قائم بالا، سنگ‌های متخلخل باید متناسب با حلقه تحکیم سنج باشند. ابعاد مناسب سنگ‌های متخلخل در بند ۵-۳ روش آزمایش D۲۴۳۵ شرح داده شده است.

توجه ۶- اگر از کاغذ صافی استفاده نمی‌شود، اندازه مناسب حفره، امیکرومتر (۳/۳) می‌باشد. پیشنهاد می‌شود در حین اندازه‌گیری تورم یا نشست خاک‌های رسی سفید در حین اندازه‌گیری فشار تورمی باروش C، از کاغذ صافی به علت تراکم پذیری بالای آن استفاده نگردد.

۷-۳ عشا و پلاستیکی، پوشش آلومینیمی یا دستمال کاغذی مرطوب، به منظور به حداقل رساندن تبخیر نمونه قبل از قرار گرفتن آن از پوشش گشاد برای پوشاندن نمونه، حلقه و سنگ‌های متخلخل استفاده می‌شود.

۸- نمونه برداری از خاک‌های طبیعی

۸-۱ دستخوردگی نمونه خاک به مقدار زیادی اعتبار نتایج را کاهش می‌دهد و باید به حداقل برسد. دستورالعمل‌های D۱۵۸۲ و D۲۵۵۰ روش‌ها و وسایلی که ممکن است برای بدست آوردن نمونه‌های دست‌نخورده قابل اطمینان مورد استفاده قرار گیرند را شامل می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۲ نکهداری خاکهای تورم پذیر در لوله های نمونه گیر حتی اگر تغییر تنش حد اقل سل باشد، توصیه نمی گردد. زنگنه دگی و نفوذ مایع حفاری یا نفوذ آب به داخل نمونه ممکن است اثر بدی در ویسنتاژ آزمون باشد. آبه و اکسیژن موجود در قسمت سی از نمونه که با جدار لوله در تماس می باشد، ممکن است با عیش زنگنه دگی لوله گردد طبق دستور العمل D1587، برای جلوگیری از خوردگی، باید از لوله های نمونه گیر با جنس برنج، فولاد ضد زنگ و یا لوله های که جدا در اخلی آنها گالوانیزه یا لاک انکلی شده باشد، استفاده گردد.

۸-۳ اگر نمونه ها قبل از آزمون انبار می شوند، باید بلافاصله بعد از نمونه گیری، نمونه از لوله نمونه گیر خارج شده و جهت جد اقل رساندن تغییر تنش و کاهش رطوبت بطور کامل نفوذناپذیر شوند. جهت جد اقل رساندن دست خوردگی، نمونه باید در همان جهتی که نمونه گیری شده است از لوله نمونه گیر خارج گردد. اگر نتوان نمونه را بلافاصله از لوله ها خارج ساخت باید مطابق گروه D دستور العمل، D442 نمونه ها را حمل و ارسال نمود.

۸-۴ مایع حاصل از حفاری موجود در ویسنتاژ نمونه های که با استفاده از تکنیک حفاری یا گل بدست آمده اند، قبل از نفوذناپذیر کردن ظرف و بستنکهداری آنها باید شیب ساز گردد. لایه ای به ضخامت ۳ تا ۴ میلی متر (۱/۱ تا ۱/۳ اینچ) باید از سطح خارجی نمونه استوانه ای تراشیده شود. بطوریکه رطوبت مایع حاصل از نفوذناپذیر شدن آنها با عیش تغییر پتانسیل تورم، فشار تورمی و سایر پارامترهای خاک گردد. همچنین این تراشیدن دست خوردگی در سطح بزرگ و بی نمونه که در اثر اصطکاک سد باره وجود آمده است را بر طرف می نماید. حفاری به کمک هوا یا کف بجای کل حفاری میز آن نفوذ رطوبت را کاهش می دهد.

۸-۵ برای نکهداری نمونه های در آورده شده و پوشاندن آنها ممکن است از ظروف مقوایی یا فلزی که قطر آن بزرگتر یا "۲۵ میلی متر (1 in) بیشتر از قطر و طول آنها ۴۰ تا ۵۰ میلی متر (۲ in-۱/۵) بزرگتر از طول نمونه است، استفاده نمود.

۸-۶ ظروف و بستنکهداری نمونه های خاک باید با موم بطور کامل نفوذناپذیر شوند. درجه حرارت مومی که برای نفوذناپذیر کردن بکار برده می شود، باید ۱۴ درجه سانتیگراد (۲۵-۱۵ درجه فارنهایت) بالاتر از نقطه ذوب آن در وقت استفاده باشد. اگر موم به اندازه ای گرم باشد که داخل منافذ و ترکهای موجود در نمونه نفوذ نماید، نمونه را بلا استفاده کرده و با عیش خشک شدن آن نیز می گردد. برای جلوگیری از نفوذ موم مذاب به داخل ترکهای باز ممکن است پوشش آلومینیومی، پارچه الای یا پوشش پلاستیکی دور نمونه قرار داده شود. مقدار کمی موم (ضخامت حدود ۱۱/۳

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

میلیمتر یا ۵/۰ اینچ) باید در قسمت ته ظرف ریخته شده و اجازه داده شود تا کمی سفت گردد. نمونه باید در ظرف قرار گرفته و بطور کامل در موم مذاب فرو برده شده تا پوشش موم صورت پذیرد و سپس پس از سرد شدن، انتقال یابد.

توجه ۷- موم خوب برای نفوذناپذیر کردن خاکهای انبساط پذیر شامل ترکیب یک به یک پارافین و موم بیلوزهای زیر یا صد در صد موم زنیور عمل می‌باشد.

۸-۷ بلافاصله بعد از وصال نمونه، آنرا بر سر سی کرده و مورد آزمایش قرار دهید. نمونه‌هایی که لازم است انبار گردند، باید در اتاق مرطوب نگهداری شوند. برای بریدن نمونه‌های وکس داده شده توسط موم یا قرار گرفته در نمونه‌های نمونه‌گیر ممکن است از آره توری استفاده گردد. هنگامی که نمونه‌ها توسط سایلنیز و تمیزتر شده می‌شوند، بایستی به اندازه کافی مهار گردند. نمونه ممکن است از قسمتی نمونه نمونه‌گیر در آورده شود. برای به حداقل رساندن دست‌خوردگی نمونه، تراشیدن باید بطور مبتدای انجام شود.

۹- تهیه نمونه

۹-۱ برای آزمایش ممکن است از نمونه‌های دست‌خورده یا متر اکم شده در آزمایشگاه استفاده گردد. نمونه‌هایی که در آزمایشگاه بوسیله متر اکم تهیه می‌شوند، تا آنجا که ممکن است باید مشابه خاکریزهای متر اکم شده در محل باشند.

توجه ۸- مو قتی نمونه در در حدر طوبیت تهیه می‌شود، روش متر اکم نظیر روش ورز دادن یا متر اکم استاتیک ممکن است در ورزفتار تغییر حجم نمونه تاثیر داشته باشد. متر اکم نمونه‌ها در آزمایشگاه در روش‌های آزمایش D۶۹۸ و D۱۵۵۷ شرح داده شده است. تورم خاک‌هایی که با مقدار مناسبی آهک عمل آمده باشند، آزمایش روی نمونه‌های متر اکم شده آن در روش‌های آزمایش D۳۸۷۷ تشریح شده است.

۹-۲ نمونه را مطابق روش آزمایش D۲۴۴۵ تراشید. یک حلقه اضافی یا حلقه راهنما مطابق روش D۳۸۷۷ جهت تطبیق با تورم نمونه، ممکن است به مجموعه دستگاه تحکیم سنج اضافه گردد. در روش دیگر ممکن است از یک صفحه سخت‌نساز گذر نه حلقه در حین تراشیدن نمونه و قرار دادن آن در حلقه استفاده گردد. حلقه و نمونه را بطور وارونه قرار داده و جهت ایجاد فضای برای تورم نمونه، صفحه فلزی را بردارید. جهت به حداقل رساندن دست‌خوردگی خاک یا تغییر رطوبت و وزن مخصوص آن در حین انتقال و تهیه نمونه احتیاط کنید. باید از ارتعاش، تغییر شکل و فشردگی نمونه اجتناب نمود.

توجه ۹- در حلقه‌هایی به ارتفاع ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ) برای اینکه آزمایشات بندجو مطلوب انجام شود، بایستی ارتفاع نمونه ۵ میلیمتر (۳/۰ اینچ) کوتاهتر باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱- کالیبراسیون

۱-۱- دستگاه تحکیم را مطابق روش آزمایش D۲۴۳۵ کالیبره کنید.
۲-۱- قابلیت تراکم دستگاه را با قرار دادن یک صفحه مافاز جنس مس، بر سطح فولاد سخت بجای نمونه خاک، اندازه گیری نمایید. ارتفاع صفحه باید بطور تقریبی برابر ارتفاع نمونه و قطر آن تقریباً "یک میلیمتر (۰/۰۴ اینچ) کمتر از قطر داخلی حلقه باشد. اگر در حین آزمایش از کاغذهای صافی استفاده می شود، کاغذهای صافی مرطوب را بین سنگهای متخلخل و صفحه فلزی قرار دهید. جهت خروج رطوبت از کاغذ صافی در ضمن هر افزایش یا کاهش بار باید مدت زمان به اندازه کافی باشد. برای هر مرحله افزایش و کاهش بار، تغییر مکانهای بدست آمده از آزمایش کالیبراسیون را از مقادیر تغییر مکان خاک مورد آزمایش کم کنید.
توجه: ۱- وقتی از کاغذ صافی استفاده می شود، ترتیب افزایش یا کاهش بار در دو آزمایش کالیبراسیون باید دقیقاً "مشابه" هم باشند. علتش این امر تراکم غیر الاستیک کاغذ صافی است و کالیبراسیون برای هر آزمایش لازم است. برای آزمایشاتی که از کاغذ صافی استفاده نمی شود، انجام کالیبراسیون در فواصل زمانی معین مناسب خواهد بود.

۱-۱-۱ خواص مربوط به خاک

۱-۱-۱ در صورت اولیه (یا طبیعی)، وزن مخصوص های تر و خشک، حجم و نسبت متخلخل اولیه را مطابق روش آزمایش D۲۴۳۵ تعیین نمایید. در صورتیکه نتایج بر حسب نسبت متخلخل ارائه می گردند، چگالی ویژه را مطابق روش آزمایش D ۸۵۴ تعیین نمایید. حدروانی، حد خمیری و شاخص خمیری را مطابق روش آزمایش D ۴۳۱۸ و توزیع اندازه ذرات خاکهای نامصالح دانه ای قابل توجه را مطابق روش آزمایش D۲۴۲۲ تعیین نمایید. این آزمایشات برای شناخت خاک و ارتباط بین نتایج آزمایشات بر روی خاکهای مختلف، مفید می باشند.

۱-۲ روش

۱-۱۲ حلقه با نمونه، در صورت استفاده کاغذ صافی خشک و سنگهای متخلخل خشک شده در هوا را در دستگاه بارگذاری قرار دهید. برای به حداقل رساندن تغییر در مد رطوبت و حجم نمونه در اثر تبخیر بلافاصله نمونه، حلقه، کاغذ صافی و سنگهای متخلخل را با یک غشاء پلاستیکی، دستمال کاغذی مرطوب یا ورق آلومینیومی بپوشانید. زمانی که نمونه غرقاب می شود، این پوشش ممکن است بریده شده و دور انداخته شود.

۲-۱۲ فشار نشاننده، σ_{se} ، را اعمال نمایید. حداقل مقدار فشار نشاننده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

یک کیلو پاسکال (۳۰ پوند نیرو بر فوت مربع) می باشد. در حدود ۵ دقیقه پس از اعمال 5 se ، وسیله اندازه گیری تغییر شکل را روی قرائت اولیه و بلافاصله صفر تنظیم کنید.

۱۲-۳-۱۲ در شکل (۲) نتایج حاصل از سه روش آزمایش که شامل اعمال تصحیحات لازم برای تراکم پذیری تحکیم سطح نیز می باشد، نشان داده شده است. این آزمایشات، بجز موارد زیر، مطابق روش آزمایش D ۲۴۳۵ انجام شده اند:

۱۲-۳-۱- روش A - بعد از اینکه قرائت تغییر شکل اولیه در فشار نشاننده یادداشت گردید، نمونه را غرقاب نموده و مقادیر تغییر شکل را بعد از گذشت زمانهای مختلف یادداشت نمایید. قرائت در زمانهای ۱/۳۰، ۵/۳۰، ۱۰/۳۰، ۱۵/۳۰، ۲۰/۳۰ و ۳۰ دقیقه و ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ ساعت مناسب می باشد. تا تکمیل تورم اولیه، قرائت تغییر شکل را ادامه دهید. روش تعیین تورم اولیه در شکل (۱) نشان داده شده است. پس از تکمیل تورم اولیه، فشار قائم را که بطور تقریبی برابر 100 ± 0.04 کیلو پاسکال (۱۰۰ پوند نیرو بر فوت مربع) می باشد، وارد کرده و هر فشار را مطابق بند ۴-۱۰ روش D ۲۴۳۵ ثابت نگه دارید. فشار را تا فشار دومی مجدد در رسیدن به نسبت تخلخل یا ارتفاع اولیه باقی نگه دارید. مدت بارگذاری در هر افزایش بار باید برابر زمان باشد که عدد درصد تحکیم اولیه حاصل گردد. (بندهای ۱۱-۱ تا ۱۱-۶ روش آزمایش D ۲۴۳۵ را ملاحظه نمایید.)

توجه ۱۱- به منظور تعیین اتمام تورم اولیه از روی منحنی، باید قرائتهایی از تورم ثانویه یادداشت گردد.

توجه ۱۲- بطور معمول مدت زمان اعمال افزایش بار یکروز می باشد.

توجه ۱۳- به علت مشخص نبودن مقدار دقیق تنش قائم مورد نیاز جهت فشردگی مجدد نمونه تا نسبت تخلخل اولیه، فشارهای قائم وارده ممکن است بیشتر از مقداری باشد که نسبت تخلخل نمونه کمتر از مقدار اولیه آن گردد. (نقطه E شکل ۲ در روش A) برای این منظور استفاده از دستگاههای بارگذاری مجهز به تنظیم کننده های یا هوای فشرده مناسب می باشد.

۱۲-۳-۲ روش A را می توان بدین صورت اصلاح نمود که در مدت ۵ دقیقه پس از اعمال فشار نشاننده و قرائت تغییر شکل صفر، تنش قائم اولیه (σ_1) که معادل فشار قائم تخمین زده شده خاک در محل می باشد، بر نمونه اعمال گردد. تغییر شکل را در مدت ۵ دقیقه پس از اعمال σ_1 قرائت و تنش قائم σ_1 به غیر از فشار نشاننده را بر دارید. میزان

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تغییر شکل را در مدت ۵ دقیقه پس از برداشتن σ_c قرائت نموده، نمونه را غرقاب کنید و آزمایش را مطابق بند ۱۲-۳-۱ ادامه دهید. جهت ایجاد مشابهت با نسبت تخلخل خاک در محل، این روش اصلاح شده برای تصحیح قرائت تغییر شکل اولیه در σ_{sc} مناسب می باشد.

۱۲-۳-۳ روش B - پنج دقیقه پس از اعمال فشار نشاننده، فشار قائمی را که بیشتر از فشار نشاننده است، وارد نمایید. تغییر شکل را در مدت پنج دقیقه پس از قراردادن فشار قائم قرائت کنید. بلافاصله پس از قرائت تغییر شکل، نمونه را غرقاب کرده و مقادیر تغییر شکل را در فواصل زمانی مشابه بند ۱۲-۳-۱ تا تکمیل تورم اولیه یادداشت نمایید. آزمایش را مطابق بند ۱۲-۳-۱ ادامه دهید.

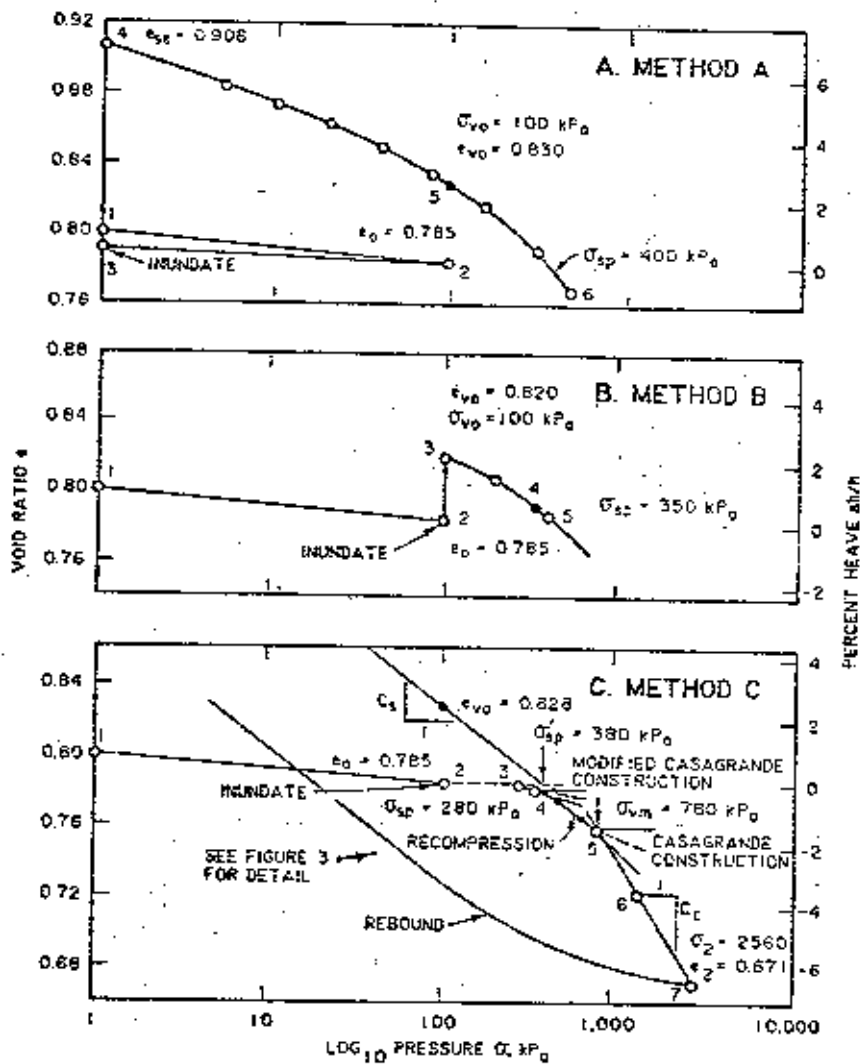
۱۲-۳-۴ روش C - در حدود پنج دقیقه پس از اعمال فشار نشاننده، تنش اولیه (σ_1) معادل فشار قائم یا فشار تورمی تکمیلی در محل را وارد کنید. تغییر شکل را در مدت پنج دقیقه پس از اعمال σ_1 قرائت کرده و بلافاصله نمونه را با آب غرقاب نمایید. برای جلوگیری از تورم نمونه، افزایش تنش های قائم مورد نیاز را اعمال کنید. (توجه ۴ ملاحظه گردد). از زمانی که نمونه تحت تاثیر تنش σ_1 غرقاب می شود، میزان تغییر ارتفاع آن بیشتر است کمتر از ۰.۰۵٪، میلیمتر (۰.۰۰۲٪، اینچ) باشد و بنا بر این از ۰.۱۰٪، میلیمتر (۰.۰۰۴٪، اینچ) تجاوز نماید.

مطابق بند ۱۲-۳-۱ نمونه را تا آنجا بارگذاری کنید که تمایل زیادی برای تورم از خود نشان ندهد. (معمولاً در شب) برای مشخص شدن نقطه حداکثر انحناء در منحنی تحکیم و تعیین شیب منحنی فشردگی بگر، بار را تا مقصدار مناسبی افزایش دهید. همچنین مطابق شکل ۲ (روش C) منحنی بار برداری را می توان تعیین نمود.

در مرحله بار برداری فواصل زمانی کاهش بار باید مطابق بند ۱۰-۶ روش آزمایش D۱۲۳۵ باشد.

توجه ۱۴ - جهت کنترل لازم برای جلوگیری از تورم، استفاده از وزنه های کوچکتر نظیر وزنه های سربی مناسب می باشد.

۱۲-۴ اندازه گیریها باید شامل زمان قرائت، تنش وارده، تغییر شکل مشاهده شده و تصمیمات لازم برای فشردگی اعضاء باشد.



شکل ۳- منحنی‌های نسبت تخلخل - تکرار به هم فشار

۱۳- محاسبات

۱-۱۳ نسبت تخلخل یا ارتفاع اولیه، درصد رطوبت، وزن مخصوص هایتر و خشک و درجه اشباع را بر اساس روش آزمایش ۲۳۳۵ D محاسبه نماید. محاسبات نسبت تخلخل یا درصد بالا آمدگی، بر اساس قرائت‌های نمایشی بر روی افزایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تورم و افزایش یا کاهش بار می باشد. نسبت تخلخل یا درصد بالای آمدگی ممکن است بر حسب گاریتم فشار قائم رسم شود، یعنی آن مثال منحنی های سه روش بیان شده در شکل (۲) نشان داده شده است. تحت اثر فشار قائم σ_c ، درصد بالای آمدگی متناسب با ارتفاع اولیه نمونه (h_0) می باشد (بند ۴-۱-۲ را ملاحظه نمایید) برای کاربردهای عملی ممکن است منحنی نسبت تخلخل یا درصد بالای آمدگی بر حسب فشار قائم در مقیاس حسابی همچنین مفید باشد:

۲-۱۲ برای ارزیابی پارامترهای تورم و نشست خاک آزمایش شده می توان از اطلاعات مربوط به نقاط منحنی نسبت تخلخل e ، بر حسب گاریتم فشار $\log p$ ، استفاده نمود. (شکل ۲)

۲-۱۳-۱ روش A - تورم آزاد تحت اثر فشار نشاننده متناسب با نسبت تخلخل اولیه، e_0 ، از رابطه زیر بدست می آید. (شکل ۲ روش A) را ملاحظه نمایید.

$$\Delta h/h_0 \times 100 = (e_{se} - e_0) / (1 + e_0) \times 100 = ((\gamma_{dsc} / \gamma_{dsc0}) - 1) \times 100$$

Δh = تغییر در ارتفاع نمونه، h_0 = ارتفاع اولیه نمونه، e_{se} = نسبت تخلخل بعد از ثابت شدن تورم در فشار نشاننده σ_{sc} ، e_0 = نسبت تخلخل اولیه، γ_{dsc} = وزن مخصوص خشک در نسبت تخلخل e ، و γ_{dsc0} = وزن مخصوص خشک در نسبت تخلخل e_{se} .

توجه! - شکل ۲ (روش A) تورم آزاد در فشار نشاننده برآبریک کینوپیا سگال (۲۰ پوند بر فوت مربع) را نشان می دهد.

$$\Delta h/h_0 \times 100 = (0.908 - 0.785) / (1 + 0.785) \times 100 = 6.9\%$$

درصد بالای آمدگی ۶/۹٪ را ممکن است بطور مستقیم از روی محور سمت راست شکل ۲ (روش A) برای $e_{se} = 0.908$ در نقطه ۴ قرائت نمود.

۲-۲-۱۳ درصد بالای آمدگی در فشار قائم، σ_c ، بالای فشار تورمی σ_{sp} ، نسبت به e_0 یا فشار قائم مناسب اولیه، σ_v ، بصورت زیر بدست می آید (شکل ۲، روش A)

$$\Delta h/h \times 100 = (e - c_0) / (1 + e_0) \times 100 = ((\gamma_d / \gamma_{d0}) - 1) \times 100$$

بطوری که:

c_0 = نسبت تخلخل در فشار قائم σ_v و وزن مخصوص خشک در نسبت تخلخل e .
توجه ۱۶- در حد بالا آمدگی مطابق شکل ۲ (روش A) برابر مقدار زیر است.

$$\Delta h/h \times 100 = (0.82 - 0.785) / (1 + 0.785) \times 100 = 2.5\%$$

$$\sigma_v = \sigma_v' = 10 \text{ kpa}, \quad c = e v_0 = 0.82$$

بطوری که:

فشار تورمی ۴۰ کیلو پاسکال (۸۳۵ پوندیبر فوت مربع) متناسب با $c_0 = 0.785$ داده شده است.

۱۳-۲-۴ اگر چگالی ویژه تعیین نشده باشد، بجای منحنی نسبت تخلخل e بر حسب لگاریتم فشار σ_v ممکن است منحنی وزن مخصوص خشک γ_d بر حسب لگاریتم فشار رسم گردد. تورم در اثر تغییر وزن مخصوص خشک در محدوده نتایج آزمایش ممکن است مشابه بند ۱۳-۲-۴ تعیین شود.

۱۳-۲-۴ روش B - در حد بالا آمدگی در فشار قائم σ_v که بعد از فشار نشاتنده اعمال شده است. (بند ۴-۱-۲ ملاحظه گردد) تعیین می شود. بصورت زیر محاسبه می شود:

$$\Delta h/h \times 100 = (e v_0 - c_0) / (1 + e_0) \times 100 = ((\gamma_d / \gamma_{d0}) - 1) \times 100$$

به طوری که:

$e v_0$ = نسبت تخلخل بعد از ثابت شدن تورم در فشار قائم وارد (σ_v) و

γ_d وزن مخصوص خشک در نسبت تخلخل $e v_0$.

توجه ۱۷- شکل ۲ (روش B) در حد بالا آمدگی را بشرح زیر بیان می نماید:

$$\Delta h/h \times 100 = (0.82 - 0.785) / (1 + 0.785) \times 100 = 3\%$$

بطوری که:

$\sigma_v = \sigma_v' = 10$ کیلو پاسکال (۲۰۰ پوندیبر فوت مربع) و σ_{sp} فشار

تورمی = ۳۵ کیلو پاسکال (۷۳۰ پوندیبر فوت مربع) برای $e_0 = 0.785$ می باشد.

اگر بعد از اضافه نمودن آب در فشار قائم وارد نمونه منقبض شود، محاسبات نشست مشابه می باشد.

۱۳-۲-۵ روش C - با استفاده از روش مناسب فشار تورمی σ_{sp} باید به سمت

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بألا اصلاح شود - (نقطه ۳، شکل ۲، روش C) دستخوردگی خاک و مراحل تنظیم فشارهای قائم، ممکن است با عشمقداری افزایش در حجم گردد که این امر موجب کاهش حداکثر فشار تورمی مشاهده شده می‌گردد.

توجه ۱۸ - جهت تعیین فشار بیش‌تحکیمی (σ_{vm}^*) روش‌های تصحیح مناسبی ارائه شده است. نحوه عمل برای خاک‌های که در منحنی فشردگی بکوشکسته می‌شوند و منحنی فشردگی مجدد آنها واضح نمی‌باشد، بقرار زیر است:

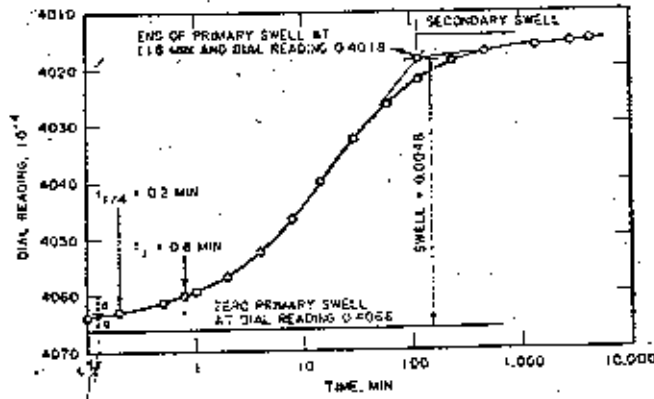
الف - محل حداکثر انحناء را مشخص نمائید. (نقطه ۵ شکل ۲ روش C)
ب - از این نقطه خطوطی افقی و مماس اخراج نموده و نیمساز زاویه بین این دو خط را رسم کنید.

ج - خط فشردگی بکر را به سمت عقب امتداد داده و محل تقاطع این خط با نیمساز را که معروف فشار بیش‌تحکیمی (σ_{vm}^*) می‌باشد، بدست آورید. بعنوان مثال این مقدار در شکل ۲ (روش C) برابر 780 Kpa می‌باشد. فشار تورمی برابر فشار بیش‌تحکیمی در نظر گرفته می‌شود. شیب منحنی باربرداری این نوع خاکها معمولاً خیلی کمتر از منحنی فشردگی می‌باشد. توجه ۱۹ - برای خاک‌های که در قسمت منحنی فشردگی مجدد شکسته می‌شوند (روش C در شکل ۲) ممکن است از روش اصلاح شده استفاده گردد. نحوه عمل بصورت زیر می‌باشد:

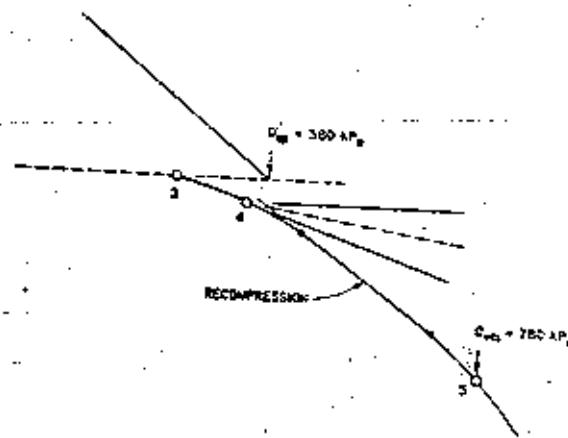
الف - محل حداکثر انحناء را مشخص نمائید. (نقطه ۴ شکل ۲ در روش C)
ب - از این نقطه خطوطی افقی و مماس اخراج نموده و نیمساز زاویه بین این دو خط را رسم نمائید.

ج - خط فشردگی مجدد را ادامه داده و محل تقاطع این خط با نیمساز را که معروف فشار تورمی تصحیح شده σ_{sp}^* می‌باشد، بدست آورید. برای مثال این مقدار در شکل ۲ (روش C) برابر 380 کیلو پاسکال می‌باشد. جزئیات این عمل در شکل (۳) نشان داده شده است.

در این حالت σ_{sp}^* کمتر از σ_{vm}^* می‌باشد. اگر خط فشردگی مجدد خوب تعریف نشده باشد، برای نسبت‌های تخلخل بزرگتر از e خطی موازی منحنی باربرداری رسم کرده تا خط نیمساز را قطع نماید. برای تعریف منحنی فشردگی مجدد ممکن است افزایش بارهای بعدی مورد نیاز باشد.



شکل ۱ - منحنی تورم - زمان



شکل ۳ - جزئیات ترسیم برآوردش C

۱۳-۲-۶ برای بدست آوردن درصد بالا آمدگی در فشار قائم نسبت به $SP_{0.5}$ و e_0 در محدوده نتایج آزمایش یک منحنی مناسب موازی با منحنی بار برداری (یا فشردگی مجدد) برای نسبت‌های تکامل بزرگتر از e_0 رسم نماید. این

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نقطه در شکل ۲ (روش C) با عدد ۳ نشان داده شده است.
توجه ۲۰- با استفاده از روش C، در صد بالای آمدگی برای $\sigma_v = 100 \text{ Kpa}$ (۲۰۰ پوند بر فوت مربع) برابر مقدار زیر است:

$$\Delta h/h \times 100 = (e_v - e_0) / (1 + e_0) \times 100 = (0.828 - 0.785) / (1 + 0.785) \times 100 = 2.4\%$$

۱۳-۲-۷ درصد نشست (در صد بالای آمدگی منفی) ممکن است با استفاده از نسبت تخطل ۵۴ بیش از فشار توری اصلاح شده ارزیابی شود و به شرح زیر است:

$$\Delta h/h \times 100 = (e_2 - e_0) / (1 + e_0) \times 100$$

توجه ۳۱- درصد نشست با استفاده از روش C نشان داده شده در شکل ۲، برابر

$$\Delta h/h \times 100 = (0.671 - 0.785) / (1 + 0.785) \times 100 = -6.4\%$$

که در آن:

$$e_2 = 0.671$$

$$\sigma_2 = 256 \text{ Kpa} (53,000 \text{ lbf/ft}^2)$$

۱۴- گزارش

۱۴-۱ گزارش باید شامل اطلاعات مورد نیاز بیان شده در روش آزمایش D۲۴۳۵ و همچنین موارد بیان شده در دلیل باشد:

۱۴-۱-۱ بیان انحراف از روشهای آزمایش شامل تغییر در ترکیب بارگذاری.

۱۴-۱-۲ درصد بالا آمدگی یا نشست برای فشار قائم وارده و فشار توری σ_{sp} یا فشار توری اصلاح شده σ_{sp} ، در صورت ارزیابی شاخص فشردگی (Cc) و شاخص تورم (Cs) باید گزارش شود. انحراف از روشهای بیان شده جهت محاسبه این پارامترها و روشهای تمحیص مورد استفاده برای تعیین درصد بالا آمدگی یا نشست و σ_{sp} باید شرح داده شود.

۱۴-۱-۳ نوع آب مورد استفاده جهت غرقاب نمودن نمونه.

۱۵- دقت و انحراف

۱۵-۱ دقت- برای تعیین میزان دقت روش آزمایش، اطلاعات موجود در حال ارزیابی شدن میباشند. به علاوه کمیته فرعی D 18/05 در مورد دریافت اطلاعات از استفاده کنندگان این روش آزمایش است.

۱۵-۲ انحراف- در حال حاضر مقادیر مرجع مورد قبولی برای این روش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

آزمایش وجود ندارد . بنابراین میزان انحراف نمی تواند تعیین شود .
۱۶- لغات راهنما
خاک آماسی، بالا آمدگی، آزمایش های آزمایشگاهی، نشست، فشار تورمی،
شاخص تورم .

ASTM : D۲۵۶۴ - ۹۳
تعیین دانسیته خاک در محلول با روش اسلیو

۱- هدف

۱-۱ این روش آزمایش دانسیته خاک در محلول با روش اسلیو تعیین می نماید.

۱-۲ تعیین دانسیته خاک در محلول با روش اسلیو برای خاکهای دانه ای، غیر چسبنده ای، که ممکن است سایر روش های تعیین دانسیته (مخروط عاقله، آزمایش چاله، و مانند آن) عملی نباشد، مورد استفاده قرار می گیرد. بعنوان نمونه، روش اسلیو، برای خاکهای شریک شامل شریک دانه با حداکثر ۵% مصالح ریز دانه و حداکثر اندازه ذرات ۳/۴ اینچ (۹ میلی متر) می باشد، بکار می رود.

توجه - برای آزمایش خاکهای غیر چسبنده سایر روش ها تعیین دانسیته است. در مقایسه با سایر روش ها این شیوه برای آزمایش کنترل ساخت در محل مناسب می باشد زیرا وسایل کوچکتر و سبکتری مورد استفاده قرار می گیرد و آزمایش در مساحت کمتری می تواند انجام شود.

۱-۲ برای تعیین مقدار قابل اطمینان دانسیته خاک در محل، در کاربرد این روش آزمایش، معادله کالیبراسیون مورد نیاز می باشد (پیوست A1 را نگاه کنید). معادله کالیبراسیون برای محاسبه دانسیته خاک در محل از جرم خاک خشک اندازه گیری شده در هر اینچ حفره آزمایشی با روش اسلیو، مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۳-۱ برای نوع خاک خاصی که مورد آزمایش قرار می گیرد، قبلاً "معادله کالیبراسیون تعیین می گردد، هنگامیکه دانه بندی یا زوایای ذره بزرگتر قابل ملاحظه ای تغییر کند. قبل از اینکه روش اسلیو مورد استفاده قرار گیرد، معادله کالیبراسیون بایستی تنظیم یا تعریف مجدد گردد.

۱-۳-۲ خاکهای معینی شامل تعریف کلی در ۱-۲ ممکن است موجود باشد که باعث عدم تطابق در ضایعات، اطلاعات، اسکان معادله کالیبراسیون مناسب نباشد. روش اسلیو برای این خاکها مورد استفاده قرار نمی گیرد.

۱-۳-۳ خاکهای معینی شامل تعریف در ۱-۲ ممکن است موجود باشد که معادله کالیبراسیون فقط برای محدوده معینی از دانسیته ها می تواند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قابل اجرا باشد. در آن محدوده دانسیته‌ها، روش‌اسلیو مقادیر قابل اطمینان دانسیته در محل را ارائه می‌دهد.

۴-۱ در حرفه مهندسی کاربرد هم‌زمان برای بیان هم‌واحد جرم (Lbm) و هم واحد نیرو (Lbf) عملی عادی می‌باشد. این عمل بطور ضمنی دو سیستم جداگانه واحدها، سیستم مطلق و سیستم وزنی را، با هم ترکیب می‌کند. از نظر عملی استفاده از ترکیب دو دستگاه جداگانه واحدهای اینچ-پوند در یک استاندارد نامطلوب است. این استاندارد با کاربرد سیستم وزنی واحدها و قتیکه با اینچ-پوند سروکار دارد نوشته شده است. در این سیستم پوند (Lbf) واحدی از نیرو (وزن) را نشان می‌دهد. در هر حال استفاده از ترازوها یا توزین‌گرها در ثبت پوندهای جرم (lbm) بی‌دانشیته بر حسب lbm/ft^3 را نبایستی بعنوان عدم مطابقت با این روش آزمایش تلقی نمود.

۵-۱ این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی‌کند. استفاده‌کننده از این استاندارد مسئولیت دارد تا اصول ایمنی و صحرا رعایت کند و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آنرا مشخص نماید.

۳- منابع مرجع

۱-۳ استانداردهای ASTM :

D۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ، سیال‌های در بر گیرنده

D۴۳۱۶ روش تعیین آزمایشگاهی درصد رطوبت خاک، شش‌سنگ، مخلوط‌های خاک-سنگدانه

D۴۲۵۳ روش‌های آزمایش حداکثر خاص دانسیته خاک با استفاده از سیز و بیره

D۴۲۵۴ روش‌های آزمایش برای حداقل خاص دانسیته خاکها و محاسبه دانسیته نسبی

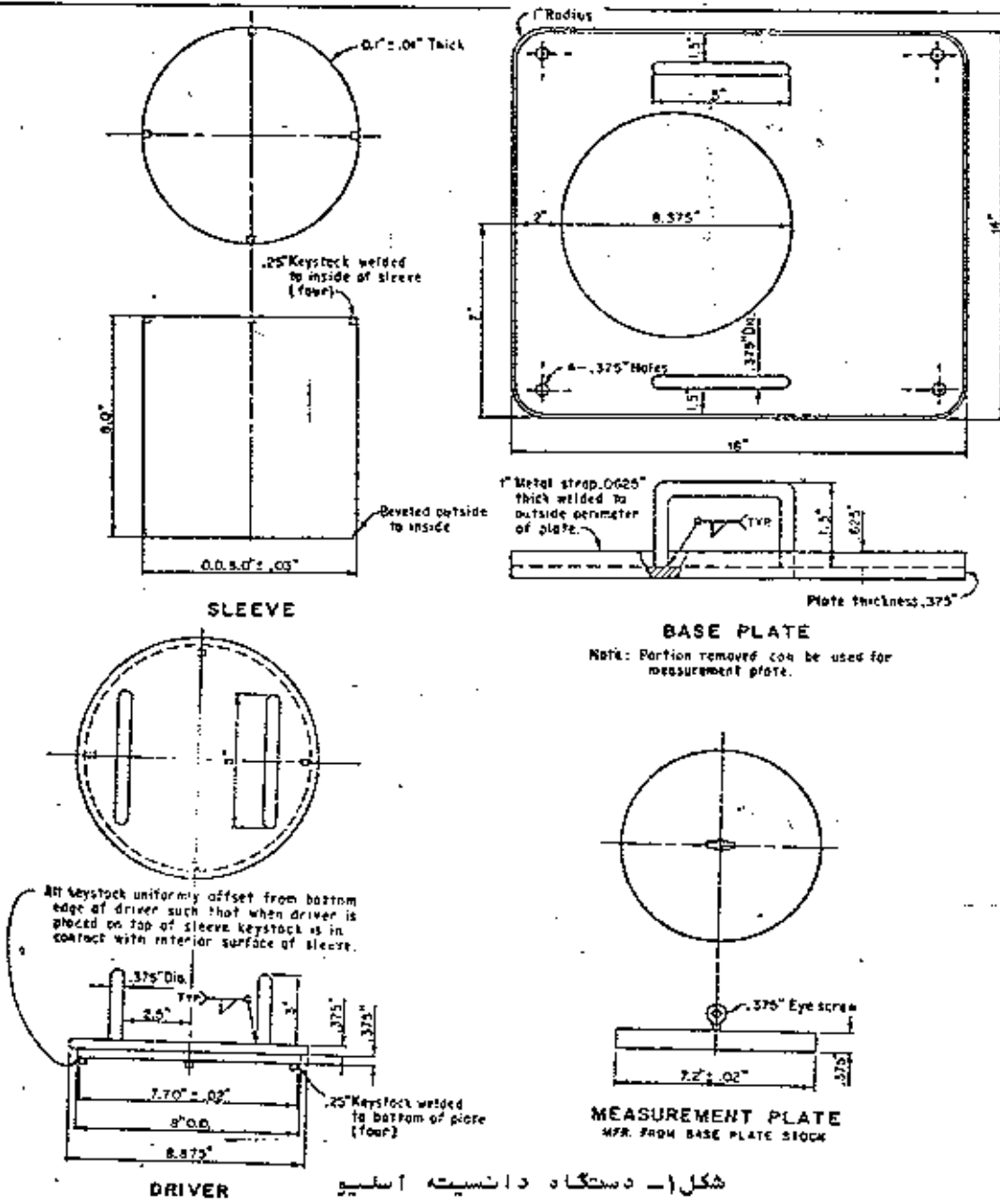
D۴۷۵۳ مشخصات برای ارزیابی، انتخاب، و تعیین ترازوها و توزین‌گرها برای استفاده در آزمایش خاک، سنگ، و مصالح ساختمانی

E11 مشخصات برای الک‌های توریسی برای مقاصد آزمایشگاهی

۳- اصطلاحات

۱-۳ تعاریف - با استثنای فهرست زیر، تمام تعاریف مطابق با اصطلاحات D۶۵۳ می‌باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



۳-۵ معادله کانیراسیون پیش تعیین شده ای برای دستگاه از این روش مورد نیاز می باشد . (پیوست A1 را ببینید) . فرض می شود بین دانسیته در محلول جرم خاک خشک در هر اینچ حفره آزمایش ، با روش آسپرو اندازه گیری شده ، رابطه ای خطی وجود دارد . این حالت برای بعضی از خاکها ممکن است واقعیت نداشته باشد یا امکان دارد فقط برای محدوده خاص از

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دانشیت، رابطه خطی وجود داشته باشد.

۶- دستگاه

۶-۱ دستگاه اسلیو - دستگاه اسلیو بایستی شامل صفحه پایه اسلیو، صفحه اندازه گیری و پیشرو باشد. دستگاه بایستی با نیازهای نشان داده شده در شکل ۱ مطابقت نماید.

۶-۲ ترازوها - برای تعیین درصد رطوبت ترازوها یا توزین گیری لازم می باشد که حداقل ظرفیتی در حدود ۱۰۰۰ گرم و بر آورده نمودن الزام های مشخصات ۲۴۷۵۳. با دقت ۰/۱ گرم را آرا باشد. برای تعیین دانشیت در محلولو تعیین معادله کالیبراسیون، ترازوها یا توزین گره های مورد استفاده باید با الزام ها و اصول مشخصات ۲۴۷۵۳ مطابقت داشته باشد.

۶-۳ لوازم خشک کن - یکاون مطابق با روش ۲۲۱۶ برای خشک کردن نمونه ها، ظروف و سینی های مناسب.

۶-۴ لوازم منقرقه - بیل، برای آماده نمودن سطح آزمایش، میخ ها و چکش برای محکم نگاه داشتن صفحه پایه اسلیو، بیلچه ها و قاشق ها برای کندن حفره آزمایش، دلوها با سرپوش ها یا ظروف مناسب دیگر برای نگاهداری نمونه دانشیت بدون از دست دادن رطوبت، تری اسکوار (Trisquare) و ماشین نیز اسکوار (Machinist's square) برای اندازه گیری عمق حفره دانشیت ورثیه یا گولیس ریزسنج داخلی برای اندازه گیری قطر اسلیو

۷- بررسی های فنی

۷-۱ سازگاری در دانه بندی و زوایای ذرات خاک مورد آزمایش نسبت به آزمایش بحرانی می باشد. امکان دارد تعیین مجدد معادله کالیبراسیون مورد نیاز باشد. اگر رده بندی مصالح یا زوایای ذرات یا هر دو تغییر کنند. شخصی که آزمایش را انجام می دهد بایستی از خصوصیات خاک مورد استفاده در تعیین معادله کالیبراسیون آگاه باشد و درباره عدم تفاوت یا تفاوت عمده خاک مورد آزمایش ارزیابی نماید.

۷-۲ آزمایش تاثیر پذیر از آزمایش کننده می باشد. اگر قرار است به نتایج دقیقی رسید، پیروی از شیوه هایی که در این روش آزمایش اعلام می گردد ضروری است. بویژه از قواعد فنی زیر باید پیروی شود.

۷-۲-۱ اسلیو را در خاک فقط در جهت عقربه های ساعت بچرخانید.

۷-۲-۲ بیش روی اسلیو داخل خاک بایستی از ترسیب نمود (یکدوم طول

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اسلیو، سه چهارم طول اسلیو، غیره) تعیین شده در طرز عمل کالیبراسیون پیروی شود.

۷-۲-۳ نفوذ اسلیو به داخل خاک بایستی نسبت به صفحه پایه، با حداقل اختلاف ممکن، عمودی باشد.

۷-۲-۴ از زیر لبه پیشروی اسلیو هرگز نباید بایستی خاک حفر گردد.

توجه ۲- نظر باینکه این آزمایش نسبت به تکنیکهای عمل حاس می باشد تجربه آزمایش کننده، در انجام آزمایشهای دانشیته در محل، ارزشمند است. سنجشهای احتیاطی بایستی، قبل از کاربرد روش آزمایش بعنوان مآخذی قابل قبول برای کنترل ساخت، انجام شود.

۷-۳ نتایج آزمایش مستقیم نمی باشد. معادله کالیبراسیونی نسبت به جرم خاک خشک در هر اینچ حفره آزمایش بایستی اعمال شود تا به دانسیته خشک در محل رسید.

۷-۴ اسلیوها از جهت فرسودگی (بند ۸-۳-۳ را ببینید) باید بطور دوره ای کنترل شود. چنانچه لبه برش کند یا خراب شود، اگر زاویه و طول سطح اریب باقی باشد، ممکن است مجدداً جفت شود.

۸- کالیبراسیون

۸-۱ مطابق پیوست A1 معادله کالیبراسیون را تعیین نمایید.

۸-۲ کالیبراسیون اسلیو

۸-۲-۱ با استفاده از کولیس ورنیه یا کولیس ریزنج داخلی، درست بالای لبه سطح اریب دار در سه محل بفاصله مساوی دور تا دور محیسط دایره اسلیو، قطر داخلی اسلیو را تعیین نمایید. اگر هر دو اندازه گیری نزدیک به ۱/۰ اینچ (۲/۵ میلی متر) اختلاف داشته باشد، اسلیو خارج از دور است و بایستی مورد استفاده قرار گیرد. این رویه را بعد از هر ۱۰۰ آزمایش تکرار کنید.

۸-۲-۲ اگر در تعیین معادله کالیبراسیون یا اندازه گیری دانسیته در محل بیش از یک اسلیو مورد استفاده قرار گیرد، برای اسلیوها مسا اندازه های قطر بایستی بیش از ۰/۵ اینچ (۱/۳ میلی متر) اختلاف داشته باشد. هر مقدار سطح اریب روی اسلیوها شیکه قرار است بطور تعویضی مورد استفاده قرار گیرد غالباً "بایستی کنترل وجود داشته باشد".

۸-۲-۳ اگر از محل بوسیدگی، اندازه گیری قطر ۰/۵ اینچ (۱/۳ میلی متر)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

از اندازه‌های اختلاف نشان بدهد، اسلیوها را با تنباینی مورد استفاده قرار داد یا بایستی معادله کالیبراسیون جدیدی تعیین شود. اسلیوهای جدید بایستی دارای اختلاف اندازه‌های قطر در حدود ۰/۵٪ اینچ یا اسلیوهای مورد استفاده در تعیین معادله کالیبراسیون باشند. ۲-۴ هر اسلیو باید بطور همیشگی با نوعی علامت‌گذاری مشخص باشد.

۹- طرز عمل

۹-۱ ناحیه کار صاف و همواری را (توجه ۳) آماده‌نمائید. صفحه پایه را روی سطح در نظر گرفته شده قرار دهید، اطمینان حاصل نمائید در زیر آن منافذ هوا نباشد، و به محل میخکوب کنید.

توجه ۳- ممکن است لازم باشد تا ناحیه کار در عمقی با اندازه کافی پایین تر از سطح خاک باشد تا از امکان دست‌خوردگی خاک توسط ترافیک سطحی جلوگیری گردد.

۹-۱-۱ در مرحله آزمایش دقت شود تا روی سطح خاک نزدیک به صفحه پایه فشاری، که احتمالاً بتواند شرایط در جا خاک را بهم بزند، اعمال نگردد. به منظور جلوگیری از دست‌خوردگی خاک در اثر فشار یا لرزش، بایستی عملیات ساختمانی یا سایر عملیات در مجاورت آزمایش متوقف شود.

۹-۲-۱ نبه مورب اسلیو را روی سطح خاک داخل حفره توی صفحه پایه قرار دهید. پیشرو را روی اسلیو قرار دهید. اسلیو را به آهستگی در جهت عقبه‌های ساعت بچرخانید در حالیکه آنرا عین ترتیب تعیین شده در مرحله کالیبراسیون (پیوسته AI) بداخل خاک فشار دهید. نفوذ اسلیو بداخل خاک نسبت به صفحه پایه باید، با حداقل اختلاف ممکن، عمودی باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

SLEEVE DENSITY RECORD

Test No. _____	Feature _____	Sleeve Density Record	Tested by _____
Location _____	Offset _____	Elev. _____	Zone _____
Soil Identification _____	Date of Test _____		
Sieve No. #20	Sieve Insertion Sequence 1/2, 3/4, full depth		

Field Measurements:

(1) Depth measurements _____	(a) 7.57	7.68	in.
(2) Average depth $(a + b)/2$ _____	(b) 7.53	7.42	in.
(3) Wet mass soil + can _____	7.55	7.55	in.
(4) Mass can No. 2 _____		24.06	lb
(5) Wet mass soil (3)-(4) _____		2.16	lb
(6) Mass of wet soil per inch of hole depth $(5)/(2)$ _____		21.90	lb
(7) Mass of dry soil per inch of hole depth (M) _____		2.90	lb/in.
$= (5) \left(1 + \frac{13}{100} \right)$ _____		2.85	lb/in.

Moisture Determination:

(8) Wet mass soil + pan _____	12.61	12.61	lb
(9) Dry mass soil + pan _____		12.42	lb
(10) Mass pan No. 3 _____		2.16	lb
(11) Mass of water $(8)-(9)$ _____		0.19	lb
(12) Mass dry soil $(9)-(10)$ _____		10.24	lb
(13) Moisture content: $[(11)/(12)] \times 100$ _____		1.9	%

In-Place Density Determination:

(14) Calibration equation: $In\text{-place dry density} = (47.769) M - 38.8$

(15) In-place dry density [insert (7) into calibration equation] $(47.769)(2.85) - 38.8 = 97.3 \text{ lb/ft}^3$

شکل ۲ نمونه‌ای از اطلاعات آزمایش

۳-۹ پیشرو را بردارید و مصالح را از داخل اسلیو بیرون بیاورید، مواظب باشید خاک زیر لبه پیشرو اسلیو دستخوردن نشود. خاک استخراج شده را در ظرفی عایق از رطوبت قرار دهید، ظرف را تا حد امکان بسته نگاه دارید. علامت قرار گرفته در داخل اسلیو، تقریباً "یکدایم" (۲۵ میلی‌متر) بالای لبه پیشرو، می‌تواند نشانه خیلی مفیدی باشد. چرخش و پیشروی اسلیو و استخراج مصالح در ترتیب تعیین شده در مرحله کالیبراسیون را ادامه دهید تا پیشروی هموار روی صفحه پایه قرار گیرد. هرگز مصالح زیر لبه پیشرو اسلیو را استخراج نکنید.

۴-۹ همچنانکه به عمق کامل استخراج خاک نزدیک می‌شوید، در حالیکه خاک استخراج می‌گردد، حفره را تا حد امکان پهن کنید.

۵-۹ ظرف را با خاک حفاری شده درزبندی کنید تا در صد رطوبت محاسب حفظ گردد.

۶-۹ صفحه اندازه‌گیری را روی خاک در ته حفره قرار دهید و به آرامی بچرخانید تا صفحه جای گیرد. صفحه اندازه‌گیری را بلند کنید و ته حفره را، جهت نامنظری‌های سطح، بازرسی نمایید. بعد از بازرسی صاف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کردن سطح، در صورت لزوم، سطح را به آرامی بار دیگر قرار دهید .
عمق حفره را از بالای سطح اندازه گیری تا بالای سطح پایه با استفاده از
تری اسکوار (Trisquare) یا ماشینی نیز اسکوار (Machinist's square)
اندازه گیری و یادداشت نمایید . اندازه گیری را چهار مرتبه ، یکمرتبه
در هر پایه کنید (KeysToch) روی اسلیو ، انجام دهید . بطور کلی دو
اندازه گیری بلافاصله ۱۱۰ مورد لزوم است تا میزان عمق گمانه تعیین
شود . در هر حال چون اندازه گیری عمق بحرانی می باشد . در اندازه گیری
دیگر کنترل سودمندی می باشد .

۷-۹ میانگین عمق حفره را با استفاده از اندازه گیری در دو پایه کلید
مقابل محاسبه نمایید . میانگین عمق اندازه گیری شده در دو پایه را در
دیگر را محاسبه نمایید . اگر مقادیر دو عمق میانگین حدود ۰/۵
(۱/۳ میلی متر) یکدیگر نباشند ، اعماق را دو مرتبه اندازه بگیرید .
برای محاسبات ، اولین دو اندازه گیری ها را مورد استفاده قرار دهید .
قرار دادن نشانه های تشخیص در هر پایه کنید می تواند مفید باشد .
۸-۹ جرم خاک برداشته شده از حفره آزمایش را تعیین و یادداشت نمایید .
۹-۹ درصد رطوبت مصالح برداشته شده از حفره را مطابق با روش D ۲۳۱۶
تعیین نمایید .

توجه ۴ - اگر درصد رطوبت در مصالح مورد آزمایش تغییرات آشکاری
داشت (بعنوان مثال ، آب آزاد ته حفاری داخل اسلیو ایستاده) درصد
رطوبت نمونه نمی تواند معرفی باشد . در این حالت کل نمونه بایستی
در اون خشک شود تا به جرم خشک مصالح دست یافت .

۱-۹ جرم خشک مصالح برداشته شده از حفره را محاسبه نمایید .
۱۱-۹ جرم خشک در هر اینچ حفره آزمایش را محاسبه نمایید .
۱۲-۹ با کاربرد معادله کالیبراسیون ، دانسیته خشک در محل را محاسبه
نمایند .

۱- محاسبات

۱-۱۰ اندازه گیری عمق را تا دقت ۰/۱ - اینچ (۳ میلی متر) یا دقت
۱/۴ اینچ برگردان شده به ۰/۱ . اینچ انجام دهید . میانگین عمق را به شرح
زیر محاسبه نمایید :

$$D_a = (a+b)/2$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

که در آن:

Da = میانگین عمق حفره، اینچ (میلی‌متر)

a = اندازه گیری عمق اولیه، اینچ (میلی‌متر) و

b = اندازه گیری در پایه کشید مغایل، اینچ (میلی‌متر)

۲-۱) درصد رطوبت و جرم خشک مصالح برداشته شده از حفره آزمایش را به شرح زیر محاسبه نمایید.

$$Wf = [(M1 - M2) / M2] \times 100$$

$$M2 = M3 / (1 + Wf / 100)$$

که در آن:

Wf = میزان رطوبت مصالح از حفره آزمایش، %

$M1$ = جرم تر نمونه مرطوب، g یا lb

$M2$ = جرم خشک نمونه مرطوب، g یا lb

$M3$ = جرم تر مصالح از حفره آزمایش، g یا lb و

$M4$ = جرم خشک مصالح از حفره آزمایش، g یا lb

۳-۱۰) جرم خشک خاک در هر اینچ حفره آزمایش را بشرح زیر محاسبه نمایید:

$$M = M4 / Da$$

که در آن:

M = جرم خاک خشک در هر اینچ از حفره آزمایش، (g/mm) lb/in

$M4$ = جرم خشک مصالح از حفره آزمایش، (g) lb و

Da = میانگین عمق حفره، (mm) in

۳-۱۰) دانسیته خشک در محل را با کاربرد معادله کالیبراسیون مطابق پیوست A1 بشرح زیر محاسبه نمایید:

$$S.M = (S.M) + y$$

که در آن:

S = شیب خط گذر از رسم اطلاعات کالیبراسیون

M = جرم خاک خشک در هر اینچ از حفره آزمایش، (g/mm) lb/in و

y = میانه خط گذر از رسم اطلاعات کالیبراسیون

توجه- با استفاده از اطلاعات ارائه شده در شکل ۲، بعنوان مثال به

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شرح زیر دانسیته خشک در محل محاسبه می‌گردد:

$$= 97/3 \text{ lb/ft}^3 = (27/269)(2/85) + (-38/8) = \text{دانسیته خشک در محل}$$

۱۱- گزارش

اطلاعات ممکن است روی فرمی شبیه شکل ۲ گزارش گردد. گزارش بایست شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۱-۱ شماره آزمایش و محل

۲-۱-۱ مشخصات آلیو

۳-۱-۱ جرم خاک خشکدر هر اینچ از حفره آزمایش.

۴-۱-۱ درصد رطوبت.

۵-۱-۱ معادله کالیبراسیون.

۶-۱-۱ دانسیته خشکدر محل.

۷-۱-۱ مشخصات خاک.

۱۲- دقت و خطای ماندگار

۱۲-۱ برای مقدار دانسیته خاکدر محل، هیچ روشی وجود ندارد کسبه بتواند مقادیر مطلق دانسیته خاک را پیش‌بینی کند که در مقابل این روش قابل مقایسه باشد. تغییرپذیری خاک و طبیعت مخرب این آزمایش پیش‌بینی نمی‌کند که تکرار مجدد آزمایش، در بدست آوردن ارزشیابی آماری معنی داری از خطای ماندگار را، نتیجه بدهد. اطلاعات مسسورد ارزیابی قرار می‌گیرد تا دقت روش آزمایش تعیین شود.

۱۳- لغات راهنما

۱۳-۱ کنترل تراکم، انجام آزمایش دانسیته، دانسیته صحرائی، آزمایش صحرائی، دانسیته در محل، کنترل کیفی، دانسیته نسبی، تراکم خاک، آزمایش خاک

پیوست

(اطلاعات اجباری)

A۱ تعیین معادله کالیبراسیون برای دانسیته خاکها در محل باروش آلیو

A۱-۱ هدف

A۱-۱-۱ این روش آزمایش شوه بدست آوردن معادله کالیبراسیون، مسورد استفاده در تعیین دانسیته خاکدر محل با روش آلیو را، تشریح

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

می‌شاید.

۱-۲-۱ امکان دارد خاکهای معینی موجود باشد که با توصیف‌کنی در بند ۲-۱ مطابقت نماید که معادله کالیبراسیون برای آن قابل اجرا نباشد یا فقط برای محدوده معینی از دانسیته‌ها قابل اجرا باشد.

۱-۲-۳ معادله کالیبراسیون برای خاک‌های مخصوص را، قبل از استفاده از روش اسلیو برای تعیین دانسیته آن خاک در محل، بایستی تعیین نمود. همچنین معادله کالیبراسیون و قشیکه تفسیر مهمی در دانسیته‌ها یا زوایای ذرات خاک وجود دارد، بایستی در مرتبه تعیین شود.

۱-۲-۲ اهمیت و کاربرد

۱-۲-۱-۱ معادله کالیبراسیون در محاسبه دانسیته خاک در محل از جرم خاک خشک اندازه‌گیری شده در هر اینچ عمق از حفره آزمایش، بسا روش اسلیو، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۱-۲-۱-۲ دانسیته خاک در محل که با استفاده از معادله کالیبراسیون محاسبه می‌شود، مشخص شده است، در کنترل ساخت خاکهای مطابق یافته‌ها یا الزام‌های توصیف شده در بند ۱-۲، مقدار قابل اطمینانی می‌باشد.

۱-۲-۱-۳ فرض می‌شود بین دانسیته در محل و جرم خاک خشک در هر اینچ عمق حفره، اندازه‌گیری شده با استفاده از روش اسلیو، رابطه خطی وجود دارد. این ممکن است برای بعضی از خاکها واقعیت نداشته باشد، یا امکان دارد رابطه خطی فقط برای محدوده ویژه‌ای از دانسیته‌ها وجود داشته باشد. بعد از تعیین معادله کالیبراسیون، نتایج بایستی نسبت به قابلیت‌های اجرایی آن تجزیه و تحلیل و ارزیابی شوند.

۱-۲-۳ دستگاه

۱-۲-۱-۱ صفحه پایه اسلیو، اسلیو، صفحه اندازه‌گیری و پیچرو، شکل ۱ را ببینید.

۱-۲-۱-۲ ترو اسکوار یا ماشینی نیز اسکوار، ترو اسکوار (۱۲ اینچ) تا ۱/۶۴ اینچ (۰/۴ میلی‌متر) یا ماشینی نیز اسکوار تا ۱/۱۰۰ اینچ (۰/۳ اینچ)

۱-۲-۱-۳ ظرف کالیبراسیون، ظرف محکم و بزرگ، تقریباً "فوت (۰/۳ متر) بلندتر یا حجمی از ۱۲ تا ۱۴ فوت مکعب (۰/۳ تا ۰/۴ متر مکعب)

۱-۲-۱-۴ ارتعاش دهنده بتن

۱-۲-۱-۵ نوار مناسب

۱-۲-۱-۶ خاک‌اندازها، دلوها یا سرپوش‌ها و بیل‌نوک مربعی

۴-۱ شرایط آزمایش

۴-۱-۱ آسلیو در موقع فشار بداخل خاک بایستی عمود بر صفحه پایه باشد. دقت کنید، آسلیو را در هنگام انجام آزمایش بطور پیوسته در جهت عقربه‌های ساعت بچرخانید.

۴-۲ نمونه خاک مورد استفاده در تعیین معادله کالیبراسیون بایستی معرف خاکری باشد که با کاربرد روش آسلیو مورد آزمایش قرار خواهد گرفت. اگر خاک در حدود تغییرات قابل توجهی قرار گیرد، معادله کالیبراسیون بایستی روی نمونه‌های خاک معرف درشت‌ترین، متوسط و ریزترین دانه‌بندی تعیین شود.

۴-۳ ظرف کالیبراسیون بایستی دیوارها و کف صاف داشته باشد و به اندازه کافی سخت باشد بطوریکه در اثنای انجام آزمایش کالیبراسیون شکل و حجم آن تغییر نکند. سطحی بمساحت ۱۲ تا ۱۴ فوت مربع (۱ تا ۱/۳ متر مربع) کافی خواهد بود. اندازه بزرگتر ممکن است در نگهداری یکنواخت دانسیته، در تمامی ظرف، مشکل ایجاد نماید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

SLEEVE-SOIL CALIBRATION RECORD

Project _____ 3. Feature _____ Date _____
 Soil Identification _____ % Gravel _____ Sand _____ Fines _____
 Sleeve Identification #2c Tested by _____ Checked by _____

Control (In-Place) Dry Density Determination:

1. Desired control dry density	91.8	lb/ft ³
2. Volume of calibration container	12.66	ft ³
3. Dry mass of soil required: density (1) × volume (2)	1162.2	lb
4. Wet mass of soil required: dry mass (3) × (1 + w/100)	1165.7	lb
5. Wet mass of soil not used	—	lb
6. Wet mass of soil used (4) - (5)	1165.7	lb
7. Dry mass of soil used: wet mass (6) / (1 + w/100)	1162.2	lb
8. Control dry density: dry mass (7) / volume (2)	91.8	lb/ft ³

Test Series: Five trials required per control density

		1	2	3	4	5
9. Depth measurements	(a)	7.06	6.90	5.98	6.88	6.63, in.
	(b)	7.10	6.98	7.28	6.74	6.77, in.
10. Average depth [(9a) + (9b)]/2		7.08	6.94	7.13	6.81	6.70, in.
11. Mass wet soil + can		21.16	21.28	22.38	21.00	20.63, lb
12. Mass of can No. 2		2.55	2.55	2.55	2.55	2.55, lb
13. Mass of wet soil (11) - (12)		18.61	18.73	19.81	18.45	18.08, lb
14. Mass of dry soil (13) / (1 + w/100)		18.55	18.57	19.75	18.39	18.03, lb
15. Mass of dry soil per inch of hole depth (14) / (10)		2.62	2.69	2.77	2.70	2.69, lb/in.

Moisture content (w) = 0.3 %

شکل A1-1 - گزارش کالیبراسیون خاک، دانسیته اولیه

A1-5 نمونه گیری، نمونه های آزمایش و واحدهای آزمایش
 A1-5-1 نمونه ای معرف از خاک، در حدود ۲۵٪ بیش از جرم مورد نیاز، در
 بند A1-5-2 را بدست آورید.
 A1-5-2 حداکثر دانسیته خاص، با روش های آزمایش D4253 بدست آمده،
 را در حجم ظرف ضرب کنید تا به مقدار خاک مورد لزوم، در انجام این
 روش برسید.
 A1-5-3 نمونه معرف را بطوری کامل مخلوط کنید.

- A1-9 محاسبات
- A1-9-1 محاسبات مورد لزوم برای این روش در بیندهای ۱-۱۰ تا ۳-۱۰ داده شده است.
- A1-10 گزارش
- A1-10-1 اطلاعات زیر را گزارش نمایید:
- A1-10-1-1 تشریح کتبی و عکس ظرف کالیبراسیون
- A1-10-1-2 دانه بندی مصالح
- A1-10-1-3 تشریح کتبی از زوایای خاک با عکسها
- A1-10-1-4 فرم های تکمیل شده، مانند اشکال A1-1 و A1-2
- A1-10-1-5 نسخه های ورقه های اطلاعات از اجرای روش های آزمایش D۲۲۵۲ و D۲۲۵۳
- A1-10-1-6 نمودار تصویری از معادله کالیبراسیون، مانند شکل A1-3

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نوار، خاک را با لبه بالایی ظرف هم سطح نمائید. مصالح اضافی را جمع آوری و جرم آنها را تعیین کنید و جرم خاک اضافی را از جرم کل کم کنید. درصد رطوبت نمونه ها را بدست آورید و درصد رطوبت را مطابق باروش D2216 تعیین نمائید. دانسیته خشک خاک در ظرف کالیبراسیون را تعیین کنید (دانسیته خشک در جا).

A1-A-4 سطحی، در ظرف کالیبراسیون جهت شروع آزمایش انتخاب کنید. برای هر دانسیته ظرفی آزمایش مورد نیاز می باشد. در تمامی مرحله آزمایش دقت کنید هیچ فشاری در نزد یکی سطح صفحه پایه اعمال نشود، زیرا امکان دارد باعث دست خوردگی شرایط خاک در جا گردد.

A1-A-5 برای هر پنج محل آزمایش بندهای ۱-۹ تا ۷-۹ را دنبال کنید، به استثنای موردیکه خاک می بایستی قبل از برداشتن اسپیو در هر یک از حفره های دانسیته دو مرتبه جای داده شود. در اثنای این مرحله هر گونه احتیاطی بعمل آورید تا از دست خوردگی خاک در ظرف جلوگیری شود.

A1-A-6 - بندهای A1-A-2 تا A1-A-5، مجموعه ای ده تایی، یک مرتبه در هر دانسیته برقرار شده در طرح ریزی بند A1-A-2، انجام دهید.

A1-A-7 جرم در هر اینچ برای تعیین هر اسپیو، برای هر دانسیته ظرف (شکل A1-1 ببینید) را محاسبه نمائید و برای تمام دانسیته های ظرف خلاصه نمائید. (شکل A1-2 را ببینید)

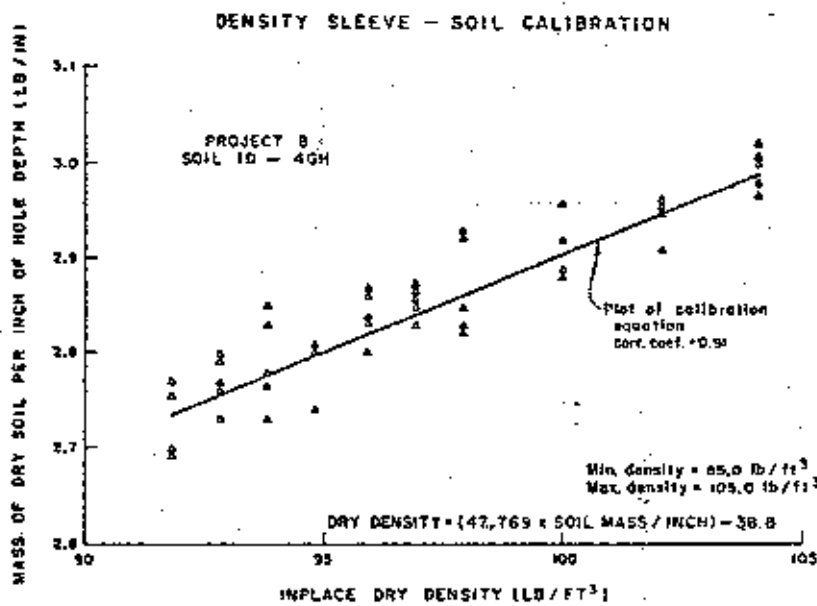
A1-A-8 - تجرب و تحلیل رگرسیون خطی روی اطلاعات انجام دهید تا معادله کالیبراسیون تعیین شود (شکل A1-2 را ببینید) که بتواند همان طوریکه در شکل A1-3 نشان داده شده است رسم گردد. با خاک ویژه آزمایش شده قابلیت اجرایی معادله کالیبراسیون را ارزیابی نمائید.

A1-A-8-1 نقاط اطلاعات را جهت تطابق امتحان کنید. محاسبه ضریبیسی ارتباطی برای تطبیق معادله کالیبراسیون با نقاط اطلاعات می تواند مفید واقع شود. با توجه به کاربرد تعیین دانسیته در محل، ضریب ارتباط بطور عادی نباید کمتر از ۰/۹ باشد.

A1-A-8-2 برای بعضی از خاکها، امکان دارد اطلاعات پراکندهگی غیر قابل قبول در دانسیته های پایین نشان دهد. بمنظور تعیین معادله کالیبراسیون معتبر، در صورت لزوم می توان این نقاط را حذف کرد. بنابراین معادله کالیبراسیون فقط بالاتر از مقدار دانسیته معینی قابل اجرا می باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۸-۱) در دانسیته پایین شروع کنید و دانسیته را برای هر آزمایش بعدی افزایش دهید تا حالی و پور شدن، بیش از حد لزوم، ظرف حداقل برسد. در صورت لزوم می‌توان، خاک را در هوا خشک کرد تا دانسیته‌های پایین‌تر بدست‌آورد. ممکن است اضافه کردن خاک بداخل ظرف کالیبراسیون را دو مرتبه بدون برداشتن خاکستگار نمود تا دانسیته خاک افزایش یابد. بعد از دومین افزایش خاک و آزمایش بعدی، قبل از تراکم مجدد، بایستی خاک را از ظرف برداشته یا بطور کامل مخلوط شود. این عمل تغییرات دانسیته داخل ظرف را به حداقل می‌رساند. با کاربرد ارتفاع دهنده بین جای گرفته در موقعیت‌های یکسان، دانسیته را افزایش دهید. در صورت لزوم می‌توان به اطراف ظرف آهسته بطور یکنواخت ضربه زد تا در بدست آوردن دانسیته مطلوب کمک‌شود. اگر در رسیدن دانسیته مطلوب آب اضافی لازم باشد بایستی، قبل از شروع آزمایش‌های بعدی، وقت کافی برای زهکشی منظور گردد. باید دقت شود تا در تمامی ظرف‌های کالیبراسیون دانسیته یکنواختی برقرار گردد.



شکل ۳-۱) نمودار معادله کالیبراسیون

۸-۸-۲) دانسیته مطلوب را در حجم ظرف کالیبراسیون ضرب کنید تا به مقدار خاک مورد لزوم رسید.

۸-۸-۳) خاک را بطور یکنواخت در ظرف قرار دهید. با استفاده از یک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

SUMMARY OF SLEEVE-SOIL CALIBRATION TEST RESULTS

Soil Identification	Sleeve Identification					#2c
Calibration container	Mass of dry soil per inch of hole depth (lb/in.)					
Control density (lb/ft ³)	1	2	3	4	5	
91.8	2.62	2.69	2.77	2.70		2.69
92.9	2.73	2.76	2.77	2.83		2.79
93.8	2.95	2.78	2.83	2.70		2.73
94.8	2.81	2.81	2.74	2.80		2.80
95.9	2.86	2.87	2.80	2.83		2.84
96.9	2.83	2.87	2.85	2.83		2.86
97.9	2.82	2.85	2.93	2.82		2.83
100.0	2.89	2.88	2.96	2.92		2.89
102.1	2.97	2.88	2.95	2.95		2.91
102.1	2.91	2.96	2.96	2.97		2.95
104.1	2.92	2.97	3.01	3.01		3.01

شکل A1-2 - الگوی خلاصه ای برای کانپیراسیون دانسیته اسلیو
 A1-7-3 در مواردیکه اختلاف از حداقل به حداکثر شاخص دانسیته کم
 است، ممکن است احتیاج به طرح دوسری 5 تاگی آزمایش با تکرار تعدادی
 از دانسیته ها باشد.

A1-7-3 مراحل آزمایشی (A1-8-2 تا A1-8-5) در دانسیته خشک در جای
 بیلا انجام دهید (دانسیته نسبی ۹۵% یا بالاتر) جریان آزمایشش،
 استفاده کننده را با انجام آزمایش آشنا میکنند و یکسری اعماق مورد
 استفاده برای پیشروی اسلیو بداخل مصالح را برقرار مینمایند. الگوی
 از پیشروی اسلیو برای هر کانپیراسیون خاک مورد نیاز است. مطمئن
 گردید که اختلال ناشی از دخول اسلیو ثابت است و بنابراین در معادله
 کانپیراسیون بطور صحیح محسوب شود.

A1-8 روش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸۱-۶ شروط کردن

۸۱-۶-۱ کالیبراسیون را بداخل آزمایشگاه یا محوطه حفاظت شده ای، بدحت شرایطی که یکنواختی در آمد رطوبت را حفظ می کند، انتقال دهید.
۸۱-۶-۲ نمونه خاک را نه در صد رطوبت یکنواختی بیش شرط نمایشید. در اشای انجام این روش ممکن است لازم باشد تا رطوبت خاک را از در هوا خشک شده تا سرطوبت، بتغییر داد تا دانسیته های معین بدست آورد.

۸۱-۷ آماده سازی برای آزمایش

۸۱-۷-۱ ظرف کالیبراسیون را روی کف صافی قرار دهید، اطمینان حاصل نمایشید ظرف متواز است. قطر یا عرض و طول ظرف را در چهار محل مختلف (فواصل مساوی) اندازه گیری و یادداشت نمایشید، اندازه متوسط را بدست آورید. ارتفاع ظرف را در چهار محل مختلف، فواصل مساوی، اندازه گیری و یادداشت نمایشید و میانگین ارتفاع را محاسبه نمایشید. این اندازه گیری ها را برای محاسبه حجم ظرف کالیبراسیون مورد استفاده قرار دهید.

۸۱-۷-۲ از اطلاعات بدست آمده از حداقل و حداکثر شاخص دانسیته مطابق با روش های آزمایش D۴۲۵۳ و D۴۲۵۴ دانسیته های در محل را طرح ریزی نمایشید تا برای کالیبراسیون مورد استفاده قرار گیرد. ده دانسیته ظرف مختلف مورد نیاز میباشد و بایستی از حدود حداقل شاخص دانسیته تا حداکثر شاخص دانسیته قرار گیرد.



روش آزمون استاندارد

تعیین درصد آب (رطوبت) خاک با گرمایش گرمخانه میکروویو^۱

ASTM D4643-00

۱ هدف

۱-۱ این روش آزمون، فرآیند تعیین درصد آب (رطوبت) خاک‌ها، با استفاده از خشک‌کردن تدریجی در گرمخانه میکروویو را به اختصار بیان می‌کند.

۲-۱ هنگامی که به‌دست‌آوردن سریع‌تر نتایج درصد رطوبت، برای سرعت بخشیدن به دیگر مراحل آزمون خاک، مورد نظر باشد و نتایج با دقت نسبتاً کمتری نیز پذیرفتنی باشد، می‌توان این روش آزمون را به‌جای روش آزمون استاندارد D2216 به‌کار برد.

۳-۱ هنگامی که میان این روش آزمون و روش آزمون D2216 ابهاماتی در مورد دقت به وجود آید، روش آزمون D2216 روش مرجع خواهد بود.

۴-۱ این روش آزمون برای بیشتر انواع خاک انجام‌پذیر است. برای برخی خاک‌ها مانند خاک‌هایی که دارای میزان قابل توجهی هالوسیت، میکا، مونتورینیت، گچ یا سایر کانی‌های هیدراته هستند، خاک‌های به‌شدت آلی، یا خاک‌هایی که آب حفره‌ای آنها شامل مواد جامد محلول باشد (مانند نمک موجود در نهشته‌های دریایی)، ممکن است این روش آزمون مقادیر معتبری برای درصد رطوبت خاک به‌دست ندهد.

۵-۱ مقادیر بیان شده در واحدهای SI به عنوان استاندارد در نظر گرفته می‌شوند.

۶-۱ این استاندارد مدعی گردآوری همگی ملاحظات ایمنی وابسته به کاربرد آن، در صورت وجود، نیست. از این‌رو کاربر این استاندارد باید خود، تمهیدات ایمنی و سلامت لازم را بیندیشد و پیش از کاربرد آن، رعایت شرایط لازم را بررسی نماید. بند ۷ را ببینید.

۲ مدارک مرجع

۱-۲ استانداردهای ASTM:

D653 واژگان مربوط به خاک، سنگ و سیالات موجود در آنها^۲؛

D2216 روش آزمون تعیین درصد رطوبت خاک و سنگ در آزمایشگاه؛

D3740 دستورالعمل حداقل الزامات برای موسسات در نظر گرفته‌شده برای آزمون و یا بررسی خاک و سنگ در امور مربوط به طراحی و ساخت مهندسی؛

D4753 معیارهای ارزیابی، انتخاب و تعیین ترازوها و باسکول‌های مورد استفاده در آزمون خاک، سنگ و مصالح ساختمانی وابسته.

۱- این روش آزمون زیر نظر کمیته D-18 استاندارد ASTM است که به خاک و سنگ می‌پردازد و تحت نظارت مستقیم زیر کمیته D18.08، مربوط به آزمون‌های ویژه و کنترل ساخت، است. ویرایش کنونی در ۱۰ فوریه ۲۰۰۰ به تصویب رسیده و در آوریل ۲۰۰۰ چاپ شده است. نخستین ویرایش آن با عنوان D4643-87، و ویرایش پیشین آن با عنوان D4643-93 بوده‌است.

۲- کتاب سالانه استانداردهای ASTM، جلد 04.08



۳ واژگان

۳-۱ تعریف‌ها:

۳-۱-۱ تمام تعریف‌ها طبق واژگان استاندارد D653 است.

۳-۲ تعریف اصطلاحات ویژه این استاندارد:

۳-۲-۱ گرمایش مایکروویو: فرآیندی است که در آن گرما در اثر اندرکنش مولکول‌های دو قطبی مصالح و یک میدان الکتریکی متناوب با فرکانس بالا، در داخل مصالح القا می‌شود. مایکروویوها، امواج الکترومغناطیس با طول موج یک میلی‌متر تا یک متر می‌باشند.

۳-۲-۲ درصد رطوبت: نسبت جرم آب حفره‌ای یا آزاد موجود در یک توده خاک به جرم ذرات جامد است که به درصد بیان می‌شود.

۴ خلاصه روش آزمون

۴-۱ آزمون‌های مرطوب خاک در یک ظرف مناسب قرار داده می‌شود و جرم آن تعیین می‌گردد. سپس درون گرمخانه مایکروویو در معرض یک بازه‌ی خشک‌سازی قرار می‌گیرد. پس از آن، از گرمخانه بیرون آورده می‌شود و جرم جدید آن تعیین می‌گردد. این فرآیند تا هنگامی که جرم آزمون تقریباً ثابت شود، تکرار می‌گردد.

۴-۲ تفاوت میان جرم آزمون‌های مرطوب و آزمون‌های خشک‌شده، به‌عنوان جرم آبی که از آغاز در آن وجود داشته است، منظور می‌گردد. درصد رطوبت از بخش کردن جرم آب بر جرم خشک خاک و ضرب آن در ۱۰۰ به دست می‌آید. برای یک خاک با اندازه‌ی معین، می‌توان زمان دستیابی به جرم خشک ثابت را یادداشت نمود و در آزمون‌های بعدی و برای آزمون‌هایی با همان اندازه و از همان نوع خاک، آن را به‌عنوان کمترین زمان خشک‌کردن به کار برد.

۵ اهمیت و کاربرد

۵-۱ درصد رطوبت خاک در سراسر حرفه مهندسی ژئوتکنیک، هم در آزمایشگاه و هم در بررسی‌های میدانی، به کار می‌رود. استفاده از روش آزمون D2216 برای تعیین درصد رطوبت خاک روشی زمان‌بر است و در برخی موقعیت‌ها، می‌توان روش‌های مناسب‌تری را به کار برد. استفاده از گرمخانه مایکروویو یکی از این روش‌ها می‌باشد.

۵-۲ اشکال عمده کاربرد گرمخانه مایکروویو برای تعیین درصد رطوبت خاک، امکان گرم کردن بیش از اندازه خاک و در نتیجه‌ی آن، به دست آمدن درصد رطوبت بیشتری نسبت به روش آزمون D2216 بوده است. تا هنگامی که این اشکال برداشته نشده است، استفاده از فرآیند خشک‌کردن مرحله‌ای، که در این استاندارد توضیح داده شده است، می‌تواند آثار گرم کردن بیش از اندازه را به حداقل برساند. برخی از گرمخانه‌های مایکروویو را می‌توان در مقدار کمتر از توان کامل آنها تنظیم نمود. از این امکان نیز می‌توان برای کاهش اثر پدیده گرم شدن بیش از اندازه‌ی خاک بهره گرفت.

۵-۳ رفتار خاکی که در معرض انرژی مایکروویو قرار می‌گیرد، بستگی به ترکیبات کانی‌شناختی آن دارد. از این رو برای همگی انواع خاک‌ها نمی‌توان روش یکسانی را به کار برد و فرآیند توصیه شده در این روش آزمون، در واقع راهنمایی برای به کار بردن گرمخانه مایکروویو جهت تعیین درصد رطوبت است.

۵-۴ این روش آزمون بهترین نتایج را برای مصالح عبوری از الک شماره‌ی ۴ به دست می‌دهد. ذرات با اندازه بزرگتر را نیز می‌توان مورد آزمون قرار داد، هرچند به علت افزایش احتمال خردشدگی ذرات بایست دقت لازم را مبذول داشت.



۵-۵ هنگامی که نتایج بسیار دقیقی مورد نیاز باشد یا آزمونی که داده‌های این روش در آن به کار گرفته می‌شود، حساسیت زیادی به تغییرات رطوبتی داشته‌باشد، به کار بردن این روش آزمون مناسب نیست.

۵-۶ به علت اینکه آزمون هنگام گرمایش میکروویو در معرض دماهای موضعی زیادی قرار می‌گیرد، ممکن است مشخصات فیزیکی خاک دست‌خوش تغییر شود و همراه با تبخیر یا تبدیل شیمیایی، خردشدگی ذرات منفرد نیز رخ دهد. از این رو توصیه می‌شود که نمونه‌های به کار رفته در این روش آزمون، پس از خشک کردن در آزمون‌های دیگر مورد استفاده قرار نگیرند.

یادآوری ۱: کیفیت نتایج به دست آمده از این روش آزمون بستگی به صلاحیت پرسنل انجام‌دهنده آن و مناسب بودن تجهیزات و وسایل به کار رفته دارد. مؤسساتی که ضوابط دستورکار D3740 را برآورده می‌کنند، عموماً توانا به انجام شایسته و علمی آزمون در نظر گرفته می‌شوند. کاربران این روش آزمون باید توجه کنند که برآوردن شرایط دستورکار D3740 به‌تنهایی تضمین‌کننده‌ی درستی نتایج به‌دست آمده نیست. معتبر بودن نتایج به عوامل بسیاری بستگی دارد؛ دستورکار D3740 ابزاری برای ارزیابی برخی از آنها را فراهم می‌آورد.

۶ وسایل آزمون

۶-۱ گرمخانه میکروویو - گرمخانه میکروویوی که محفظه آن ترجیحاً دارای هواکش باشد، مناسب است. اندازه گرمخانه و میزان توان مورد نیاز آن بستگی به کاربرد مورد نظر دارد. گرمخانه‌هایی که دارای کنترل توانی متغیر هستند و میزان توان ورودی آنها حدود ۷۰۰ وات است، برای کاربرد این آزمون مناسب تشخیص داده شده‌اند. قابلیت کنترل توانی متغیر مهم است و پتانسیل گرمایش بیش از حد آزمون را کاهش می‌دهد.

یادآوری ۲: گرمخانه‌های میکروویو مجهز به ترازوها و کنترل‌های رایانه‌ای داخلی جهت کاربرد در خشک کردن خاک‌ها ساخته شده‌اند. کاربرد آنها با این روش آزمون سازگار است.

۶-۲ ترازوها - ترازوها باید با ظرفیت ۲۰۰۰ گرم یا بیشتر باشند و الزامات استاندارد D4753 برای ترازوی با قابلیت خوانش ۰/۱ گرم را برآورده کنند.

۶-۳ ظروف آزمون - باید از ظروف مناسب ساخته‌شده از مواد غیرفلزی غیرجاذب و مقاوم در برابر شوک‌های حرارتی، که تحت اثر گرمایش، سرمایش یا تمیز کردن پی‌پی دچار تغییر جرم یا تغییرشکل نشوند استفاده شود.

ظروف تبخیر چینی و ظروف شیشه‌ای بوریلیکاتی استاندارد عملکرد رضایت‌بخشی دارند. ظروف دیگر مانند پیاله‌ها یا بشقاب‌های کاغذی نیز به‌طور رضایت‌بخشی به کار رفته‌اند، هرچند این ظروف را پیش از کاربرد باید خشک نمود.

۶-۴ وسیله جابه‌جا کردن ظروف - دستکش یا گیره‌ای که برای بیرون آوردن ظروف داغ از درون گرمخانه مناسب باشد.

۶-۵ دسیکاتور - محفظه دسیکاتور یا بشری با اندازه مناسب که در بردارنده‌ی ژل سیلیکا، فسفات کلسیم بدون آب، و یا ماده‌ای هم‌ارز این مواد باشد، به‌ار می‌رود. بهتر است ماده خشک‌کننده‌ای به کار رود که هنگام نیاز به بازسازی، تغییر رنگ دهد.

۶-۶ سینک گرمایی - ماده یا مایعی است که درون میکروویو قرار داده می‌شود تا پس از اینکه رطوبت از آزمون گرفته‌شد، انرژی را جذب کند. سینک گرمایی امکان گرمایش بیش از حد آزمون و آسیب دیدن گرمخانه را کاهش می‌دهد. بشرهای شیشه‌ای پرشده از آب و موادی مانند روغن‌های اشتعال‌ناپذیر که داری نقطه جوش بیشتر از آب هستند، با موفقیت به‌عنوان سینک گرمایی به کار رفته‌اند. همچنین بدین منظور از آجرهای مرطوب نیز استفاده شده است.



۶-۷ ابزارهای همزن - شامل ماله‌ها، کاردک‌های بتونه‌کاری و میله‌های شیشه‌ای برای بریدن و هم‌زدن آزمون در هنگام آزمون و پیش از آن می‌باشد. میله‌های شیشه‌ای کوتاه برای هم‌زدن مناسب هستند و برای کاستن از امکان از دست رفتن آزمون در اثر چسبیدن به ابزار همزن، می‌توان هنگام آزمون آنها را در ظرف آزمون باقی گذارد.

۷ خطرات

۷-۱ ظروف داغ را با گیره ظروف جابه‌جا کنید. برخی از خاک‌ها می‌توانند گرمای قابل توجهی را در خود نگه دارند و در صورت حمل نامناسب، ممکن است منجر به سوختگی‌های شدید گردند.

۷-۲ به علت امکان پاشیده شدن ذرات خاک، توصیه می‌شود هنگام گرمایش، هم‌زدن و تعیین جرم آن، حفاظت چشمی مناسبی صورت گیرد.

۷-۳ احتیاط‌های ایمنی بیان شده توسط سازنده میکروویو باید رعایت گردد. برای کاربری خوب دستگاه، به پاکیزه نگه داشتن درزگیر و قفل‌ویست‌های درب دستگاه باید توجه ویژه‌ای شود.

یادآوری ۳: ممکن است کاربرد گرمخانه میکروویو برای خشک کردن خاک‌ها، از سوی سازندگان به‌عنوان کاربری نامناسب در نظر گرفته شود و منجر به ابطال گارانتی گردد. به کار بردن میکروویو برای خشک کردن خاک‌هایی که دربردارنده مصالح فلزی هستند، می‌تواند منجر به ایجاد قوس الکتریکی درون گرمخانه شود. خاک‌های به شدت آلی و خاک‌هایی که دربردارنده مواد نفتی و یا زغال هستند، ممکن است طی خشک کردن با گرمخانه آتش بگیرند و بسوزند. همچنین پس از اینکه خاک به وزن ثابت رسید، ادامه کاربرد گرمخانه می‌تواند منجر به آسیب دیدگی یا از کار افتادن زودرس گرمخانه میکروویو شود.

یادآوری ۴: نخستین بار که گرمخانه‌های میکروویو عرضه شدند، چنین گزارش شد که آنها بر دستگاه‌های تنظیم تپش قلب اثر می‌گذارند. این تأثیر عمدتاً برآمده از فرکانس‌های عمل کردی دو دستگاه می‌باشد. از آن هنگام، دستگاه‌های تنظیم کننده تپش قلب با طراحی جدید عرضه شده‌اند و گرمخانه‌های میکروویو دیگر یک ریسک بهداشتی محسوب نمی‌شوند. با این وجود توصیه می‌شود هنگامی که میکروویوی در حال کار است، اخطارهای لازم داده شود.

۷-۴ ممکن است خاک‌های به شدت آلی و خاک‌های دربردارنده نفت یا آلاینده‌های دیگر، هنگام خشک شدن در میکروویو به حالت گداخته درآیند. برای جلوگیری از زخمی شدن کاربر یا آسیب دیدن گرمخانه، هنگام آزمون باید وسیله‌ای برای فرونشاندن آتش در دسترس باشد. ممکن است بخارهای خارج شده از خاک‌های آلوده یا زباله، سمی باشند؛ از این رو گرمخانه باید مجهز به هواکش باشد.

۷-۵ به علت امکان وقوع انفجارهای ناشی از بخار یا تنش‌های حرارتی‌ای که می‌توانند منجر به از هم پاشیدن سنگ‌دانه‌های متخلخل یا شکننده شوند، مناسب است که برای جلوگیری از زخمی شدن کاربر یا آسیب دیدن گرمخانه، از پوششی بر روی ظرف آزمون استفاده شود. پوششی از دستمال کاغذی کلفت برای این منظور مناسب است. همچنین در هنگام سیکل خشک کردن، این پوشش از پاشیده شدن آزمون در گرمخانه جلوگیری می‌کند.

۷-۶ ظروف فلزی را هیچگاه در گرمخانه میکروویو به کار نبرید؛ چرا که این کار موجب ایجاد قوس الکتریکی و آسیب دیدن گرمخانه می‌گردد.

۷-۷ در هنگام نصب و به کار بردن گرمخانه، دستور کارهای کارخانه سازنده آن را رعایت کنید.

۷-۸ جای دادن آزمون به طور مستقیم بر روی سینی شیشه‌ای، که در برخی از گرمخانه‌ها وجود دارد، به شدت نهي می‌شود؛ چراکه گرمایش متمرکز آزمون ممکن است منجر به از هم پاشیدن سینی شیشه‌ای شود و آن نیز می‌تواند موجب آسیب دیدن کاربر گردد.



۸ نمونه‌ها

۸-۱ نمونه‌ها را پیش از انجام آزمون در ظرف‌های هوابندی شده مقاوم در برابر خوردگی و در دمای تقریبی میان ۳ تا ۳۰ درجه سلسیوس و در جایی که در معرض نور مستقیم آفتاب نباشد، نگهداری کنید.

۸-۲ تعیین درصد رطوبت، به‌ویژه هنگامی که امکان خوردگی ظرف‌های به‌کار رفته (مانند لوله‌های فولادی جدارنازک، قوطی‌های رنگ و مانند آن) وجود دارد یا از کیسه‌های نمونه غیر سربسته استفاده می‌شود، باید در کمترین زمان ممکن پس از نمونه‌گیری انجام گیرد.

۹ آزمون

۹-۱ هنگامی که تعیین درصد رطوبت به‌عنوان بخشی از یک روش آزمون ASTM دیگر انجام می‌گیرد، باید از فرآیند انتخاب آزمون و تکنیک‌های مقرر در آن روش آزمون پیروی شود.

۹-۲ شیوه‌ی انتخاب آزمون و مقدار جرم لازم از آن، اساساً بستگی به هدف (کاربرد) آزمون، نوع مواد مورد آزمون، و نوع نمونه (آزمونه‌ی به‌دست آمده از آزمونی دیگر، کیسه، لوله، مغزه‌گیر دوتکه و مانند آن) دارد؛ هرچند در همگی حالت‌ها باید بخشی نماینده از کل نمونه انتخاب شود. اگر با خاک دارای لایه‌بندی نازک و یا بیش از یک نوع خاک روبه‌رو هستید، بخشی میانگین، و یا بخش‌های مجزا از هر نوع خاک یا هر دو را انتخاب کنید و در گزارش نتایج، قید نمایید که کدام بخش یا بخش‌ها مورد نظر بوده‌اند.

۹-۲-۱ در مورد نمونه‌های فله، انتخاب آزمون را پس از اینکه مواد کاملاً هم زده شدند، انجام دهید. جرم مصالح مرطوب انتخاب شده، باید مطابق جدول ۱ باشد.

جدول ۱ جرم آزمون‌ها

جرم توصیه‌شده برای آزمون‌های مرطوب برحسب گرم	الکی که بیش از حدود ۱۰٪ نمونه روی آن نمی‌ماند
۱۰۰ تا ۲۰۰	۲/۱۰ میلی‌متر (شماره‌ی ۱۰)
۳۰۰ تا ۵۰۰	۴/۷۵ میلی‌متر (شماره‌ی ۴)
۵۰۰ تا ۱۰۰۰	۱۹ میلی‌متر (۳/۴ اینچ)

۹-۲-۲ در مورد نمونه‌های کوچک، بخش نماینده را مطابق فرآیندی که در زیر آمده‌است، انتخاب کنید:

۹-۲-۲-۱ در مورد خاک‌های غیرچسبنده، مصالح را کاملاً بهم بزنید؛ سپس آزمون‌های که جرم مصالح مرطوب آن مطابق جدول ۱ است را انتخاب کنید.

۹-۲-۲-۲ در مورد خاک‌های چسبنده، از رویه‌ی آزاد نمونه حدود ۳ میلی‌متر از مصالح را بردارید و پیش از انتخاب آزمون، نمونه‌ی به‌جای مانده را برای کنترل لایه‌لایه بودن مصالح، در راستای قائم از نیمه ببرید. اگر خاک لایه‌لایه باشد، به بند ۹-۲ مراجعه نمایید. اگر ذرات خاک درشت‌دانه مورد نظر باشد، جرم مصالح مرطوب انتخاب شده باید مطابق جدول ۱ باشد. بریدن یا شکستن نمونه‌های چسبنده به قطعاتی با اندازه تقریبی ۶ میلی‌متر (۱/۴ اینچ)،



خشک شدن نمونه را تسریع نموده، از پوسته‌ای شدن یا گرمایش بیش از حد رویه نمونه هنگام خشک شدن بخش درونی آن جلوگیری می‌کند.

۳-۹ به کار بردن نمونه با جرم کمتر از مقدار کمینه‌ای که پیش از این اشاره شد، باید همراه با احتیاط باشد؛ اگرچه ممکن است به کار بردن این مقدار کمتر نیز با توجه به هدف آزمون بسنده باشد. به کار بردن نمونه‌ای با جرم کمتر از مقدار مقرر، باید در گزارش نتایج آورده شود.

یادآوری ۵: هنگام کارکردن با نمونه‌ی کوچکی که شامل ذره‌ی درشت‌دانه نسبتاً بزرگی است، در بسیاری از مواقع شایسته است که این ذره‌ی درشت‌دانه در آزمون منظور نگردد. در صورت چنین پیشامدی، آن را در گزارش نتایج بیاورید.

۴-۹ هنگامی که نتایج تعیین درصد رطوبتی که از این روش آزمون به دست آمده است، با نتایج روشی دیگر، مانند روش آزمون D2216، مقایسه می‌شود، نمونه‌ی دوم باید هنگام انتخاب نمونه‌ی این روش آزمون فراهم آید. برای به دست آمدن نمونه‌ای که دارای درصد رطوبت یکسانی باشد، باید احتیاط‌های لازم به کار بسته شود. برای جلوگیری از کاهش رطوبت، نمونه‌ی دوم باید در کمترین زمان ممکن آزمون شود.

۱۰ شرایط ویژه

۱-۱۰ برای جلوگیری از افت رطوبت اندازه‌گیری نشده، که منجر به تعیین درصد رطوبت اشتباه خواهد شد، هرچه سریع‌تر نمونه‌ها را آماده و فرآوری نمایید.

۲-۱۰ خاک را به بخش‌های کوچک ببرید یا بشکنید. این کار به خشک شدن یکنواخت‌تر نمونه کمک می‌کند.

۳-۱۰ اگر نمونه‌ها بی‌درنگ مورد آزمون قرار نمی‌گیرند؛ برای جلوگیری از افت رطوبت، آنها را در ظرف‌های سربسته نگهداری کنید.

۱۱ روش کار

۱-۱۱ جرم ظرفی پاکیزه و خشک را تعیین و یادداشت کنید.

۲-۱۱ نمونه را در ظرف قرار دهید و جرم آن را بی‌درنگ تعیین و یادداشت کنید.

۳-۱۱ خاک را به همراه ظرف در یک گرمخانه میکروویو دارای سینک گرمایی قرار دهید و گرمخانه را به مدت ۳ دقیقه روشن کنید. اگر تجربه پیشین بر روی یک نوع ویژه‌ی خاک با اندازه نمونه‌ی مشخص نشان می‌دهد که می‌توان زمان خشک کردن آغازین کمتر یا طولانی‌تری را بدون گرمایش بیش از حد به کار برد، می‌توان زمان‌های خشک کردن آغازین و بعدی را اصلاح نمود.

یادآوری ۶: زمان قرارگیری آغازین ۳ دقیقه، برای نمونه‌ای است که جرم آن، همان‌گونه که در جدول ۱ آمده است، دست‌کم ۱۰۰ گرم باشد. در حالی که از گرمخانه میکروویو استفاده می‌شود، به کار بردن نمونه‌ای کوچکتر از این مقدار توصیه نمی‌شود؛ چرا که ممکن است خشک کردن آن به اندازه‌ای سریع انجام شود که فرصت کنترل مناسب آن فراهم نگردد. در حالی که برای نمایاندن خاکی که شامل ذرات بزرگ‌تر است، نیاز می‌شود که نمونه‌های بسیار بزرگی به کار رود، باید نمونه چند بخش شود و خشک کردن هر بخش به طور جداگانه انجام گیرد تا جرم خشک کل نمونه به دست آید.

یادآوری ۷: بیشتر گرمخانه‌ها دارای کنترل توانی متغیر هستند. تنظیم توان روی درجه «زیاد»، برای بیشتر خاک‌های آزمون شده مناسب است، اما برای برخی از خاک‌ها این تنظیم ممکن است خیلی شدید باشد. تنظیم مناسب توان را تنها می‌توان با به کار بردن یک گرمخانه خاص برای انواع خاک‌ها و نمونه‌های با اندازه‌ی گوناگون، و بر پایه‌ی تجربه تعیین نمود. انرژی خروجی گرمخانه‌های میکروویو با افزایش عمر و کارکرد آنها کاهش می‌یابد؛ از این رو تنظیم توان و زمان‌های خشک کردن برای هر گرمخانه خاص باید به‌طور جداگانه انجام شود.



۴-۱۱ پس از سپری شدن زمان قرارگیری آزمون در گرمخانه، ظرف و خاک را از گرمخانه بیرون بیاورید؛ سپس یا بی درنگ آن را وزن کنید و یا آن را در دسیکاتور قرار دهید تا خنک شود، به گونه‌ای که جابه‌جا کردن آن ممکن شود و از آسیب‌رساندن به ترازو جلوگیری گردد. جرم آزمون را تعیین و ثبت نمایید.

۵-۱۱ با استفاده از یک کاردک یا کارد یا یک میله شیشه‌ای کوتاه، به دقت خاک را هم بزیند و احتیاط ویژه‌ای به عمل آورید که هیچ خاکی از دست نرود.

۶-۱۱ ظرف و خاک را به گرمخانه برگردانید و برای یک دقیقه دیگر آن را گرم کنید.

۷-۱۱ مراحل ۴-۱۱ تا ۶-۱۱ را تا زمانی که تفاوت میان دو تعیین جرم پیاپی، اثر معناداری بر درصد رطوبت محاسبه شده نداشته باشد، تکرار کنید. برای بیشتر آزمون‌ها، تفاوت به میزان ۰/۱ درصد جرم مرطوب آغازین خاک یا کمتر از آن، به این منظور پذیرفتنی است.

۸-۱۱ تعیین جرم پایانی خاک را در محاسبه درصد رطوبت خاک به کار برید. این مقدار را بی درنگ پس از پایان سیکل گرمایش، و یا چنانچه تعیین جرم با تأخیر همراه باشد، پس از خنک شدن در دسیکاتور به دست آورید.

۹-۱۱ هنگامی که انجام آزمون معمول بر روی خاک‌های مشابه به دقت در نظر گرفته می‌شود، می‌توان زمان‌های خشک کردن و شمار سیکل‌ها را برای هر گرمخانه استاندارد نمود. اگر از زمان‌های خشک کردن و شمار سیکل‌های استاندارد شده استفاده می‌شود، برای اطمینان از اینکه نتایج تعیین جرم خشک پایانی با نتایج به دست آمده از روش ارائه شده در بند ۷-۱۱ یکسان است، باید درستی سنجی‌های دوره‌ای انجام گیرند.

یادآوری ۸: گرم کردن مرحله‌ای همراه با هم‌زدن، امکان گرمایش بیش از حد و خشک شدن موضعی را به حداقل می‌رساند؛ از این رو منجر به نتایجی می‌شود که با نتایج به دست آمده از روش آزمون D2216 سازگارتر است. بازه‌های زمانی توصیه شده، برای بیشتر آزمون‌های با ذرات عبوری از الک شماره ۴ و جرم تقریبی ۲۰۰ گرم مناسب بوده است؛ هرچند که ممکن است این بازه‌ها برای همه خاک‌ها و گرمخانه‌ها مناسب نباشند و نیازمند اصلاح باشند.

یادآوری ۹: آزمون‌های به کار رفته در تعیین درصد رطوبت، باید پس از آزمون کنار گذاشته شوند و به علت امکان فروپاشی ذرات، تغییرات یا افت‌های شیمیایی، ذوب شدن، و یا از دست رفتن بخش‌های آلی نباید در هیچ آزمون دیگری به کار روند.

۱۲ محاسبات

۱-۱۲ درصد رطوبت خاک را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$w = \frac{((\text{جرم خاک خشک شده در گرمخانه}) - (\text{جرم آب}))}{(\text{جرم آب})} \times 100$$

$$w = \frac{(M_1 - M_2)}{(M_2 - M_c)} \times 100 = M_w / M_s \times 100$$

که در آن:

w = درصد رطوبت،

M_1 = جرم ظرف و آزمون‌های مرطوب بر حسب گرم،

M_2 = جرم ظرف و آزمون‌های خشک شده در گرمخانه بر حسب گرم،

M_c = جرم ظرف بر حسب گرم،

M_w = جرم آب بر حسب گرم، و

M_s = جرم بخش جامد بر حسب گرم.



۱۳ گزارش

۱-۱۳ برگ گزارش اطلاعات باید بخش‌های زیر را در بر داشته‌باشد:

- ۱-۱-۱۳ شناسایی نمونه (مصالح) مورد آزمون با شماره‌ی گمانه، شماره‌ی نمونه، شماره‌ی آزمون و مانند اینها.
- ۲-۱-۱۳ میزان رطوبت آزمون تا نزدیک‌ترین ۰.۱٪ یا ۰.۱، بسته به اینکه هدف آزمون ارزیه رطوبت به درصد باشد یا خیر.
- ۳-۱-۱۳ اگر آزمون جرمی کمتر از مقدار کمینه‌ی مقرر در جدول ۱ داشته باشد، در گزارش بیان شود.
- ۴-۱-۱۳ اگر آزمون بیش از یک نوع خاک را در بر داشته باشد (به صورت لایه‌لایه یا غیر آن)، در گزارش بیان شود.
- ۵-۱-۱۳ مشخص کردن هر مصالحی که از آزمون خارج شده است، با اندازه، مقدار، و لایه یا دنباله لایه‌هایی که مصالح از آن خارج شده است.

۶-۱-۱۳ زمان و مدت دوره خشک کردن آغازین و دوره‌های خشک کردن مرحله‌ای پس از آن.

۷-۱-۱۳ جرم آغازین آزمون پیش از خشک کردن، و جرم آن پس از سیکل پایانی خشک کردن مرحله‌ای.

۸-۱-۱۳ مشخص کردن آزمون(های) مقایسه‌ای در صورت انجام؛ و روش آزمون به کار رفته.

۹-۱-۱۳ مشخصات گرمخانه میکروویو و تنظیمات فرآیند خشک کردن و سیکل‌های به کار رفته، در صورت بهره‌گیری از روش خشک کردن استاندارد شده.

یادآوری ۱۰: تعیین‌های درصد رطوبت انجام گرفته طبق روش آزمون D2216 یا روش‌های دیگر را می‌توان در همین گزارش ثبت نمود. این کار الزامی نیست، اما هنگامی که نتایج دو روش مورد مقایسه قرار می‌گیرند، مناسب است.

۱۴ دقت و انحراف

۱-۱۴ دقت - مطالعات انجام گرفته بر روی خشک کردن با میکروویو، دقت میانگین تک‌کاربری را بسته به نوع خاک، رطوبت آغازین و اندازه آزمون برابر ۰/۹۶ درصد یا کمتر نشان می‌دهد.

۲-۱۴ دقت این روش آزمون وابسته به کاربر است و تابعی از دقت به کار رفته در اجرای گام‌های فرآیند آزمون، به‌ویژه کنترل دقیق و تکرار سیستماتیک فرآیندهای به کار رفته است.

۳-۱۴ انحراف: مقدار مرجع پذیرفته شده‌ای برای این روش آزمون وجود ندارد؛ از این رو انحراف آن تعیین شدنی نیست.

۱-۳-۱۴ مطالعات انجام شده برای تعیین انحراف میان این روش آزمون و روش آزمون D2216 - که در آن گرمخانه‌ای

که خشک کردن آن به شیوه همرفت صورت می‌گیرد، به کار می‌رود - میانگین تفاوت میان درصد رطوبت (جرمی)

تعیین شده با گرمخانه میکروویو و گرمخانه همرفتی را برای خاک‌های میکادار (دارای ذرات میکا به میزان ۵ تا ۲۵

درصد جرمی) برابر ۰/۲۴ درصد، و برای خاک‌های دیگر برابر ۰/۶۱ درصد نشان می‌دهد. انحراف استاندارد مقدار تفاوت

میان درصد رطوبت (جرمی) تعیین شده با گرمخانه میکروویو و گرمخانه همرفتی، برای خاک‌های میکادار برابر ۰/۲

درصد و برای خاک‌های دیگر برابر ۰/۳ درصد است.

۴-۱۴ زیر کمیته‌ی D18-08، از کاربران این روش آزمون خواستار داده‌های مناسب در مورد مقایسه دقت و انحراف

می‌باشد.

۱۵ واژگان

۱-۱۵ میکروویو؛ رطوبت میکروویو؛ گرمخانه میکروویو؛ درصد رطوبت؛ آزمون رطوبت سریع؛ درصد آب.



- 1-Hagerty, D. J., Ullrich, C. R., and Denton, M. M., "Microwave Drying of Soils," Geotechnical Testing Journal, Vol. 13, No. 2, June 1990, pp. 138-141.
- 2- 1-Hagerty, D. J., Ullrich, C. R., and Callan, C. A., "Microwave Drying of Highly Plastic and Organic Soils." Geotechnical Testing Journal, Vol. 13, No. 2, June 1990, pp. 142-145.
- 3- Charlie, W. A., Von Gunten, M.W., and Doehring, D.O., "Temperature Journal Controlled Microwave Drying of Soils , " Geotechnical Testing Journals , Vol. 5 , No. 3/4, Sept./ Dec. 1982.
- 4-Gillbert . P.A.." Computer Controlled Microwave Oven System for Rapid Water Content Determination ,"Technical Report GL- 88-21, Department of the Army , Waterways Experiment Station. Corps of Engineers . Vicksburg. MS, November 1988.
- 5- U.S. Department of the Interior. "Procedure for Determining Moisture Content of Soils by the Method. "Earth Manual, Part 2. USBR 5315-89, Bureau of Reclamation. Denver CO. .Microwave 1986.

خلاصه تغییرات

طبق خط مشی کمیته **D-18**، در این بخش تغییرات این استاندارد از هنگام واپسین ویرایش (۱۹۹۳)، که می‌تواند بر کاربرد این استاندارد تأثیرگذار باشد، ارایه می‌شود. عنوان این استاندارد اصلاح شده است. بند ۱-۲ اصلاح شده است.

یادآوری ۱ از بخش هدف به بخش اهمیت و کاربرد منتقل شده است. بخش دقت و انحراف منطبق با خط مشی کمیته **D-18** اصلاح شده است. بخش خلاصه تغییرات به آن افزوده شده است.

انجمن آزمون‌ها و مصالح آمریکا (**ASTM**) مسؤلیتی درباره‌ی اعتبار حق ثبت‌های ادعا شده در این استاندارد ندارد. کاربران این استاندارد باید آگاه باشند که تعیین اعتبار حق ثبت‌های این چنین و ریسک تخطی از آنها برعهده خودشان است. این استاندارد هر از گاه توسط کمیته‌ی فنی مسؤول مورد بازنگری و اصلاح قرار می‌گیرد و باید هر پنج سال، بازبینی شود و اگر چنین نشد آنگاه یا دوباره تصویب می‌شود یا اینکه کنار گذاشته می‌شود. دیدگاه‌های خود برای اصلاح این استاندارد یا استانداردهای دیگر را به نشانی دفتر مرکزی **ASTM** بفرستید. دیدگاه‌های شما در یکی از نشست‌های کمیته‌ی فنی مسؤول، که شما نیز می‌توانید در آن حضور یابید، به‌دقت مورد بررسی قرار خواهد گرفت. اگر احساس کردید که دیدگاه‌های شما به درستی بررسی نشده‌اند، آنها را با کمیته‌ی استانداردهای **ASTM**، که نشانی آن در زیر آمده است، در میان بگذارید. حق نشر برای **ASTM** محفوظ است و نشانی آن به شرح زیر است:

100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

تهیه چاپ‌های جدید (یک یا چند نسخه) از این استاندارد از راه تماس با **ASTM**، با نشانی پیش‌گفته یا با

۶۱۰-۸۳۲-۹۵۵۵ (تلفن)، ۶۱۰-۸۳۲-۹۵۵۵ (نمابر)، service@astm.org (ایمیل)؛ و یا با تارنمای **ASTM**

(www.astm.org) امکان‌پذیر است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ASTM : D ۴۶۴۴ - ۸۷

روش استاندارد جهت دوام آبدیدگی شیل و سنگهای ضعیف مشابه

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین شاخص دوام آبدیدگی شیل یا سنگ مشابه دیگری بعد از ۲ سیکل خشک و مرطوب شدن همراه با سایش را فراهم می سازد.

۱-۲- مقادیر همه در واحد SI هستند. مقادیر داخل پرانتز جهت اطلاع آمده است.

۱-۳- این استاندارد تضمینی برای موارد ایمنی در هنگام استفاده ندارد. به عنوان استناد کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی را رعایت کند و حدود تنظیمی قبل از استفاده را تعیین کند.

۲- مدارک ارجاع شده

۱-۲- استاندارد ASTM

E 11 = مشخصات الکهای سیمی به منظور آزمایش

۳- اصطلاحات

۱-۳- تشریح عبارات ویژه این استاندارد:

۱-۱-۳- شاخص دوام آبدیدگی: درصدی از مصالح خشک باقیمانده از قطعات شیل روی الک شماره ۱۰ (۲ میلیتر) بعد از دو سیکل خشک شدن در آون و مدت ۱۰ دقیقه غوطه ور در آب بصورت چرخان و عمل سایش می باشد.

۴- موارد استفاده

۱-۴- این آزمایش جهت تخمین کیفی آبدیدگی سنگهای ضعیف در محل استفاده می شود.

۲-۴- این آزمایش جهت تعیین مقادیر کمی آبدیدگی سنگهای ضعیف استفاده می شود. یک مورد مثلاً در سیستم رده بندی فرانکلین است.

۵- تجهیزات مورد نیاز:

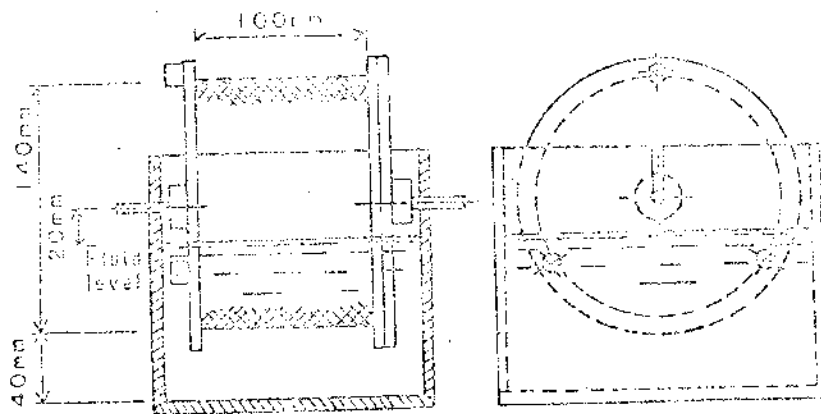
۱-۵- وسیله دوام آبدیدگی: ظرف استوانه ای شکل (شکل ۱) که از تور سیمی مشبک ۲ میلیتر ساخته شده و باید مطابقت با شرایط E 11 داشته باشد. ظرف بصورت استوانه ای با قطر ۱۴۰ میلیتر و طول ۱۰۰ میلیتر می باشد.

دو انتها باید از صفحات سخت بوده که یکی از آنها قابل برداشتن باشد. ظرف باید به اندازه کافی مقاوم باشد تا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

هنگام استفاده شکل خرد را حفظ کند، اما نه از داخل و نه از بیرون ظرف، نباید در تکیه گاهها مانع ایجاد کند. ظرف استوانه‌ای باید درجه حرارت 5 ± 0.5 را تحمل نماید. یک فشار طوری که ظرف استوانه‌ای منگی به محور افقی داخل آن برآستی، طول محور بهر جهت، فشار باید طوری باشد که تا 20 مترمتر زیر سطح ظرف استوانه‌ای بر آید. باید در هر نقطه بین کف فشار و سطح توری ظرف استوانه‌ای 20 میلی‌متر باشد. ظرف استوانه‌ای باید پوشیده یک موتور بر خازن با سرعت ثابت 20 دور در دقیقه برای یک دوره زمانی 10 دقیقه بهر جهت. تجهیزات از طریق تریپل در بررسی است.

- ۴-۵ - آرنی شش که کننده با دستگاه تنظیم کنترل می‌شود و باید بتواند حرارت 5 ± 0.5 را نگه‌دارد.
- ۴-۶ - ترازو با حساسیت 1 گرم و ظرفیت 2000 گرم.
- ۴-۷ - رسانی دشارژ مثل قاپون با پاک‌کن
- ۶-۸ - آب مقطر



شکل ۱ - ابعاد دستگاه دوام آبدیگی

۶ - نمونه آزمایش

۶-۱ - نمونه باید از ده قطعه سنگ با ابعاد مساوی بوزن 40 تا 60 گرم تهیه شود. این قطعات ممکن است بصورت طبیعی باشند یا اینکه بوسیله چکش یا شکستن تهیه شوند. هر قطعه ممکن است از مغزه‌های سنگ یا از چاله‌های آزمایشی تهیه شوند و اندازه‌های آنها با روش نمونه‌گیری تغییر خواهد کرد. اگر امکان داشته باشد گوشه‌های تیز آنها باید شکسته شود و هر یک بوسیله ماهوت پاک‌کن قبل از وزن کردن گردگیری شود. وزن کل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نمونه باید ۲۵۰ تا ۵۵۰ گرم باشد.

۲-۶- نمونه طوری حمل و انبار شود که مقدار آب طبیعی آن حفظ شود.

۷- روش آزمایش

۱-۷- قطعات سنگ در داخل ظرف استوانه‌ای شکل قرار می‌گیرد. وزن شایه و جهت خشک شدن به مدت

۱۶ ساعت در آن قرار داده می‌شود تا وزن ثابتی برسد. نمونه و ظرف استوانه‌ای برای مدت ۲۰ دقیقه در دمای محیط سرد شده و مجدداً وزن می‌شود. درصد آب طریقی بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W = [(A - B) / (B - C)] \times 100$$

که در آن:

W - درصد رطوبت

A - وزن ظرف استوانه‌ای به اضافه نمونه با رطوبت طریقی (گرم)

B = وزن ظرف استوانه‌ای به اضافه نمونه خشک شده در آن قبل از سیکل اول (گرم)

C = وزن ظرف استوانه‌ای (گرم)

۲-۷- ظرف استوانه‌ای شکل در داخل تگاز قرار گرفته و به موتور متصل می‌شود. تگاز با آب متطر در دمای

اتاق تا ۲۰ میلیمتر زیر محور ظرف استوانه‌ای شکل بر می‌شود. ظرف استوانه‌ای مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۲۰ دور در دقیقه می‌چرخد. دمای آب در شروع و انتهای کار ثبت می‌شود.

۳-۷- بلافاصله بعد از اینکه پریود چرخش کامل شد، ظرف از داخل تگاز برداشته شده و نمونه باقیمانده در داخل آن به مدت ۱۶ ساعت خشک می‌شود، تا اینکه نمونه به وزن ثابت برسد.

۴-۷- وزن ظرف و نمونه بعد از خشک شدن جهت سیکل دوم تعیین می‌شود. بندهای ۲-۷ و ۳-۷ تکرار می‌گردد. مجدداً وزن ظرف استوانه‌ای و نمونه به عنوان وزن نهایی نمونه تعیین می‌شود.

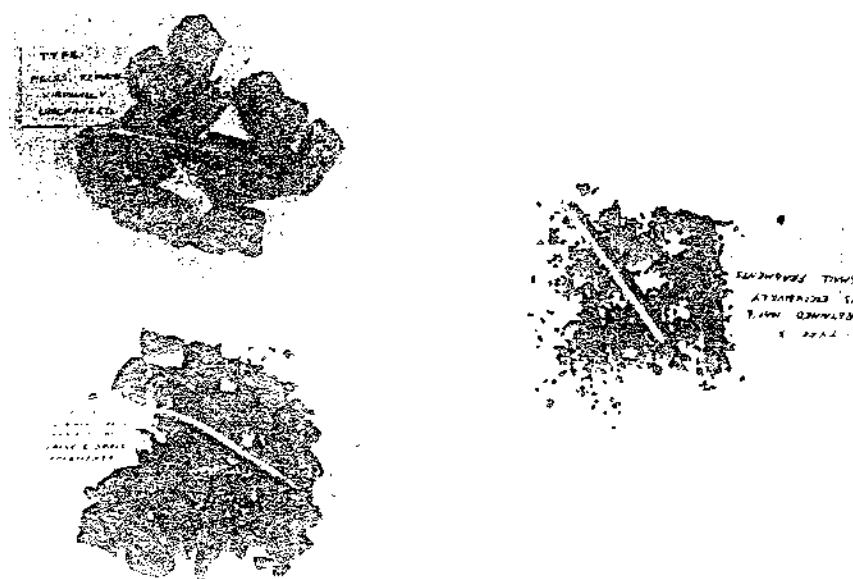
۵-۷- از مصالح باقیمانده عکس گرفته شده و کپی آن با گزارش آزمایشگاهی ضبط می‌گردد، یا توصیف بصورت زیر بیان شود:

۱- ۵-۷- نوع I - قطعات باقیمانده که ظاهراً بدون تغییر مانده‌اند.

۲- ۵-۷- نوع II - مصالح باقیمانده شامل قطعات کوچک و بزرگ می‌باشد.

۳- ۵-۷- نوع III - مصالح باقیمانده که فقط کوچک و خرد شده هستند.

۶- ۷- شکل ۲ نشان‌دهنده هر سه نوع توصیف می‌باشد.



شکل ۲ - انواع خرده‌های باقیمانده

۸ - محاسبات

۸-۱ - شاخص دوام آبدیدگی (دومین سیکل) بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Id(2) = [(WF - C) / (B - C)] \times 100$$

که در آن:

$Id(2)$ = شاخص دوام آبدیدگی (دومین سیکل)

B - وزن ظرف استوانه‌ای باضافه نمونه خشک شده قبل از سیکل اول (گرم)

WF = وزن ظرف استوانه‌ای باضافه نمونه خشک شده باقیمانده بعد از دومین سیکل (گرم)

C = وزن ظرف استوانه‌ای (گرم)

۹ - گزارش نتایج

۹-۱ - گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

۹-۱-۱ - توصیف مصالح و محل اخذ آن.

۹-۱-۲ - شاخص دوام آبدیدگی (دومین سیکل) با دقت ۱/۱۰ درصد.

۹-۱-۳ - دامنه و میانگین دمای آب



۹-۱-۴- مقدار آب طبیعی

۹-۱-۵- توصیف ظاهری قطعات باقیمانده در ظرف استوانه ای (بند ۵-۷ را ملاحظه نمائید).

۱۰- صحت و خطا

۱۰-۱- باتوجه به طبیعت شیل و سنگهای مشابه دیگر آزمایش شده بوسیله این روش این است که غیرممکن است و یا هزینه بردار است که چندین نمونه با خواص فیزیکی یکنواخت تهیه شود. هرگونه تفاوت مشاهده شده در داده‌ها صحیح می باشد چه بسا ناشی از تغییر نمونه همانند تغییر آزمایش کننده یا آزمایشگاه باشد. زیرکمیته **D 18.12** پذیرایی پیشنهادات جهت رسیدن به یک دقت معتبر می باشد. هیچ سنای قابل قبولی از مقادیر شیل یا سنگ ضعیف برای این آزمایش وجود ندارد ، بنابراین میزان خطا را نمی توان تعیین نمود.

۱۱- واژه های کلیدی

۱۱-۱- مقاومت سایشی ، شیل ، دوام آبدیدگی ، سنگهای ضعیف

روش استاندارد

شناسائی و طبقه بندی خاکهای واگرای^۱

آزمایش

سوراخ سوزنی

ASTM - D4647-87

0408

۱ - مقدمه :

۱-۱ - در این آزمایش خاصیت واگرایی (از هم گسیختگی ، آب شسته گی و فرسایش) خاکهای رسی ، بطور کیفی و مستقیماً " بوسیله عبور جریان آب از یک سوراخ کوچک ایجاد شده در نمونه آزمایشی اندازه گیری میشود .

این آزمایش مکمل آزمایش ASTM D4221 میباشد .^۲

۱-۲ - این آزمایش و معیارهای آن (برای تحلیل نتایج) بر اساس جمع آوری اطلاعات از مدها نمونه آزمایشی که از محلهای مختلف نظیر خاکریزها ، کانالها و محل های دیگری که خاکهای رسی داشته و بصورت طبیعی در مقابل فرسودگی مقاومت نشان داده اند ، استوار میباشد .

۱-۳ - سه روش مختلف (A و B و C) برای رده بندی خاکهای رسی واگرا بشرح ذیل تهیه شده است :

۱-۳-۱ - در روش A و C خاکها به ۶ گروه ، (D1 و D2) واگرا ، (ND3 ، ND4) نیمه واگرا ، (ND1 و ND2) غیر واگرا رده بندی میشوند .

1) Standard test Method for Identification and Classification of Dispersive Soil by the Pinhole test.

۲- آزمایش واگرایی خاکهای رسی بوسیله هیدرومتر مضاعف

۱-۲-۳- در روش D خاکها به ۳ گروه، (D) واگرا، (SD) نیمه واگرا، (ND) غیرواگر رده بندی میشوند.

۱-۴- مقادیر واحد هاشیکه در سیستم SI ذکر شده اند استاندارد است و سایر مقادیری که در پیرانتز آمده فقط جهت اطلاع میباشد.

۱-۵- در جریان انجام این آزمایش ممکن است با مصالح زیان آور و یا وسایل غیرایمن سر و کار داشته باشید که در این استاندارد به آنها اشاره ای نشده باشد. بدین لحاظ مسئولیت تهیه و رعایت مسائل ایمنی و بهداشتی بعهده استفاده کننده از این روش آزمایش میباشد.

۲- منابع مورد مطالعه و مربوط

۱-۲- استانداردهای $ASTM$

- آزمایش دانه بندی ذرات خاک روش $D422$

- آزمایش تراکم، رابطه دانسیته - رطوبت^۲ برای خاکها و مخلوط خاک و خرده سنگ بوسیله روش $D698$ با کوبه $5/5$ پاوشی ($2/29$ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط 112 اینچ (285 میلیمتر).

- آزمایش تعیین رطوبت خاک، سنگ و مخلوط خاک و خرده سنگ در آزمایشگاه به روش $D2216$

- طبقه بندی خاک برای خصوصیات مهندسی آن $D2487$

- تشریح نظری خاک روش $D2488$

- آزمایش حد روانی و خمیری خاک به روش $D4318$

۳- تعاریف مخصوص این استاندارد

۱-۳- رس های واگرا ($dispersive clays$) - خاک رسی است که اغلب سبب

دارای خاصیت جذب سدیم زیادی میباشد و به آسانی و با سرعت در آبیکه حاوی مقدار کمی نمک است، واگرا یا خرات مجتمع آن از هم گسیخته میشوند.

۱-۱-۳-۱- بدت - این نوع خاکهای رسی عموماً "دارای خاصیت انقباضی و تورم زیادی بوده، مقاومت آنها در مقابل فرسودگی کم، و در حالت دست نخورده نفوذپذیری کمی دارند."

۴- خلاصه روش آزمایش

۱-۱-۱- آزمایش با عبور جریان افقی آب مقطر نسبت ارتفاع هیدرولیکی 5 میلی متری (2 اینچ) از میان سوراخی به قطر $1/4$ میلی متر (0.4 اینچ) که در داخل نمونه خاک ایجاد شده، شروع میشود. اصول این آزمایش فرقی بین خاک رسی واگرا و غیرواگرا را بیان می کند. آبیکه از خاک رسی

واگرا عبور کند تیره شده و قطر سوراخ داخل نمونه بزرگتر و جریان آب سریعتر خواهد شد.

ولی اگر آب از نمونه نیمه واگرا (یا کم واگرا) عبور کند، رنگ آن کمی تیره و اندازه سسوراخ ایجاد شده و سرعت جریان آب در نمونه ثابت خواهد ماند. و چنانچه آب از خاک رس غیرواگرا عبور کند رنگ آب کاملاً "شفاف بوده و تغییر محسوسی در اندازه سوراخ بوجود نخواهد آمد.

۴ - ۲ - نتیجه آزمایش از روی شکل ظاهری آب خروجی (از نمونه)، شدت جریان آب و اندازه نهائی سوراخ ایجاد شده در نمونه ارزیابی میشود. و این مشاهدات اساس طبقه بندی خاک را - معین می‌کند.

۵ - مشخصات و دامنه کاربرد

۵ - ۱ - آزمایش سوراخ سوزنی روشی است جهت مشخص کردن خصوصیات واگرائی خاکهای رسی که در سازه‌های خاکی مصرف میشوند. پدیده *Piping Failure* تعدادی از سدهای خاکی هموزن، فرسایش در طول کانالها یا مخازن کانالها، ریزش فرسایش سازه‌های خاکی معرف فرسودگی کلوئیدال در طول ترکها و یا مجاری عبور آب ایجاد شده در توده رسهای واگرا میباشد.

۵ - ۲ - این آزمایش عمل و اثر عبور آب در طول پیک ترک موجود در خاکریز را نمایش می‌دهد. سایر روشهای غیر مستقیم نظیر آزمایش هیدرومتری مضاعف، و آزمایش کرامب (*Crumb*) که کدورت محلول سوسپانسیون رس کلوئیدی را بعنوان شاخصی از رس واگرا معرفی می‌کنند. همچنین در روشهای شیمیائی درصد سدیم به کل نمکهای محلول معرف رس‌های واگرا میباشد. با مقایسه نتایج بدست آمده از آزمایش سوراخ سوزنی و سایر روشهای غیر مستقیم مشروحه فوق که بر روی صدها نمونه انجام گرفته چنین نتیجه میشود که آزمایش سوراخ سوزنی با واقعیت عمل فرسایشی خاک در طبیعت نزدیکتر است.

۵ - ۳ - برای ارزیابی نتایج آزمایش سوراخ سوزنی به روشهای **A** و **C** لازم است تیرگی آب خروجی از سیستم، اندازه نهائی قطر سوراخ تعبیه شده در نمونه، و شدت جریان عبور آب مورد بررسی قرار گیرد، تا بتوان صفات واگرائی خاک رس را رده بندی کرد.

در روش **B** تیرگی آب خروجی و اندازه نهائی قطر سوراخ ایجاد شده در نمونه احتیاج است تا بتوان صفات واگرائی خاک رس را رده بندی نمود.

روش **A** راهنمای خوبی است برای تهیه لوازم و وسایل آزمایش و رفتار نمونه خاک در زیر فشار ممتد که در طول آزمایش عمل میشود و گرنه تمام روشها نتیجه مشابهی را نشان میدهند. و هر روشی را برای مشخص کردن خصوصیات واگرائی میتوان بکار برد.

۵ - ۴ - استاندارد روش A و C منتهی به جمع آوری اطلاعاتی میشود که به جریان ممتد آب از سوراخ سوزنی و همچنین به فرسایش و بزرگ شدن ممتد سوراخ ایجاد شده در نمونه وابسته میباشد آزمایش فرسایش سوراخ سوزنی فقط برای شناسایی خصوصیات خاک رس و گرا میباشد و سعی بر آن نیست که مدل هندسی مناسبی از يك سازه را نمایش دهد.

از آزمایش سوراخ سوزنی نتایج کمی بدست نمی آید و نباید مقدار عبور جریان آب از سوراخ سوزنی و مقدار فرسایش آن را با شدت فرسایش خاک در شرایط واقعی متحرک ربط داد. بلکه این اطلاعات در ارزیابی کیفی خرابی سدها در اثر فریبایش که باعث از بین رفتن جان و مال مردم میشود مفید میباشد. همچنین در مورد پائین آوردن مخارج و حداقل کردن اثرات ناشی از واگرایی خاکهای رسی استفاده میشود. برای مثال در مدت زمان طولانی مقدار فرسایش خاک رسی ND2 (نیمه واگرا) نسبتاً کم است. فرسودگی تا این حد از نظر مخارج رابطه "مخارج - سود" اهمیتی ندارد، مشروط بر آنکه سلامت عمومی در خطر نباشد و روش نگهداری عمومی برای حفاظت کافی نباشد. در این حالت طبقه بندی خاک ND (غیر واگرا) بر روش آزمایش سوراخ سوزنی کفایت می کند.

۵ - ۵ - چنانچه در نتیجه آزمایش سوراخ سوزنی، خاک نیمه واگرا باشد (مثل ND2 در روشهای A و C و یا SD به روش B) در این صورت به درستی نمیتوان در مورد باینداری و بسامان طرح سازه تصمیم گرفت. لذا در این چنین موارد توصیه میشود نمونه برداری مجدداً انجام و آزمایش تکرار گردد. برای اینکار تعدادی نمونه از منطقه اخذ و مجدداً آزمایش انجام میشود تا نتایج آماری بدست آید. چون ممکن است صدها این خاک نمونه در کنار منطقه خاکهای رسی واگرا قرار گرفته باشد.

۵ - ۶ - در برخی مناطق جغرافیایی و اقلیمی نه تنها آزمایش سوراخ سوزنی بلکه سایر آزمایشات دیگر هم نمیتوانند مشخصات خاک واگرا را دقیقاً نشان دهند، در چنین شرایطی ارزیابی براساس تاثیر هزینه ها و فضا در طراحی انجام میشود.

۵ - ۷ - در بعضی از پروژهها ممکن است بجای آب مقطر (در آزمایش سوراخ سوزنی) از آب آلوده استفاده شود. در چنین موارد هم روش A و B یا C میتواند برای تشخیص خصوصیات واگرایی خاک سنگار رود و نتایج حاصل با کاربرد آب مقطر مقایسه شود.

۶ - محدودیت ها

۶ - ۱ - برای بوجود آوردن شرایط مناسبی که بتواند فرسایش رس و گرا و غیره را در این

آزمایش مشخص کند ، محدودیتها و شرایطی بشرح ذیل وجود دارد :

۶-۱-۱- این آزمایش برای خاکهای کمتراز ۱۲٪ ذرات کوچکتر از ۰/۰۰۵ میلی متر و یسا دامنه خمیری آن کمتر یا مساوی ۴ باشد ، مناسب نیست . این نوع خاکها اغلب مقاومت کمی در مقابل فرسودگی دارند .

۶-۱-۲- نتیجه خوب وقتی بدست می آید که در صد رطوبت طبیعی خاک در طول مدت نمونه برداری ارسال ، انبارداری و عملیات آزمایشگاهی بهمان نحو حفظ شود .

۶-۱-۳- چندین گزارش وجود دارد که آزمایش سوراخ سوزنی نتوانسته برخی از خاکهای رس واگرا را طبقه بندی کند . این حالت موقعی بوده که کل نمکهای محلول موجود در خاک رس - کمتر از 1 mg/l بوده و درصد سدیم موجود در کل نمکها بیش از ۸۰٪ باشد .

۶-۱-۴- این آزمایش برای خاکهای دست خورده که در سیلندر آزمایش متراکم میشوند طراحی شده است . همچنین می توان خاکهای دست نخورده را هم مورد آزمایش قرار داد در صورتیکه بطریق صحیحی در داخل سیلندر آزمایش قرار گیرند . برخی از محققان به این نتیجه رسیده اند که این آزمایش برای نمونه خاکهای دست نخورده که حاوی رسهای شدیدا " حساس باشند " مناسب نیست . این نوع رس ها طبق آزمایش سوراخ سوزنی ممکن است از نوع واگرا طبقه بندی و شناسائی شوند ، در حالیکه طبیعت عملا " رفتار غیر واگرائی داشته باشند .

۶-۱-۵- این آزمایش با آب مقطر (عامل فرسایش) دارای pH حدود ۵/۵ تا ۷ انجام میگردد . استفاده از آبهای ترکیبات و یا غلظتهای دیگری باشند ، نتایج آزمایش را تنبیر می دهد .

۷- طبقه بندی

اصول و معیار طبقه بندی خاک برای خاصیت واگرائی بشرح ذیل است :

۷-۱-۱- روش (A)

D_2 و D_1 - خاکهای رسی واگرا^(۱) تحت ارتفاع هیدرولیکی 50 mm سرعت فرسایش

می یابند .

HD_4 - HD_3 - خاکهای رسی کم نیمه واگرا^(۲) تحت ارتفاع هیدرولیکی 50 mm (۲ اینج)

یا 180 mm (۷ اینج) به آرامی فرسایش می یابد .

1) - Dispersive clays

2) - Slightly to moderately dispersive clays

ND_2, ID_1 - خاکهای رسی غیر واگرا^۱ - تحت ارتفاع هیدرولیکی 28.0 MN (۱۵ اینچ) بیجا
 10.2 MN (۴۰ اینچ) خیلی کم و یا بدون فرسایش باقی میمانند.

۷-۱-۲- روش (B)

D - رس واگرا سرعت تحت ارتفاع 5.0 MN فرسوده میشود.
 SD - رس نیمه واگرا به آرامی تحت ارتفاع 18.0 MN فرسوده میشود.
 ND - رس غیرواگرا خیلی کم و یا هرگز تحت ارتفاع 28.0 MN فرسودگی کلوییدی نشان نمیدهند.

تیسره - ۱ - با توجه به مقایسه روشهای A و B

$$D = D_1, D_2, ND_4$$

$$SD = ND_3$$

$$ND = ND_2, ID_1$$

۷-۱-۳- روش (C)

D_2, D_1 - خاک رس واگرا - تحت ارتفاع هیدرولیکی 5.0 MN سرعت فرسوده میشود.
 ND_2, ND_4 - خاک رس نیمه واگرا - تحت ارتفاع 5.0 MN و 18.0 MN یا 28.0 MN به آرامی فرسایش مییابد.
 ND_1, ND_2 - خاک رس غیرواگرا - تحت ارتفاع هیدرولیکی 28.0 MN خیلی کم و یا بدون فرسایش باقی میمانند.

۸- وسایل آزمایش

۸-۱ - وسایل آزمایش سوراخ سوزنی - نمونه‌امتی از وسایل آزمایش سوراخ سوزنی در شکل‌های ۱ و ۱ و ۲ نشان داده شده است. سایر انواع و اندازه قالبها یا ظرفها و نیز صفحات بالا و پائین ممکن است برای این آزمایش بکار روند، مشروط بر اینکه طول نمونه خاک مورد عمل 28 میلی‌متر ($1/5$ اینچ) قطر سوراخ داخل نمونه یک میلی‌متر ($0/04$ اینچ) باشد. قطر سوراخ مرکزی قیف هادی یا ابزار دیگری که برای ایجاد سوراخ در نمونه بکار می‌رود، بایستی $1/5$ میلی‌متر ($0/09$ اینچ) باشد.

3) - Nondispersive clays

۸ - ۱ - ۱ - اندازه لوله خروجی آب باید با اندازه کافی بزرگ باشد تا حداکثر عبور جریان بدون ایجاد خلأ، نسبی انجام شود. خلأ، نسبی وقتی ایجاد میشود که قطر لوله خروجی آب نسبت به حداکثر ظرفیت تخلیه کوچک بوده و یا لوله ارتجاعی بلندی به لوله خروجی وصل شده باشد.

۸ - ۱ - ۵ - وجود خلأ، نسبی در سیستم باعث پدید آمدن فشار هیدرولیکی بیش از مقادیری که در مشخصات آزمایش، بخش ۱۰ ذکر شده، میشود.

۸ - ۱ - ۳ - تعبیه يك سوراخ تنفسی در مرکز صفحه پایه به قطر ۱/۶ تا ۳ میلی‌متر (۱/۶ تا ۱/۸ اینچ) مطابق شکل ۱ غالباً "عمل تخلیه آب از سیستم را در فشار اتمسفر، بدون ایجاد خلأ، نسبی، تضمین می‌کند."

۸ - ۲ - مخزن آب - برای تامین و نگهداری آب مقطر با PH حدود ۵/۵ تا ۷ در ارتفاع ثابت

۸ - ۳ - استوانه مدرج - استوانه‌های مدرج به ظرفیت‌های ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌لیتر

۸ - ۴ - تورسیمی - تورسیمی با سوراخهای کوچکتر از ۲ میلی‌متر (۰/۰۸ اینچ) - این تورسیمی به شکل دایره و با اندازه قطر داخلی لوله نمونه آزمایش تهیه میشود.

۸ - ۵ - سوزن فولادی - میله سفت فولادی (مثل سوزن هیپو درمیک یا مته کوچک) با قطر يك میلی‌متر (۰/۰۳۹ اینچ) و به طول ۵۰ تا ۷۵ میلی‌متر (۲/۵ تا ۳ اینچ).

۸ - ۶ - قیف هادی تمرکز دهنده - قیف مخروطی است با سوراخی به قطر ۱/۵ میلی‌متر (۰/۰۵۹ اینچ)

۸ - ۷ - ماسه درشت - ماسه شسته شده عبوری از الک نمره ۱۰ مانده روی الک ۱/۴ اینچ (۲ تا ۶ میلی‌متر قطر)

۸ - ۸ - ساعت - با دقت قرائت تا ۰/۱ ثانیه.

۸ - ۹ - مانومتر - لوله باریک بلند یا مانومتر برای اندازه‌گیری ارتفاع هیدرولیکی.

۹ - آماده سازی نمونه‌ها :

۹ - ۱ - ۱ - خاک دست خورده با رطوبت طبیعی

۹ - ۱ - ۱ - تمامی دانه‌های شن و ماسه درشت تر از ۲ میلی‌متر (الک نمره ۱۰) را از نمونه جدا سازید.

تیسره - ۲ - بوسیله فشار دست خاک را بر روی الک نمره ۱۰ تفکیک، دانه‌های درشت را جمع‌آوری نمائید. و چنانچه مصالح از جنس ماسه، با اندازه متوسط باشد، برای جلوگیری از بسته شدن مجرای سوراخ سوزنی می‌توانید از الک کوچکتر استفاده کنید.

۹ - ۱ - ۲ - رطوبت خاک را اندازه‌گیری نمائید ، و بمنظور تنظیم رطوبت خاک به میزانیکه عملاً " برای تراکم خاک در سازه بکار میرود ، می‌توانید مقداری آب مقطر به خاک افزوده و با درصورت زیادبودن رطوبت آنرا در معرض هوا خشک کنید .

بهرحال رطوبت خاک بایستی در محدوده ۲٪ رطوبت موردعمل در هنگام تراکم سازه باشد .

۹ - ۲ - خاک دست خورده ، خاک خرد شده ، در هوا خشک شده

۹ - ۲ - ۱ - اتمامی دانه‌های شن و ماسه بزرگتر از ۲ میلی‌متر (الک نمره ۱۰) را جمع‌آوری نمائید .

۹ - ۲ - ۲ - با آب مقطر رطوبت خاک را به محدوده مشخصات (حدود ۲٪ آب مورد استفاده در موقع تراکم سازه) برسانید .

۹ - ۲ - ۳ - برای تراکم خاک از وسائل و روش مندرج در D698 استفاده کنید .

۹ - ۲ - ۴ - نمونه کوبیده شده را از قالب تراکم خارج کرده و در ظرف حافظ رطوبت (یا کیسه پلاستیکی مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت قبل از آزمایش سوراخ سوزنی نگهداری کنید) نمونه بخاطر عمل آسایش *Curing* ممکن است در همان قالب تراکم و در لفاف پلاستیک نگهداری شود .

۹ - ۲ - ۵ - نمونه متراکم استوانه‌ای شکل بایستی شکسته شده و از الک نمره ۱۰ (۲ میلی‌متر) عبور داده شود . این عمل همانطوریکه در بند (۱۰ - ۱ - ۱) شرح داده شده بایستی قبل از آزمایش انجام شود .

تیمبره ۳ - عمل تراکم و دوباره الک کردن خاک دست خورده تاثیر زیادی در کیفیت یکنواخت گسردن آب داخل نمونه دارد . بهر حال از روشهای دیگر هم ممکن است بمنظور بخش یکنواخت آب در کل نمونه استفاده شود .

۹ - ۳ - خاک دست نخورده (نمونه بصورت مغزه یا بلوک)

۹ - ۳ - ۱ - نمونه‌ای بطول ۳۸ میلی‌متر و کاملاً به اندازه قطر استوانه آزمایش بریده ، و داخل استوانه آزمایش قرار دهید تا روی تورسیم که در زیر آن شن ریز قرار داده ، جا داده شود (شکل - ۱) .

۹ - ۳ - ۲ - بمنظور جلوگیری از نفوذ آب بین نمونه و دیواره استوانه آزمایش قسمت بالایی نمونه را با خاک رس یا سایر مواد ضد آب کاملاً آب بندی نمائید .

۱۰ - آزمایش به روش ($\frac{h}{k}$)

۱۰ - ۱ - ۱ - نمونه متراکم شده

۱۰ - ۱ - ۱ - ۱ - نمونه ۳۸ میلی‌متری داخل استوانه آزمایش را که بر روی توری سیمی قرار دارد متراکم کنید . (در این حالت توری سیمی بر روی بستر ناهمواری متقرار میباشد) .

۱۰ - ۱ - ۱ - ۱ - درصد رطوبت و دانسیته خشک نمونه متراکم مورد آزمایش بایستی طبق مشخصات و کارهای ساختمانی مورد نظر باشد.

(Harvard Compaction)

۱۰ - ۱ - ۱ - ۲ - موقعیکه از دستگاه تراکم هاروارد

و وسائل نفوذپذیری استفاده میشود ، بمنظور دستیابی به ۹۵ درصد حداکثر دانسیته خشک طبق روش تراکم D698 ، لازم است نمونه داخل سیلندر در ۵ لایه و هر لایه با ۱۶ ضربه متراکم گردد.

در این حالت قدرت فشر کوبه هاروارد ۱۵ پاوند (۶/۸ کیلوگرم) میباشد.

۱۰ - ۱ - ۲ - قیف هادی (از جنس برنجی ، پلاستیکی یا سایر مواد) را که دارای سوراخی مرکزی به قطر ۱/۵ میلی متر میباشد ، با فشار دست بر سطح با لایه نمونه فشار دهید .

تبصره - ۴ - بهنگام جاگذاری هادی سوزن بصورت عمودی در وسط خاک دقت لازم بعمل آورید .

۱۰ - ۱ - ۳ - سوزن مخصوص ایجاد سوراخ در خاک (سوزن شماره ۱۹ هیپو درمیک با قطری معادل یک میلی متر یا ۰/۰۳۹ اینچ) - را از وسط قیف هادی سوزن عبور داده و با فشار دست آنرا در نمونه خاک وارد کنید بطوریکه نوک سوزن داخل لایه ماسه‌اشی (پشت تور سیمی) بشود .

تبصره - ۵ - دقت کنید که سوزن کاملاً در خاک نفوذ کرده و حدود ۶ تا ۱۰ میلی متر هم داخل لایه ماسه‌اشی شده باشد . بعد از اتمام عمل نفوذ ، چندبار سوزن را بچرخانید تا مطمئن شوید کسه سوراخ ایجاد شده به لایه ماسه‌اشی رسیده است .

۱۰ - ۱ - ۴ - سوزن مخصوص را از نمونه خارج کنید .

تبصره - ۶ - سوزن را ۴ تا ۵ بار بچرخانید تا از پاک بودن و باز بودن سوراخ داخل نمونه مطمئن شوید .

۱۰ - ۱ - ۵ - پس از اتمام عمل فوق در حالیکه هادی سوزن در محل خود قرار دارد ، به دقت توری سیمی بالای نمونه را در محل خود سیم‌بند (محل خود سیم‌بند) قرار داده و سپس فضای باقیمانده را با ماسه درشت پر کنید .

تبصره - ۷ - دانه‌های ماسه بایستی با دقت در سطح بالای سیلندر روی نمونه قرار گیرند و فضای بین نمونه و صفحه بالای سیلندر آزمایش را کاملاً پرکنند .

تبصره - ۸ - اگر قیف هادی تمرکز دهنده به قسمت صفحه بالای سیلندر دستگاه آزمایش متصل باشد ، در اینصورت استفاده از هادی تمرکز دهنده مجزا ، توری سیمی ، ماسه درشت ، موردی ندارد .

۱۰ - ۱ - ۶ - پس از نصب صفحه بالای سیلندر و برقراری ارتباط آب (آب مقطر) و تنظیم ارتفاع هیدرولیکی (ابزار مربوطه) وسیله آزمایش سوراخ سوزنی (سیلندر) را مطابق شکل ، بصورت افقی قرار دهید .

تیمبره ۹ - در این مرحله از آزمایش شیر ارتفاع هیدرولیکی (رودی به نمرند) بسته است ولی شیر مربوط به اندازه گیری ارتفاع هیدرولیکی باز است (در صورت استفاده از شیر) .

۱۰ - ۱ - ۷ - آزمایش با باز کردن شیر ارتفاع هیدرولیکی و جریان آب به داخل سیلندر شروع میشود مشروط بر اینکه سطح ارتفاع هیدرولیکی در ۵۰ میلی متر (۲ اینچ) ثابت بماند .

تیمبره ۱۰ - چنانچه از لوله های قابل ارتجاع برای اتصال دستگاه به منبع یا ابزار اندازه گیری ارتفاع آب استفاده میکنید ، بایستی مطمئن شوید که تمامی مابقیهای ایجاد شده از سیستم (منبع و ابزار اندازه گیری) خارج شوند و بعد آزمایش شروع گردد .

۱۰ - ۱ - ۸ - زمان شروع آزمایش را یادداشت نمایید .

۱۰ - ۱ - ۹ - یک استوانه مدرج مقدار آب خروجی از نمونه را اندازه گیری کنید . و چنانچه هیچ آبی در شروع آزمایش از نمونه خارج نشد ، آزمایش را متوقف ، سوراخ موجود را تمیز کنید و یا سوراخ اولیه را درز گرفته و سوراخ دیگری ایجاد شود .

۱۰ - ۱ - ۹ - در دفعات اول و دوم یا سوم اندازه گیری مقدار آب خروجی به میزان هر ۰ میلی متر در واحد زمان و بر حسب ثانیه تعیین میشود . در مراحل بعدی زمان لازم برای بدست آوردن ۲۵ ، ۵۰ یا ۱۰۰ ml آب خروجی اندازه گیری میشود .

۱۰ - ۱ - ۹ - ۲ - حجم آب خروجی را می توان در فاصله زمانی هر ۶۰ ثانیه هم اندازه گیری کرد .

با این روش می توان دقت کافی تغییرات شدت جریان آب و ظرفیت هیدرولیکی را تعیین کرد (مثلاً سرعت جریان ثابت) .

۱۰ - ۱ - ۱۰ - بهنگام مشاهده و تعیین تیرگی آب خروجی در هر مرحله اندازه گیری تخلیه آب ، از کنار و هم از بالای استوانه بصورت عمودی به ستون مایع داخل استوانه بدرج نگاه کنید . و مقسداً تیرگی را بر حسب خیلی تیره ۱ - تیره ۲ - تیره ملایم ۳ - مختصری تیره ۴ - روشن یا رگه های تیره ۵ و یا شفاف گزارش کنید .

1- Very dark

2- dark

3- moderately dark

4- slightly dark

5- barely visible or Completely clear

۱۰ - ۱ - ۱۱ - آزمایش را با ارتفاع هیدرولیکی ۵۰ میلی متر بمدت ۵ دقیقه ادامه دهید.
چنانچه آب خروجی تیره و شدت جریان آب هم بتدریج تا ۱ و یا $1/4 \text{ ml/s}$ زیاد شود،
آزمایش کامل و تمام است.

۱۰ - ۱ - ۱۲ - صفحه بالای سیلندر آزمایش را برداشته نمونه خاک درون استوانه را خارج کنید.
سپس بکمک ابزار مناسبی نمونه را طولی و عرض برش دهید و اندازه سوراخ را در مقایسه با قطر
سوزن فولادی اندازه گیری نمائید.

۱۰ - ۱ - ۱۳ - چنانچه اندازه سوراخ بعد از آزمایش دو برابر قطر سوزن باشد، خاک در طبقه
خیلی واگرا $D1$ طبقه بندی میشود. و اگر مقدار شدت جریان و اندازه سوراخ متناقض هم باشند
آزمایش مجدداً تکرار شود.

تبصره - ۱۱ - تجربه نشان داده است که در صورتیکه قطر سوراخ تمرکز دهنده سوزن آزمایش معادل
 $1/5 \text{ mm}$ ، ارتفاع هیدرولیکی 50 mm باشد، سرعت جریان آب حدود $1/2$ تا
 $1/3 \text{ ml/s}$ خواهد بود. و اگر سرعت جریان آب از این مقدار بیشتر شد، در سیستم خروجی
ممکن است مقداری خلأ وجود داشته باشد و یا اینکه ارتفاع اولیه بیشتر از 50 mm است.

۱۰ - ۱ - ۱۴ - اگر در شرایط ۵۰ میلی متر هیدرولیکی، آب خروجی کاملاً تیره باشد ولی سرعت
جریان آب در پایان ۵ دقیقه از 1 ml/s تجاوز نکند، آزمایش را بمدت ۵ دقیقه دیگر (کلاً
۱۰ دقیقه) ادامه دهید و در پایان ۱۰ دقیقه اگر باز هم آب خروجی تیره بود، آزمایش را متوقف
قطر سوراخ را اندازه گیری نمائید. در این حالت چنانچه سرعت جریان آب تا $1/3 \text{ ml/s}$ بود و
اندازه سوراخ از $1/5$ برابر قطر سوزن تجاوز کرد، خاک را واگرا (۲) طبقه بندی کنید. اما اگر
سرعت جریان آب $0/8$ تا 1 ml/s باشد و اندازه سوراخ از $1/5$ برابر قطر تجاوز نکرده باشد
خاک نیمه واگرا $ND4$ دانه بندی شود.

۱۰ - ۱ - ۱۵ - چنانچه رنگ آب خروجی در ارتفاع هیدرولیکی ۵۰ میلی متری که در پایان ۱۰ دقیقه
شفاف یا کمی تیره بود و مقدار سرعت آب $0/4$ تا $1/8 \text{ ml/s}$ باشد، ارتفاع هیدرولیکی را به
۱۸۰ میلی متر افزایش دهید. در این حالت اگر ظاهر آب خروجی کاملاً تیره باشد و سرعت خروج
آب بسرعت به $1/4$ تا $2/7 \text{ ml/s}$ برسد، آزمایش را متوقف و اندازه سوراخ را تعیین کنید.
چنانچه اندازه سوراخ معادل یا بزرگتر از $1/5$ تا ۲ برابر قطر سوزن بود، خاک را کم تا نیمه
واگرا $ND3$ طبقه بندی کنید.

۱۰ - ۱ - ۱۶ - چنانچه بعد از ۵ دقیقه آب خروجی در ارتفاع هیدرولیکی ۱۸۰ میلی متر روشن یا کمی

کدر و شدت جریان ۰/۸ تا ml/s ۱/۴ باشد ، ارتفاع هیدرولیکی را به ۲۸۰ میلی‌متر افزایش دهید . اگر بعد از ۵ دقیقه در ارتفاع ۲۸۰ میلی‌متری ، آب خروجی کدرتر شد و سرعت جریان به ۱/۸ تا ml/s ۳/۲ رسید ، آزمایش را متوقف و خاک را کمی واگرا $ND3$ طبقه بندی کنید .

۱۰ - ۱ - ۱۷ - اگر بعد از ۵ دقیقه آب خروجی در ارتفاع ۲۸۰ میلی‌متر کاملاً " شفاف و سرعت جریان تا ml/s ۱/۸ بود ، ارتفاع هیدرولیکی را به ۱۰۲۰ میلی‌متر (۴۰ اینچ) افزایش دهید . در این حالت چنانچه بعد از ۵ دقیقه مختصر تیرگی (یا اثری از کدورت) در آب خروجی مشاهده گردید و یا شدت جریان بیش از ml/s ۳ بود خاک را غیر واگرا $ND2$ طبقه بندی کنید .

در غیر این صورت خاک غیر واگرا $MD1$ خواهد بود . سرعت جریان آب در خاک $ND1$ تحت ارتفاع هیدرولیکی ۱۰۲۰ میلی‌متر معمولاً " کمتر از ml/s ۳ و اندازه سوراخ داخل نمونه در پایان آزمایش نپایستی معمولاً " بزرگتر از قطر سوزن باشد .

تبصره - ۱۲ - آزمایش با ارتفاع ۱۰۲۰ میلی‌متر (۴۰ اینچ) اختیاری است و برای اغلب پروژه‌ها ضرورت ندارد .

۱۰ - ۱ - ۱۸ - فرم پیشنهادی برای ثبت اطلاعات آزمایش سوراخ سوزنی در شکنهای ۶ و ۷ نشان داده شده است :

۱۰ - ۲ - نمونه‌های دست نخورده

۱۰ - ۲ - ۱ - روش آزمایش نمونه‌های دست نخورده مشابه روش نمونه‌های متراکم شده میباشد .
(بند ۱۰ - ۱ - ۲ تا ۱۰ - ۱ - ۱۷) .

تبصره - ۱۳ - برای برخی از نمونه‌های دست نخورده ، فرو بردن قیف هادی ممکن است خیلی مشکل و یا باعث خرابی نمونه شود . در چنین شرایط خاصی میتوان قیف را حذف کرد . در این حالت در موقع ثرو کردن سوزن بدون استفاده از قیف هادی دقت زیادی لازم است که نمونه خراب نشود ، بعلاوه ممکن است جریان آب خروجی طوری تغییر کند که تحلیل معیارهای جدول (۱) را اعتبار ندارد . بنابراین چنانچه از قیف هادی استفاده نشود در گزارش بایستی این موضوع قید گردد .

۱۰ - ۲ - ۲ - لازم به تذکر و توجه است که جریان آب ، مقطع نهائی و شکل سوراخ داخل نمونه‌های دست نخورده ، ممکن است نسبت به نمونه‌های متراکم شده تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشته باشد . ساختار خاک طبیعی (مطبق یا غیر منظم ، منانه (یا خلاء) غیر منظم ، ناهمگون بودن) و خصوصاً " خاکهای رسوبی ممکن است در سرعت جریان و عمل خوردگی در طول سوراخ نمونه تأثیر گذاشته و این تأثیر ممکن است اثرش بیشتر از حضور رسهای واگرا باشد .

روش آزمایش مشابه روش A بند (۱۰ - ۱) تا (۱۰ - ۲) میباشد باستثناء تحلیل نتایج

و طبقه بندی خاک ،

۱۱ - ۱ - ۱ - هرگاه آب خروجی نمونه ، تحت ارتفاع هیدرولیکی 50 cm "کاملاً" تیره و یا بطور متوسط تیره باشد و اندازه سوراخ نمونه بعد از آزمایش بیشتر از $1/5$ برابر قطر سوراخ باشد .
در این حالت خاک ، واگرا D ، طبقه بندی میشود .

۱۱ - ۱ - ۲ - چنانچه آب خروجی از نمونه تحت ارتفاع هیدرولیکی 180 میلیمتر (۷ اینچ) یا 280 میلیمتر (۱۵ اینچ) کمی تیره و اندازه سوراخ نمونه معادل یا بزرگتر از $1/5$ برابر قطر سوزن باشد ، در این حالت خاک کمی واگر (یا نیمه واگر) SD رده بندی میشود .

۱۱ - ۱ - ۳ - اگر آب خروجی نمونه ، تحت ارتفاع هیدرولیکی 280 میلیمتر (۱۵ اینچ) هیچگونه تیرگی نداشته باشد و یا فقط در اثر وجود تعداد کمی ذرات مختصر گذورتنی مشاهده شود ، و اندازه سوراخ نمونه بعد از آزمایش کمتر از $1/5$ برابر قطر سوزن باشد . در این مورد خاک غیر واگرا (یا هم گرا) ND طبقه بندی میشود .

تیسره ۱۴ - هر دو روش فوق الذکر احتیاط لازم در مورد آب خروجی مطابق مفاد بند (۸ - ۱ - ۱) تا (۸ - ۱ - ۳) انجام شود .

۱۲ - روش C

۱۲ - ۱ - روش آزمایش به طریق C همانند روش A با توجه به مفاد بندهای (۱۰ - ۱) و (۱۴ - ۲) میباشد . با این تفاوت که معیارهای طبقه بندی صفات خاک واگرا بشرح ذیل است :

۱۲ - ۱ - ۱ - هرگاه آب خروجی از نمونه تحت ارتفاع هیدرولیکی 180 میلیمتر (۷ اینچ) دارای تیرگی متوسط و سرعت ۲ تا $2/8 \text{ ml/s}$ در مدت ۵ دقیقه باشد ، خاک HD4 طبقه بندی میشود .

۱۲ - ۱ - ۲ - هرگاه آب خروجی از نمونه ، تحت ارتفاع هیدرولیکی 280 میلیمتر (۱۵ اینچ) و بمدت ۵ دقیقه دارای کمی تیرگی تا شفاف باشد و سرعت آب $2/4$ تا $2/2 \text{ ml/s}$ خاک HD3 طبقه بندی میگردد .

۱۲ - ۱ - ۳ - هرگاه آب خروجی از نمونه ، تحت ارتفاع هیدرولیکی 280 میلیمتر (۱۵ اینچ) و بمدت ۵ دقیقه ، شفاف تا کمی تیره و سرعت جریان $1/6$ تا $2/4 \text{ ml/s}$ باشد ، خاک ND2 طبقه بندی میشود .

۱۲ - ۱ - ۴ - چنانچه آب خروجی از نمونه ، تحت ارتفاع هیدرولیکی ۲۸۰ میلیمتر (۱۵ اینچ)
و بمدت ۵ دقیقه ، کاملاً " شفاف و سرعت آن ۱/۶ تا ۱/۸ ml/s باشد ، خاک ND1 طبقه بندی
میشود .

۱۳ - ارزیابی نتایج آزمایش

۱۳ - ۱ - معیار ارزیابی نتایج آزمایش سوراخ سوزنی بطور خلاصه در جدول (۱) آورده شده است .
۱۳ - ۲ - بعد از اتمام آزمایش مطابق شکل ۶ و ۷ - شکل و اندازه سوراخ سراسری نمونه را بررسی
و یادداشت نمایید .

۱۳ - ۳ - در بررسی نتایج آزمایش نمونه‌های دست نخورده ، میزان تیرگی آب خروجی ممکن است
خیلی مهمتر باشد از سرعت جریان آب ، همچنین وضعیت سوراخ بعد از آزمایش بایستی بدقت
مشاهده و یادداشت گردد .

نظر باینکه پروفیل عمودی خیلی از خاکها غیر همگن است ، بدین لحاظ در طول سوراخ
نمونه‌های دست نخورده عملاً " ممکن است در يك و یا چند سطح كوچك تمامی ذرات كلزگیستی
(واگرا) مجتمع شده باشند .

۱۴ - گزارش

۱۴ - ۱ - گزارش سوراخ سوزنی برای خاکهای واگر بشرح ذیل است :

۱۴ - ۱ - ۱ - نام و محل پروژه

۱۴ - ۱ - ۲ - محل ، عمق ، نوع ، رنگ ، هدف ، آزمایش ، مثال - چاهك شماره ۱ ، عمق ۱/۰۹ تن
۱/۸ متر (۳ تا ۶ فوت) رس دست خورده ، محل قرصه خاکریز . یا گمانه شماره ۵ ، عمق ۲/۴ تن
۲/۷ متر (۸ تا ۹ فوت) نمونه دست نخورده خاک رس لای دار به رنگ قهوه‌ای ، در محل احداث
کانال آب ایستگاه ۹۰۰

۱۴ - ۱ - ۳ - طبقه بندی خاک بر طبق D2487 یا D2488 (شامسسل)

دانه بندی و حدود اتزبرگد ، در صورت امکان) بر روی نمونه تهیه شده ، و مقدار درصد درشت دانه
بزرگتر از ۲ میلیمتر (الگ نمبره ۱۰) که از نمونه جدا شده (در صورتیکه انجام شده باشد) .

۱۴ - ۱ - ۴ - درصد رطوبت خاک قبل از تهیه نمونه آزمایشی .

۱۴ - ۱ - ۵ - مدت زمان عمل آوردن (در صورتیکه انجام شده باشد) .

D698

۱۴ - ۱ - ۶ - میزان تراکم نمونه آزمایشی مثال : ۹۵٪ حداکثر دانسیته طبق روش

۱۴ - ۱ - ۷ - درصد رطوبت نمونه آزمایشی .

۱۴- ۱- ۸- دانسیته خشک نمونه (اگر اندازه‌گیری شده است)

۱۴- ۱- ۹- روش آزمایش سوراخ سوزنی ، A یا B یا C

۱۴- ۱- ۱۰- ارتفاع هیدرولیکی بر حسب m^3/m (میلیمتر) ، شدت جریان آب خروجی بر حسب

ml/g (میلی لیتر در ثانیه) ، و تیرگی آب خروجی در پایان آزمایش ، مدت آزمایش ، شرح و اندازه سوراخ سراسری داخل نمونه بعد از اتمام آزمایش در مقایسه با قطر سوزن سوراخ کننده .

۱۴- ۱- ۱۱- طبقه بندی خاک از نظر واگرایی مثل D1 ، D2 ، ND4 ، ND3 ، ND2 ، ND1

به روش A یا C و یا D ، SD ، ND ، به روش B

۱۴- ۱- ۱۲- خصوصیات شیمیائی و منحنی تغییرات ارتفاع هیدرولیکی بر حسب زمان بسـررای

آب فرسایش دهنده (آب مقطر یا نوع دیگر آب) .

۱۴- ۱- ۱۳- تاریخ آزمایش ، نام آزمایش کننده .

۱۵- دقت و انحراف

۱۵- ۱- چون این آزمایش کیفی است برای آن میزان دقت و خطا تعیین نشده است .

جدول ۱ - ارزیابی نتایج آزمایش سوراخ سوزنی						
B طبقه بندی راگراشی	ارتفاع mm	زمان برای هر ارتفاع min	سرعت نهایی عبور آب از نمونه ml/s	تیرگی جریان آب در پایان آزمایش		اندازه سوراخ بعد از آزمایش mm
				از بالا	از کنار	
D ₁	۵۰	۵	۱ - ۱/۴	خیلی تیره	تیره	≥ ۲/۰
D ₂	۵۰	۱۰	۱ - ۱/۴	تیرگی متوسط	تیره	> ۱/۵
ND ₄	۵۰	۱۰	۱/۸ - ۱/۰	تیرگی متوسط	کمی تیره	≤ ۱/۵
ND ₃	۱۸۰	۵	۱/۴ - ۲/۲	کمی تیره	اثری از تیرگی	≥ ۱/۵
ND ₂	۲۸۰	۵	۱/۸ - ۲/۲	اثری از تیرگی روشن	> ۲/۰	< ۱/۵
ND ₁	۱۰۲۰	۵	کاملاً شفاف	کاملاً شفاف	کاملاً شفاف	۱/۰
B روش						
D	۲۰	۱۰	کمی تیره تا ...	خیلی تیره تا	تیرگی متوسط	≥ ۱/۵
SD	۱۸۰ - ۲۸۰	۵	اثری از تیرگی ...	کمی تیره	اثری از تیرگی ...	≥ ۱/۵
ND	۲۸۰	۵	شفاف ...	اثری از تیرگی	شفاف	< ۱/۵

A - معیارهای ارزیابی روش C به شکل ۸ توجه شود

B - معیارهای ارزیابی روش A از کارهای ویلسون

روش A

جدول پیشنهادی دفتر پژوهش و تحقیقات بعنوان راهنمای کار

ارتفاع میمیدرولیکی	مدت	حالت	رنگ آب خروجی	سرعت آب خروجی	اندازه سوراخ نمونه	آزمایش	طبقه بندی
۵۰ mm	۵ دقیقه اول	I	تیره	۱/۴ mL/s تا	۲ برابر قطر سوزن	تمام	D ₁ - خیلی واگرا
		II	تیره	< ۱ mL/s	↓	ناتمام	
	۵ دقیقه دوم	III	تیره	۱/۲ mL/s تا	۱/۵ برابر قطر سوزن >	تمام	D ₂ - واگرا
				۱ mL/s تا ۰/۸	۱/۵ برابر قطر سوزن <	تمام	ND ₄ - نیمه واگرا
		IV	شفاف یا کمی تیره	۰/۴ تا ۰/۸ mL/s	↓	ناتمام	
۱۸۰ mm	۵ دقیقه	I	تیره	۱/۴ تا ۲/۷ mL/s	≥ ۱/۵ تا ۲	تمام	ND ₃ - کمپانیمه واگرا
		II	روشن یا کمی کدر	۱/۴ تا ۰/۸ mL/s	↓	ناتمام	
۲۸۰ mm	۴ دقیقه	I	کدرتر	۱/۸ تا ۲/۲ mL/s	≥ ۱/۵	تمام	ND ₃ - کمی واگرا
		II	کامل شفاف	۱/۸ mL/s تا	↓	ناتمام	
۱۰۲۰ mm	۵ دقیقه	I	مختصری تیره	> ۲ mL/s	< ۱/۵	تمام	ND ₂ - غیر واگرا
		II	مختصری تیره	< ۲ mL/s	معادل قطر سوزن	تمام	ND ₁ - غیر واگرا

روش A

D₁ و D₂: رس واگرا - تحت ارتفاع ۵۰ mm سموت فرسایش زیاد.

ND₃ و ND₄: رس نیمه واگرا - تحت ارتفاع ۵۰ mm و یا ۱۸۰ mm به آرامی فرسایش می یابد.

ND₁ و ND₂: رس غیر واگرا - تحت ارتفاع ۲۸۰ mm و ۱۰۲۰ mm خیلی کم و بدون فرسایش میباشد.

حجم آب گیری: مراحل اول و دوم ۱۰۰ cm³، مرحله سوم و چهارم ۲۵۰ cm³ و مراحل بعدی ۵۰۰ cm³ و ۱۰۰۰ cm³

مقدار تیرگی:

روشن بارنگه های تیره شفاف - مختصری تیره - تیره ملایم - تیره - خیلی تیره

Very Dark Dark Moderately dark Slightly dark Barely Visible

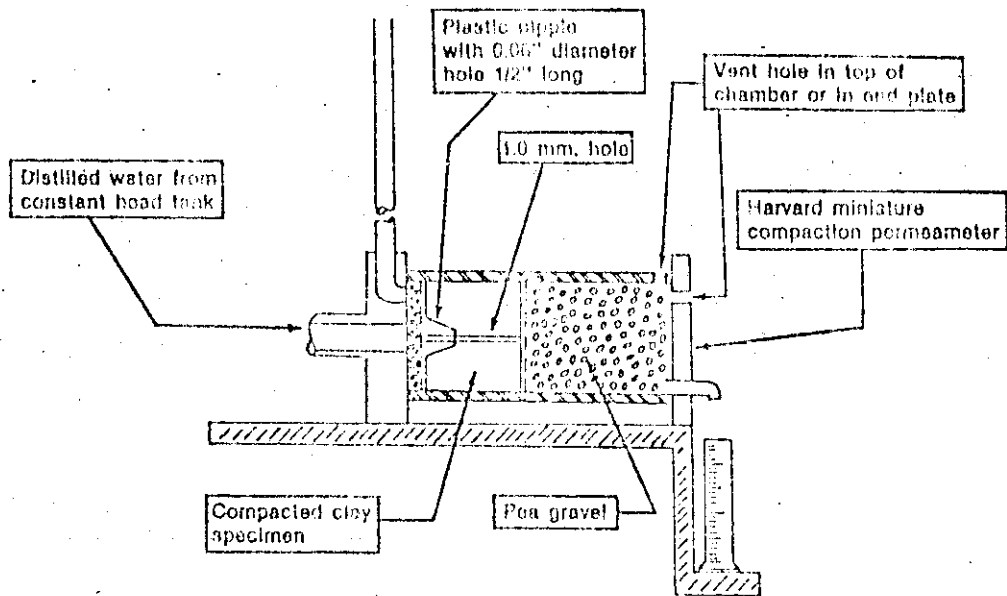


FIG. 1 Schematic Drawing of the Pinhole Test Equipment

شکل - ۱ - طرح شماتیک دستگاه آزمایش سوراخ سوزنی

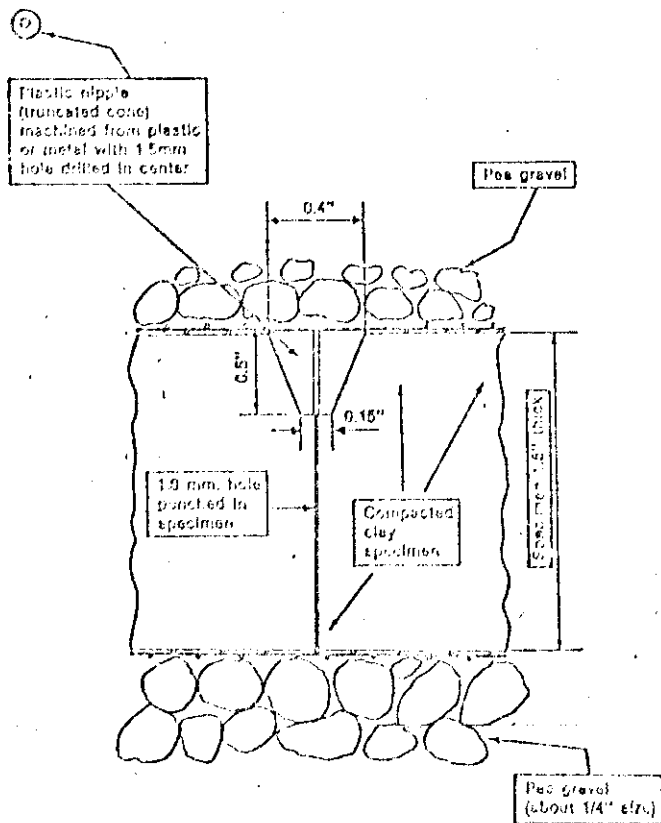


FIG. 2 Schematic Drawing of Pinhole Test Specimen

شکل - ۲ - طرح شماتیک و مشخصات نمونه در آزمایش سوراخ سوزنی

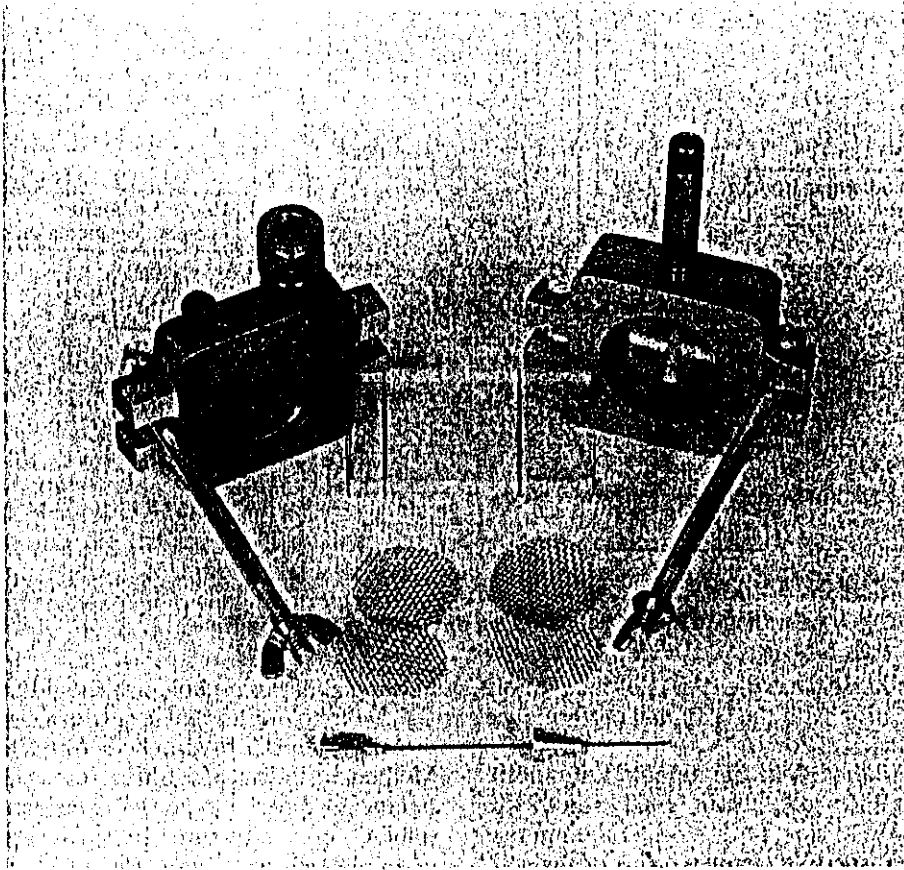
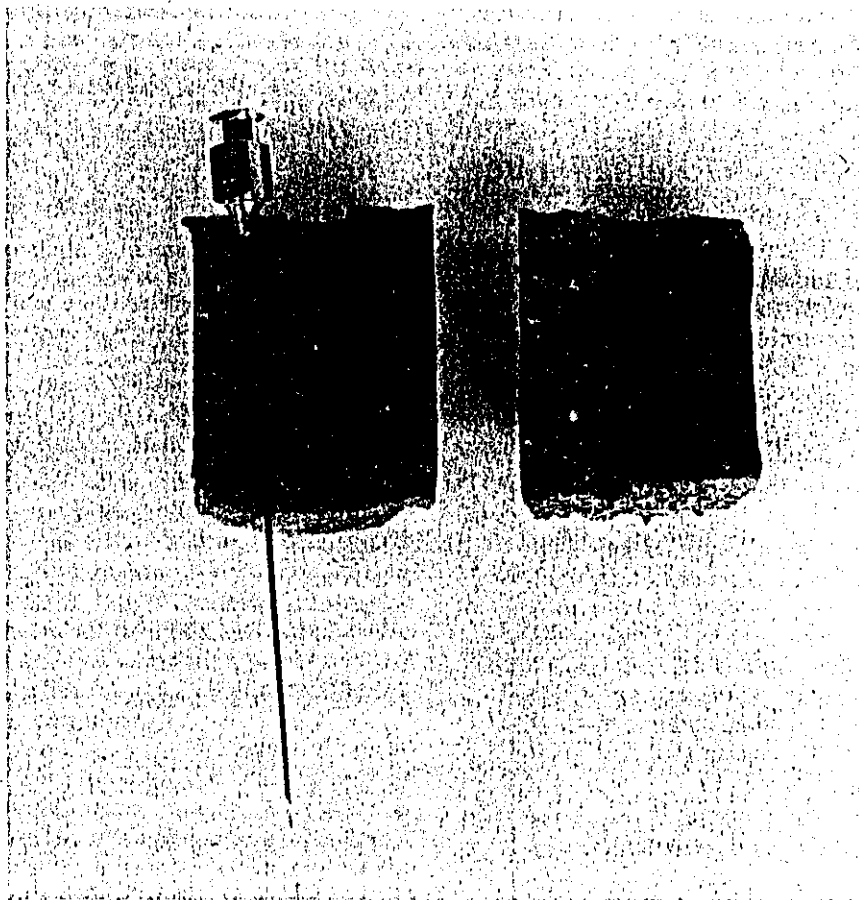


FIG. 3 Pinhole Test Mold, Screens, Nipple, and Needle

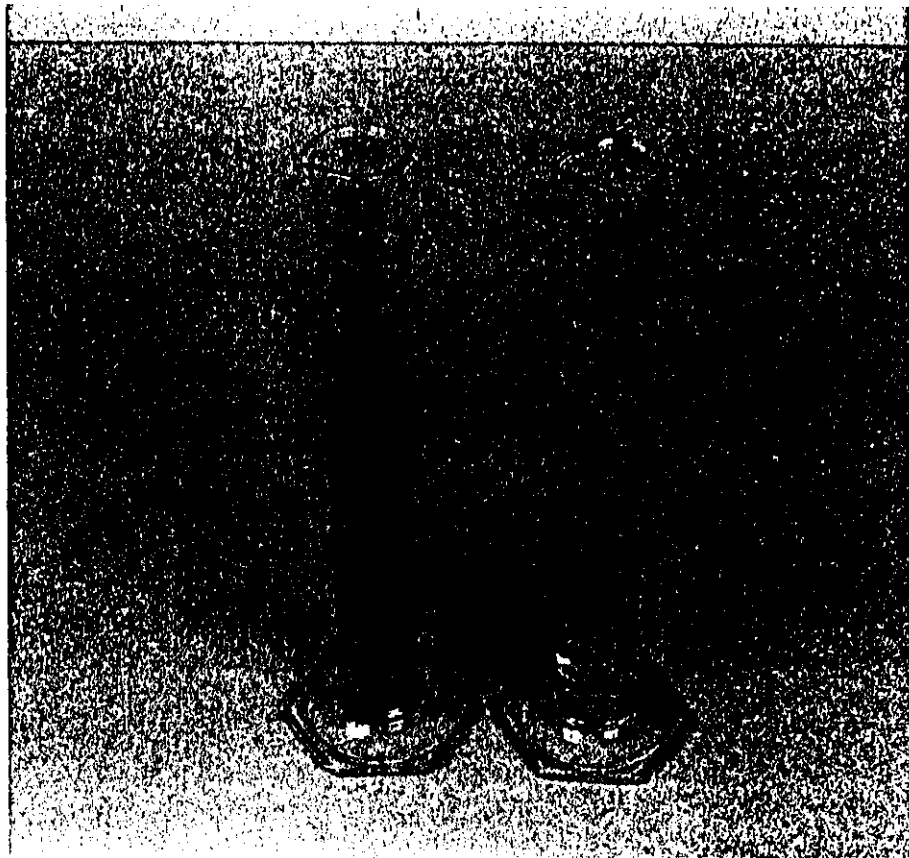
شکل - ۳ - قالب ، توری سیمی ، هادی سوزن و سوزن آزمایش سوراخ سوزنی



NOTE—Specimen on right shows typical enlargement of hole in dispersive clay after 5-min flow at 50-mm head. Specimen on left shows no discernible erosion in a nondispersive clay tested under a 1020-mm head.

FIG. 4 Appearance of Typical Clay Pinhole Specimens After Completion of Test

شکل - ۴ - مقایسه سوراخ خاک دو نمونه بعد از آزمایش



NOTE—Comparison of cloudy colloidal appearance of water flowing through dispersive clay specimen (left cylinder) with perfectly clear water from a nondispersive specimen (right cylinder).

FIG. 5 Comparison of Appearance

شکل - ۵ - ستابسه دو نمونه از آب خروجی - شفاف و تیره

PINHOLE TEST DATA

Sample No. F85-1647
 Compaction Characteristics Good
 Water Content 20%
 Distilled water added: Yes or No
 Curing Time None
 State Anywhere
 Project Earth Dam Site No. 16

Specimen after test
 Final hole 2.5-3.0mm
 Date 2-6-85
 Page 1
 By rg
 Flow started on 1 trial

Clock Time	Head	Flow		Flow Rate ml/s	Turbidity from Side						Remarks	
		ml.	sec.		Very Dark	Dark	Moderately Dark	Slightly Dark	Barely Visible	Completely Clear		
1400	2"	10	25	0.4		✓						
		10	10	1.0	✓							
		25	10	2.5	✓							Few particles falling
		25	19	1.3	✓							
		25	19	1.3	✓							
1403	50	39	1.3	✓								Many particles falling Stop test

FIG. 6 Typical Data for a Dispersive Clay

شکل - ۶ - نمونه نتایج آزمایش خاک واکبر

PINHOLE TEST DATA

Sample No. FBS-16A1
 Compaction Characteristics Good
 Water Content 20%
 Distilled water added: Yes or No
 Curing time None
 State Anywhere
 Project Earth Dam Site No. 16

Specimen after test
 Final hole 13mm Date 2-6-85
 Page 1
 By rg
 Flow started on trial

Clock Time	Head	Flow		Flow Rate (ml/min)	Turbidity from Side						Remarks		
		ml	sec		Very Dark	Dark	Modestly Dark	Slightly Dark	Barely Visible	Apparently Clear		Completely Clear	
1030	2'	10	28	2.1							✓	✓	
1031		10	28	2.1							✓	✓	
1035		25	62	2.4							✓	✓	
1040		25	62	2.4							✓	✓	
1041	7'	25	28	2.9							✓	✓	
1042		25	28	2.9							✓	✓	
1043		25	28	2.9							✓	✓	
1045		25	28	2.9							✓	✓	
1046	15'	50	30	1.6							✓	✓	(Note: Stop test at 15'-head in Method C)
1047		50	30	1.6							✓	✓	
1048		50	28	1.8							✓	✓	
1050		50	28	1.8							✓	✓	
1051	50'	50	16	3.1							✓	✓	
1052		100	31	3.2							✓	✓	
1052		100	31	3.2							✓	✓	
1053		100	30	3.3							✓	✓	
1055		100	30	3.3							✓	✓	Classification = MD, 2 or ND

FIG. 7 Typical Data for a Nondispersive Clay

• شکل - ۷ - نمونه نتایج آزمایش خاک رس غیر واگرا

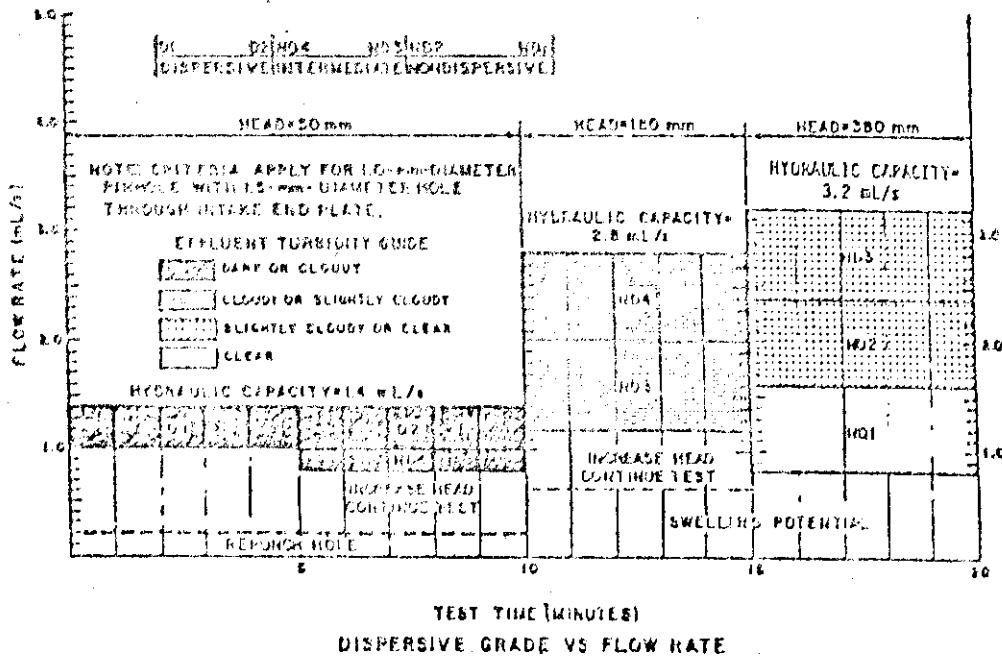


FIG. 8 Criteria for Method C

شکل - ۸ - ارزیابی نتایج به روش C

ASTM: D4718-87

روش استاندارد تصحیح وزن مخصوص و درصد رطوبت خاکهای حاوی ذرات درشت*

۱- هدف

۱-۱- در این دستورالعمل محاسبه وزن مخصوص و درصد رطوبت خاکهای حاوی ذرات درشت با استفاده از مقادیر وزن مخصوص و درصد رطوبت معلوم همان خاک در وضعیتی که بخش ذرات درشت آن برداشته شده است ارائه می‌گردد.

۱-۲- از این دستورالعمل همچنین می‌توان برای محاسبه وزن مخصوص و درصد رطوبت بخش ذرات درشت آن در حالتی که وزن مخصوص و درصد رطوبت مربوط به کل نمونه خاک (حاوی ذرات درشت) معلوم است، استفاده نمود.

۱-۳- اساس این دستورالعمل بر آزمایش‌هایی است که برحسب تعریف قسمت باقیمانده بر روی الک شماره ۴ بخش درشت دانه مصالح مورد آزمایش را تشکیل می‌دهد. این دستورالعمل برای خاکها و مخلوطهای خاک و سنگی که تا ۴۰٪ آن بر روی الک شماره ۴ مانده، قابل استفاده است. این دستورالعمل در مواردی که قسمت درشت آن باقیمانده بر روی الک دیگری مثلاً الک ۳/۴ اینچ تعریف شده نیز قابل استفاده است، اما محدوده درصد ذرات درشت که تصحیح در مورد آن معتبر است کمتر خواهد شد. توضیح اینکه این میزان در مورد الک ۳/۴ اینچ تا ۳۰٪ می‌باشد.

۱-۴- تداخل احتمالی بین ذرات درشت، ضریب کنترل کننده حداکثر درصد مجاز ذرات درشت است که وزن مخصوص قسمت ریزتر را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در بعضی دانه‌بندی‌ها، این تداخل، در درصد کمتری از ذرات درشت ممکن است اتفاق بیافتد. به همین جهت محدوده درصد این مصالح باید کمتر باشد تا در محاسبه تصحیح، بی‌دقتی به وجود نیاید. شخص یا موسسه‌ای که از این دستورالعمل استفاده می‌کند باید دسترسی به درصد کمتر را فراهم آورد.

۱-۵- این دستورالعمل را می‌توان در مورد هر درصدی از ذرات درشت که در محدوده بند ۱-۳ و ۱-۴ قرار گیرد، بکار برد، اما در مورد خاکهایی که ذرات درشت آنها اندک است، مقدار تصحیح ممکن است ناچیز و قابل استفاده عملی نباشد. موسسه یا شخصی که این دستورالعمل را به کار می‌برد، باید حداقلی برای درصد ذرات درشت معین کند که کمتر از آن این دستورالعمل به کار گرفته نشود. اگر حداقل فوق مشخص نشد مقدار ۵٪ ملاک خواهد بود.

* - Oversize particles

۲- اسناد مرجع

۲-۱- استاندارد ASTM

C ۱۲۷- روش آزمایش چگالی و جذب آب مصالح درشت.

D ۶۹۸- روش آزمایش تعیین رابطه بین دانسیته - رطوبت خاکها و مخلوطهای خاک - مصالح با استفاده از چکش ۵/۵ پوندی (۲/۴۹ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر).

D ۱۵۵۶- روش آزمایش تعیین رابطه بین دانسیته - رطوبت خاکها و مخلوطهای خاک - مصالح با استفاده از چکش ۱۰ پوندی (۵/۵۴) و ارتفاع سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر).

D ۲۱۶۷- روش آزمایش تعیین دانسیته خاک در محل به روش بالون لاستیکی

D ۲۲۱۶- روش آزمایش تعیین آزمایشگاهی درصد رطوبت (رطوبت) موجود در خاک، سنگ و مخلوطهای خاک - مصالح

D ۲۹۲۲- روش آزمایش تعیین دانسیته خاک و خاک - مصالح در محل به روش هسته‌ای (عمق سطحی)

D ۳۰۱۷- روش آزمایش تعیین میزان رطوبت خاک و خاک - مصالح در محل به روش هسته‌ای (عمق سطحی).

D ۴۲۵۳- روش آزمایش تعیین حداکثر اندیس دانسیته خاکها با استفاده از میز مرتعش

E 11. مشخصات الکهای سیمی برای انجام آزمایشهای موردنظر

۳- مزایا و موارد کاربرد

۳-۱- آزمایشهای تراکم بر روی خاکها، که بر طبق روشهای D۶۹۸، D۱۵۵۷، D۴۲۵۳ انجام میگیرد؛ برای اندازه ذراتی که در آزمایش می‌توان بکار برد محدوده‌ای قائل می‌شود. اگر خاک حاوی قلوه سنگ یا شن، یا هر دو، باشد، اختیاری است که ذرات باقی مانده بر روی الک معینی را از مصالح جدا کرده (مثلاً الک نمره ۴ (۴/۷۵ میلیمتر) یا الک ۳/۴ اینچ (۱۹ میلیمتر) یا اندازه مناسب دیگر) و آزمایش بر روی قسمت ریزتر انجام گردد. رابطه دانسیته و رطوبت تعیین شده از طریق آزمایشها، مشخصات واقعی مصالحی را که آزمایش شده‌اند منعکس می‌نماید و انعکاسی بر مشخصات کل خاکی که نمونه آن تهیه شده ندارند.

۳-۲- مهندسين معمولاً از نتایج آزمایشهای تراکم آزمایشگاهی برای طراحی، مشخصات و کنترل خاکهای مورد استفاده در عملیات خاکی استفاده می‌نمایند. اگر خاکی که در عملیات بکار می‌رود، حاوی ذرات درشت باشد، روشهایی احتیاج است. این دستورالعمل برای تصحیح دانسیته و درصد رطوبت قسمت ریزتر خاک که مورد آزمایش قرار می‌گیرد یک معادله ریاضی ارائه می‌دهد، تا بتوان دانسیته و درصد رطوبت کل خاک را معین نمود.

۳-۳- بهمین ترتیب برای تصحیح دانسیته و درصد رطوبت نمونه‌های متراکم شده صحرائی کل خاک نیز روشی ارائه می‌دهد، تا بتوان این مقادیر را با مقادیر قسمت ریزتر که در آزمایشگاه متراکم می‌شود مقایسه نمود.

توجه: وقتی موسسه از این دستورالعمل برای کنترل مراحل اجرایی استفاده می‌کند، باید معین کند که مقدار دانسیته حداکثر مرجع، شامل وزن مخصوص قسمت درشت نیز هست یا فقط وزن مخصوص قسمت ریزتر مورد نظر است، مقادیر محاسبه‌ای درصد تراکم مبتنی بر این طریقه تصحیح بسته به آنکه از چه دانسیته‌ای برای مرجع استفاده شده است فرق می‌کند.

۴- روش کار

۴-۱- تصحیح وزن مخصوص و درصد رطوبت کل نمونه

۴-۱-۱- بر طبق دستورالعمل روش آزمایش D_{4253} ، D_{1557} ، D_{698} نمونه‌ای را که از آن نمونه‌های آزمایش تراکم اخذ می‌گردد، آماده نمایید. جرم تر قسمت ریز نمونه و جرم تر قسمت درشت کل نمونه را معین کنید (بالای الک شماره ۴ یا بالای الک $\frac{3}{4}$ اینچ یا اندازه مناسب دیگر). اگر از روشهای D_{4253} استفاده می‌کنید، تصحیح درصد رطوبت اعمال نشود. درصد رطوبت هر یک از دو قسمت را بر طبق روش D_{2216} تعیین کنید.

جرم خشک قسمت ریزتر و قسمت درشت را بشرح ذیل محاسبه نمایید:

$$M_D = M_m / (1 + W)$$

که در آن:

M_D = جرم مصالح خشک (قسمت ریزتر یا قسمت درشت) بر حسب گرم

M_m = جرم مصالح مرطوب (قسمت ریزتر یا قسمت درشت) بر حسب گرم و

W = درصد رطوبت قسمت‌های ریزتر یا درشت بر حسب اعشار

۴-۱-۲- درصد قسمت ریزتر و قسمت درشت نمونه را بشرح ذیل بر حسب وزن خشک محاسبه کنید:

$$P_f = 100 M_{DF} / (M_{DF} + M_{DC})$$

و:

$$P_c = 100 M_{DC} / (M_{DF} + M_{DC})$$

که در آن:

P_f = درصد قسمت ریزتر بر حسب وزن

P_c = درصد قسمت درشت بر حسب وزن

M_{DF} = جرم خشک قسمت ریزتر و

M_{DC} = جرم خشک قسمت درشت

۴-۱-۳- چگالی حقیقی (G_M) قسمت درشت را براساس روش آزمایش C_{127} تعیین کنید.

۴-۱-۴- درصد رطوبت تصحیح شده و وزن مخصوص خشک تصحیح شده کل مصالح را (ترکیب

قسمت‌های ریزتر و درشت) را به شرح ذیل محاسبه نمایید.

$$C_W = (W_f P_f + W_c P_c)$$

که در آن:

C_W = درصد رطوبت تصحیح شده قسمت‌های مرکب و قسمت‌های درشت

W_F = درصد رطوبت قسمت ریزتر بر حسب اعشار

W_C = درصد رطوبت قسمت درشت بر حسب اعشار و

$$C\delta_D = 100\delta_F G_M \delta_W / (\delta_F P_C + G_M \delta_W P_F)$$

که در آن:

$C\delta_D$ = وزن مخصوص خشک تصحیح شده کل مصالح (ترکیب از قسمت‌های ریز و درشت)

G_M = چگالی حقیقی

δ_F = وزن مخصوص خشک قسمت ریزتر و

δ_W = وزن مخصوص آب (۶۲/۴۲ پوند نیرو بر فوت مکعب یا ۹/۸۰۲ کیلونیوتن بر متر مکعب)

۲-۴- تصحیح وزن مخصوص و درصد رطوبت برای بخش ریزتر نمونه خاک

۱-۲-۴- وقتی که بخواهند وزن مخصوص و درصد رطوبت خاک متراکم شده در محل را که ذرات درشت

دارند با نتایج آزمایش‌های تراکم آزمایشگاهی بر روی قسمت ریزتر مقایسه کنند، روش کار به شرح

ذیل ممکن است استفاده گردد:

۱-۱-۲-۴- نمونه‌ای از کل مصالح محل آزمایش در صحرا را که وزن مخصوص خشک (δ_D) و میزان رطوبت

(W) آن به روشهایی نظیر روشهای آزمایش D_{1556} ، D_{2167} یا D_{3017} و D_{2922} تعیین شده

است را تهیه نمایید. از آنجائی که این دستورالعمل معمولاً در مورد مصالحی که حاوی ذرات شن

درشت و قلوه سنگ است به کار می‌رود، باید دقت کرد که حجم مواد نمونه گیری کاملاً نماینده مواد

موجود در محل آزمایش باشد.

۲-۱-۲-۴- ذرات درشت را از نمونه صحرائی جدا نموده (بالای الک نمره ۴ یا ۳ اینچ یا اندازه مناسب دیگر) و

درصد ذرات درشت را در کل نمونه تعیین کنید. اگر چگالی حقیقی و درصد رطوبت ذرات

درشت قبلاً تعیین شده این مقادیر ممکن است در محاسبات استفاده شود. در غیر اینصورت

چگالی حقیقی را بر طبق روش C_{127} تعیین نمایید.

۳-۱-۲-۴- درصد رطوبت قسمت ریزتر نمونه صحرائی را به شرح زیر محاسبه نمایید:

$$W_F = (100W - W_C P_C) / P_F$$

۴-۱-۲-۴- وزن مخصوص خشک قسمت ریزتر نمونه صحرائی را بشرح زیر محاسبه نمایید.

$$\delta_F = \delta_D G_M \delta_W P_F / (100 G_M \delta_W - \delta_D P_C)$$

۵- گزارش

۱-۵- گزارش باید شامل موارد ذیل باشد:

۱-۱-۵- توصیف نمونه

۲-۱-۵- روش تراکم نمونه

- ۳-۱-۵- روش تهیه نمونه صحرائی (هر روش مناسب)
- ۴-۱-۵- اندازه الک به کار رفته برای جدا کردن ذرات درشت
- ۵-۱-۵- درصد وزنی ذرات درشت
- ۶-۱-۵- مقدار چگالی حقیقی، G_M ، که در محاسبات به کار رفته است.
- ۷-۱-۵- وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت قسمت ریزتر، و مقدار تصحیح شده برای کل نمونه در مورد نمونه‌های متراکم شده آزمایشگاهی
- ۸-۱-۵- وزن مخصوص خشک و درصد رطوبت نمونه کل، و مقدار تصحیح شده برای قسمت ریزتر در مورد نمونه‌های بدست آمده از صحرا.

ضمیمه

- ۱-۶- محاسبات تصحیح وزن مخصوص و درصد رطوبت نمونه‌های خاک که حاوی ذرات درشت است بر این فرض متکی است که درصد این ذرات درشت بقدر کافی کم است که در تراکم قسمت ریزتر در حین عمل تراکم مداخله ننمایند. از این رو وزن مخصوص و درصد رطوبت قسمت ریزتر خاک با بودن و یا نبودن ذرات درشت ارتباطی نخواهد داشت.
- معادلاتی که برای محاسبه وزن مخصوص به کار می‌رود براساس کار Ziegler می‌باشد.
- ۲-۶- آزمایشهایی که توسط $B. R^2$ و $W. E. S^3$ انجام شده نشان می‌دهد که مقدار محدوده ذرات درشت (بالای الک نمره ۴) را ممکن است بالای ۴۰٪ باشد. برای ارزیابی این مطالعات لازم است که از عدم تغییر دانه‌بندی قسمت ریزتر وقتی که میزان ذرات درشت تغییر نماید اطمینان حاصل شود. حد بالایی ذرات درشت در این دستورالعمل ۴۰٪ مصالح بالای الک نمره ۴ و ۳۰٪ مصالح بالای الک $\frac{3}{4}$ اینچ قرار داده شده است.
- ۳-۶- فرض شده است که در نمونه خاک متراکم مرطوب که حاوی ذرات درشت است، ذرات درشت از محیط اطراف رطوبت متوسطی جذب می‌نمایند. حداکثر درصد رطوبتی که ذرات درشت می‌توانند بدست آورند به حداکثر به درصد جذب قسمت درشت، که با روش $C127$ اندازه‌گیری می‌شود، می‌رسد. درصد رطوبت قسمت درشت را همچنین ممکن است مستقیماً با روش $D2216$ اندازه‌گیری نمود.
- 2- Bureau of Reclamation
- 3- Waterways Experiment station

ASTM-D1555-87

روش استاندارد آزمایش پرسیمتری در خاکها

۱- هدف

۱-۱- این روش شامل آزمایش پرسیمتری در خاکهاست. آزمایش پرسیمتری یک آزمایش تنش- کرنش در جاست که بر روی دیواره یک گمانه بسط استفاده از یک میله استوانه ای که بصورت شعاعی انضام می یابد، انجام می شود. برای بدست آوردن نتایج قابل اعتماد از آزمایش، باید دستخوردگی دیواره گمانه حداقل باشد.

۱-۲- روش حفر گمانه، نصب میله و انجام آزمایش پرسیمتری هم در خاکهای دانه ای و هم در خاکهای چسبنده در این روش آمده است، اما شامل آزمایش با فشارهای بالاتر سنگمانی شود. دانستن نوع خاکی که در آن آزمایش پرسیمتری باید انجام شود به دلیل (۱) روش حفاری یا قسری کردن میله و (۲) منطقی بودن نتایج و تفسیر آزمایش لازم است.

۱-۳- آیین روش آزمایش در مورد پرسیمتریهای خود فشار که چاله یا ابزار مکانیکی داخل مغزه میله انجام می گیرد، قابل استفاده نیست. این روش آزمایش محدود به پرسیمتریهایی است که در داخل گمانه های از پیش حفاری شده، یا تحت موارد خاص با فرورودن نصب می گردند.

۱-۴- آزمایش به دو روش به شرح زیر انجام می شود.

۱-۴-۱- روش A - روش افزایش فشار برابر

۱-۴-۲- روش B - روش افزایش حجم برابر

توجه: استاندارد پرسیمتریهای خود فشار جداگانه ارائه خواهد شد. آزمایش پرسیمتری در سنگ نیز ضمیمه این استاندارد ممکن است شرح داده شود.

۱-۵- واحدهای سیستم SI به عنوان واحدهای استاندارد بیان می شوند.

۱-۶- در این روش استاندارد ممکن است مواد، عملیات و تجهیزات خطرناک نیز دخالت داشته باشد. این استاندارد به تمام مسائل ایمنی مربوط به استفاده از آن اشاره نمی کند. مسئولیت استفاده

از این استاندارد به عهده استفاده کننده است. بنابراین استفاده کننده این روش باید روشهای مطمئن و ایمن را برگزیند و قابلیت و محدودیتهای مربوطه را قبل از استفاده از آنها تعیین کند.

۲- اسناد مرجع

۱-۲- استانداردهای ASTM :

D1587 روش نمونه‌گیری به وسیله لوله‌های جدار نازک از خاکها

D2113 روش حفاری مغزه‌المناسی در تحقیقات محلی

۳- خلاصه روش آزمایش

۱-۳- حفره پرسوومتر با قطر یکسانه، یا با استفاده از پرسوومتر نمونه‌گیر آماده می‌شود. در بعضی موارد میله پرسوومتر به محل خود، معمولاً از خلال یک لوله فرو برده می‌شود. روشها و ابزارهای مختلف موجود برای آماده‌سازی حفره، در جانشین خوردگی مختلفی را ایجاستاد می‌کنند. روش‌های پیشنهادی مورد استفاده در محل به خاک و شرایط آن بستگی دارد. انتخاب مناسب ابزارها و روش‌ها در این روش آزمایش آمده است.

توجه ۲ - چندین تکنیک حفاری در محل برای تعیین اینکه کدام روش مناسبترین چاله آزمایش را ایجاد می‌کند، توصیه می‌گردد.

۳-۳- آزمایش پرسوومتر در محل قرارداد یک میله استوانه‌ای قابل باد شدن در داخل حفره‌ای است که قبلاً حفاری شده و اتساع این میله است که همزمان با آن تغییر حجم و فشار در میله اندازه‌گیری می‌شود. این میله تحت افزایش فشارهای برابر (روش A) یا افزایش حجم‌های برابر (روش B) باد می‌شود و آزمایش وقتی خاتمه می‌یابد که تسلیم خاک تا حد زیادی از بین برود. فشار حد از چندین قرائت پایانی آزمایش تخمین زده می‌شود و مدول پرسوومتری از قرائت تغییرات فشار - حجم در حین آزمایش محاسبه می‌گردد. نزدیکی قطر میله به قطر گمانه مورد آزمایش حائز اهمیت است. هر چه از توانایی تغییر حجم کافی اطمینان حاصل شود، اگر این شرایط برقرار نباشد اتساع میله به حد کافی نرسیده و آزمایش بدون ارزیابی فشار حد خاتمه می‌یابد. وسایل ممکن است از نوعی باشد که تغییر حجم میله را بتوان مستقیماً با استفاده از یک سنج تراکم‌ناپذیر اندازه‌گیری نمود یا از نوعی که با استفاده از یک سنج حساس، تغییر در قطر میله

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تعیین می‌شود. سیستم اندازه‌گیری حجم باید در برابر هر گونه نقصان حجم در سوراخ سیستم محافظت و کالیبره شود. گیرنده‌ها باید بسته اندازه کافی حساس باشند که بتوانند حتی جایجایی‌های بالشتی کوچک را هم اندازه بگیرند.

توجه ۳- این روش آزمایش بر اساس دستگاههایی است که تغییرات حجم را در حین آزمایش گزارش می‌کنند. در مورد سیستمهای اندازه‌گیری قطر میله، روش ارزیابی در توجهات آورده شده است.

۴- اهمیت و کاربرد.

۴-۱- این روش آزمایش رابطه تنگ - کرنش خاک در محل را به دست می‌دهد. مدول پرسیمتری و فشار حدی برای استفاده در تحلیل ژئوتکنیکی و طرح بی‌ها بدست می‌آید.

۴-۲- نتایج این روش به درجه دستخوردگی در حین حفاری گمانه و نصب میله پرسیمتری بستگی دارد. از آنجا که نمی‌توان دستخوردگی را کاملاً از بین برد، تفسیر نتایج آزمایش باید شامل در نظر گرفتن شرایط حین حفاری باشد. خصوصاً در خاکهای رسی خیلی نرم و ماسه‌های خیلی نازک دستخوردگی مهم است.

۵- دستگاه

۵-۱- میله الکتریکی یا هیدرولیکی - دستگاه شامل یک میله که به داخل گمانه پائین آورده می‌شود و یک وسیله سنجش که بر روی زمین در مجاورت گمانه قرار می‌گیرد، می‌باشد میله یا از نوع هیدرولیکی یا از نوع الکتریکی است. میله هیدرولیکی ممکن است فقط از یک سلول یا از سه سلول طراحی شده باشد. در صورتیکه سه سلولی باشد، سلول اندازه‌گیر در بین دو سلول محافظ قرار می‌گیرد. ارتفاع ترکیبی سلول اندازه‌گیر و سلولهای محافظ باید حداقل ۶ برابر قطر آن باشد میله باید به گونه‌ای طراحی شده باشد که مایع حفاری بتواند آزادانه در میله جریان یابد بدون اینکه اطراف گمانه را در حین نصب یا بیرون آوردن دستخورده کند.

در هر دو سیستم، قطر اسمی حفره نباید از $1/2$ برابر قطر اسمی میله بیشتر باشد. قطر میله و گمانه مربوط به آن در جدول آمده است.

جدول ۱-۱ نمونه ابعاد گمانه و میله

قطر حفره	قطر میله	قطر گمانه	علامت
میلیمتر	اسمی، میلیمتر	ماکزیم، میلیمتر	
۶۴	۴۵	۵۳	AX
۵۸	۶۰	۷۰	BX
۷۶	۷۶	۸۹	NX

۱-۱-۵- دیوارهای میله- دیوارهای میله از یک غشای لاستیکی داخلی و یک غلاف قابل انعطاف خارجی تشکیل شده است. غلاف خارجی سنی در هنگام اعمال فشار شکل گمانه را به خود میگیرد. در مصالح درشتدانه مانند شن، اغلب از غلاف فولادی، از نوارهای فلزی نازکی که روی یکدیگر قرار میگیرند، استفاده می شود. دقت آزمایش زمانیکه میله نتواند به خوبی شکل گمانه را بگیرد، کاهش خواهد یافت.

توجه- انواع غشاهای و مصالح غلاف ممکن است برای انواع خاکها استفاده شود. غشاء مورد استفاده را در گزارش مشخص نمایید.

۱-۲- وسایل اندازه گیری - در دستگاههای هیدرولیکی تغییر حجم قسمت اندازه گیری میله و در دستگاههای الکتریکی قطر میله اندازه گیری می شود. در دستگاههای الکتریکی باید شرایط لازم برای اندازه گیری قطر در جبات با زاویه ۱۲۰ درجه فراهم شود. در دستگاههای هیدرولیکی باید به وسیله سلولهای محافظ یا محدودکننده های موثر دیگر از انبساط عمودی میله جلوگیری شود. دقت وسیله سنجش باید به گونه ای باشد که بیش از ۱٪ تغییر در قطر میله را اندازه گیری کند.

۱-۳- لوله ها - در دستگاههای هیدرولیکی لوله هایی که میله را به وسیله سنجش متصل می نمایند شامل لوله های پلاستیکی می باشند. برای کاهش خطاهای اندازه گیری لوله هم محور استفاده می شود. بطوری که از انبساط لوله داخلی در پیرامونش با فشار گاز جلوگیری می شود. لوله منفسرد نیز میتواند استفاده شود. در هر دو حالت، شرایط نقصان حجم در بند بکار آمده باید بکار رود. خطوط الکتریکی، حفاظتهای ویسکوز

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶- کالیبراسیون

۶-۱- این وسیله را باید قبل از هر استفاده از نظر انحراف فشار (PC) و انحراف حجم (VC) کالیبره نمود.
۶-۲- انحراف فشار - انحراف فشار ناشی از سختی جداره‌های میله می‌باشند. قرائت‌های فشار که در حین آزمایش روی وسیله قرائت سنجش بسته دست می‌آید، شامل فشار لازم برای انبساط دیواره‌های میله می‌باشند. مقاومت فشار باید برای بدست آوردن فشار واقعی اعمال شده به خاک کسر گردد. کالیبراسیون مقاومت فشار با نیاد کردن میله، کاملاً در معرض تصدفر، با میله‌ای که در تراز گنج فشار قرار دارد، انجام می‌گیرد.

توجه - هشدار - انجام آزمایش پرسیومتر و مخصوصاً "روش کالیبراسیون" ممکن است موجب صدمه زدن به آزمایش‌کننده و اشخاص دیگر شود. ترکیب میله روی زمین یا در عمق کم در داخل حفره ممکن است موجب صدمه ناشی از فرور پوکه‌ها شود. استفاده از وسایل حفاظتی در برابر چشمان و صورت و یا کارهای دیگر مانند گذاردن میله در استوانه محافظ در حین کالیبراسیون توصیه می‌شود.

۶-۲-۱- در مورد روش A افزایش های فشار، کیلو پاسکال به مدت یک دقیقه وارد آوردید. پس از گذشت یک دقیقه حجم‌ها را قرائت کنید. وقتی که روش B استفاده می‌شود، حجم میله را در افزایش‌های برابر با ۵ درصد حجم اسمی قسمت اندازه‌گیری میله نیاد شده (۷۰٪)، افزایش دهید. افزایش حجم را در حدود ۱ ثانیه انجام دهید و به مدت یک دقیقه ثابت نگهدارید. این مراحل را در هر دو روش تا زمانی که حجم میله حداکثر شود، ادامه دهید. منحنی نتایج حجم در برابر فشار را رسم کنید. منحنی حاصله، منحنی کالیبراسیون فشار است. تصحیح فشار، انحراف فشار حاصله برای قرائت حجم بخصوص از این منحنی بدست می‌آید. (شکل ۲)

۶-۲-۲- تصحیح فشار (PC) باید از قرائت‌های فشار بدست آمده در حین آزمایش کسر شود. حداکثر مقدار PC باید از ۵٪ فشار حدی مشخص شده در بند ۹-۶ کمتر باشد.

۶-۳- انحراف حجم - انحراف حجم (VC) از انحراف لوله و تراکم‌پذیری قسمت قسمتی از وسیله آزمایش‌ناشی می‌شود، که شامل میله و مایع است.

در برابر آبزیرزمینی نیاز دارند.

۱-۴-۵- وسیله قرائتسنجش - این وسیله مکانیزم اعمال فشار (روش A) یا حجم (روش B) در افزایش‌های برابر به میله و وسیله قرائت‌تغییر حجم (روش A) یا تغییر فشار (روش B) را شامل می‌شود. در دستگاههایی که از سیستم هیدرولیک و ستون‌های محافظ استفاده می‌شود باید یک تنظیم‌کننده وجود داشته باشد به طوری که فشار گاز در مدار را بتوان زیر فشار مایع ستون اندازه‌گیری، نگهداری کرد. میزان اختلاف فشار بین گاز و مایع باید قابل تنظیم باشد تا بتوان فشارهای هیدرواستاتیک ایجاد شده در میله را جبران کرد. در سیستم الکتریکی، قرائت‌های حجم با یک وسیله قرائت الکتریکی که بر روی قطر میله قرار می‌گیرد، جایگزین می‌شود.

۲-۵- نمونه‌گرفتن - مشابه نمونه‌گیر جدار نازک که در دستورالعمل ۱۵۸۷ D تشریح شده است.

۳-۵- مته از نوع Iwan.

۴-۵- شنبه هیدرولیکی یا بادی.

۵-۵- نمونه شکافدار - یک نمونه فولادی (مکمل) که یک سری شکافهای طولی (عموداً) که بر روی آن بریده شده است تا بتواند بطور جانبی منبسط شود. این نمونه به عنوان محافظ میله در هنگام فرو بردن، قرص بری یا ارتعاش و یا فشار دادن در داخل خاک استفاده می‌شود.

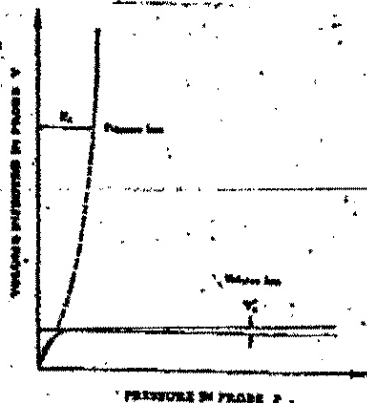


شکل ۱ - نمونه شکافدار با میله

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کالیبراسیون به این ترتیب است که وسیله را در حالی که میله در یک لوله چدار کلفت قرار گرفته است، تحت فشار قرار دهید. نتیجه ترسیم حجم در برابر فشار، محض کالیبراسیون حجم است. کالیبراسیون حجم صفر با امتداد خط راست منحنی به فشار صفر بدست می‌آید، چنانچه در شکل ۲ نشان داده شده است. اتلاف حجم (Vc) وسیله در مورد فشار بخصوص مطابق آنچه در شکل ۲ نشان داده شده، بدست می‌آید. تصحیح حجم، اتلاف حجم (Vc) برای تراشت فشار مخصوص است که از منحنی بدست می‌آید. اتلاف حجم باید از حجم‌های اندازه‌گیری شده در این آزمایش کسر گردد.

این تصحیح در خاکها با انبساط کوچک است و اگر از ۱٪ درصد حجم اسمی قسمت اندازه‌گیری میله یاد نگردد (V₀) در فشار ۱۰ کیلو پاسکال کمتر باشد، صرف نظر می‌شود. در خاکهای خیلی سخت یا در سنگها تصحیح مهم بوده و باید اعمال شود. در هر حال این تصحیح نباید از ۵٪ درصد حجم اسمی قسمت اندازه‌گیری میله یاد نگردد (V₀) در فشار ۱۰ کیلو پاسکال تجاوز کند.



شکل ۲- کالیبراسیون برای اتلاف فشار و حجم

۴-۶- تصحیحات برای تغییرات دما و اتلاف انرژی ناشی از سردش مایع معمولاً کوچک است و ممکن است در آزمایشهای معمول خاکها نادیده گرفته شود. در مورد اعماق بیش از ۵۰ متر (۱۵۰ فوت) استفاده از روشهای خاص که اتلاف انرژی را در نظر می‌گیرد لازم است.

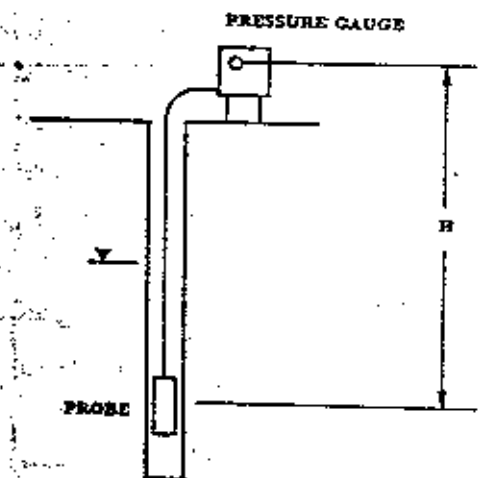
۴-۶- مقدار فشار هیدرواستاتیک (Ps) که به میله توسط ستون مایع در وسیله آزمایش وارد می‌آید، باید تعیین شود. این مقدار با

اندازه‌گیری عمق آزمایش (II) و ضریب آن در وزن مخصوص مایع آزمایش (St) بدست می‌آید، $R_s = H \times St$ (شکل ۲) - عمق آزمایش (H) - عیسارت از فاصله مرکز گیج فشار تا مرکز میله است. این فشار نیز میله وارد می‌آید، اما روی گیج فشار خوانده نمی‌شود. این فشار نباید به قرائت‌های فشار بدست آمده روی وسیله سنجش اضافه شود.

۶-۶- در مورد پرسومترهای سه سلولی، فشار سلول‌های محافظ (PG) نباید پایین‌تر از فشار واقعی ایجاد شده در میله باشد تا قید انتهایی مؤثری فراهم شود. PG با کم کردن این فشار از فشارهای آزمایش بخرج زیر بدست می‌آید.

$$PG = PR + PS - Pd \quad \text{که در آن:}$$

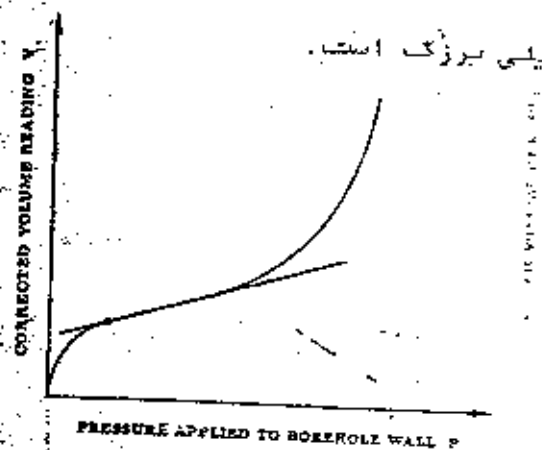
- PR : قرائت فشار در واحد کنترل بر حسب کیلو پاسکال،
- PS : فشار هیدرواستاتیک بین واحد کنترل و میله بر حسب کیلو پاسکال (بند ۵-۱-۲ را ببینید)، و
- Pd : اختلاف فشار بین سلول‌های محافظ و سلول اندازه‌گیری بر حسب کیلو پاسکال (معمولاً دو برابر فشار حدی غشاء است).



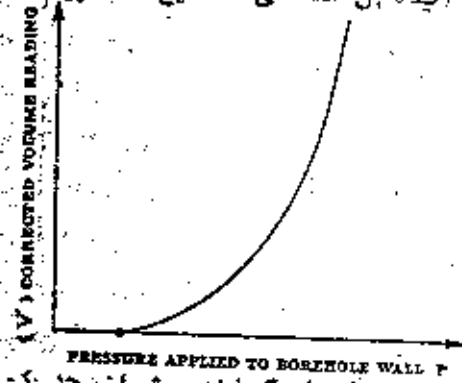
شکل ۲- عمق II برای تعیین فشار هیدرواستاتیک در میله

۶-۶- فشارهای مایع و گاز برای اختلاف فشار $Pd = 100 \text{ KPa}$ در اعماق مختلف آزمایش، در جدول ۲ نشان داده شده است.

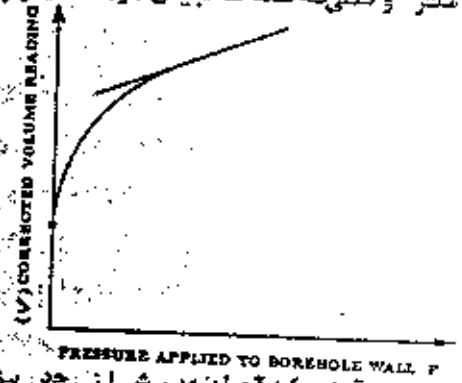
شکل ۶ مربوط به گمانه خیلی بزرگ است.



شکل ۴- شکل ایده آل منحنی تصحیح شده بر مبنای متر



شکل ۵- منحنی تصحیح شده بر مبنای متر وقتی که گمانه بیش از حد بزرگ است



شکل ۵- منحنی تصحیح شده بر مبنای متر وقتی که گمانه بیش از حد بزرگ است.
 توجه ۶- شکل منحنی آزمایش بر مبنای متر به تنهایی برای اشیاء حجیم
 آزمایش کافی نیست. شرط قطر آزمایش نیز باید با مواد بنشیند
 ۱-۳-۷ تطبیق کند.

۳-۷- شرایط لازم حفزه آزمایشی در رابطه با قطر میله:
 ۱-۳-۷- قطر چاه - ابعاد مورد استفاده در این روش آزمایش باید به

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شرح زیر باشد:

۷-۳-۱- قطر میله پرسیومتر، (۱) - انواع قطر میله D پرسیومتر از تقریباً ۲۴/۵ تا ۱۲۷ میلیمتر (اتاق اینچ) متغیر می‌باشد.
۷-۳-۲- قطر حفره آزمایش، DH - قطر حفره آزمایش DH باید شوط زیر را که از تجربه حاصل شده است صادق باشد:

$$1/2 D < DH < 1/3 D$$

۷-۳-۳- قطر ابزار برش:

۷-۳-۳-۱- برای تعیین قطر ابزار برش برای حفاری چاه باید سه شرط در نظر گرفته شود. (a) قطر لازم حفره (b) اضافه برش حفره ناشی از چسبیدن ابزار برش یا فرسایش دیواره به وسیله گردش گل در مورد خاکها و دانه درشت تا متوسط، یا هر دو (c) جلوگیری از دیواره گمانه که در فاصله خارج کردن ابزار برش و جایگذاری میله اتفاق می‌افتد. با استفاده از گل حفاری می‌توان جلوگیری را کاهش داد.

۷-۳-۳-۲- در محل حفاری چندین متبه در اندازه‌های مختلف بایستند در دسترس باشد تا با توجه به امکان اضافه برش یا جلوگیری از سدازه مناسب متبه انتخاب شود.

۷-۳-۳-۳- در موقع انتخاب ابزار، در نظر داشته باشید که دیواره حفره آزمایش نباید کاملاً صاف و قطر DH در سراسر طول چاه ثابت باشد.

توجه ۷- اگر DH در طول میله متغیر باشد، به دلیل ریزش یا غیره استوانه بودن گمانه، دقت آزمایش کاهش می‌یابد.

۷-۳-۴- روش‌ها و ابزارهای آماده کردن حفره آزمایش:

۷-۳-۴-۱- هر روش و ابزاری که بتواند شرایط بندهای ۷-۱ تا ۷-۳ را برآورده کند، ممکن است استفاده شود.

۷-۳-۴-۲- روش‌های زیر جهت آماده کردن حفره آزمایش برای میله پرسیومتر استفاده می‌شود.

۷-۳-۴-۳- حفاری دورانی - متبه‌های حفاری مورد استفاده معمولاً متبه‌های انگشتی در خاکهای رسی و متبه‌های چرخشی در ماسه‌ها و شن‌ها می‌باشند. در صورتیکه شرایط زیر: فشار قائم کم‌تر از ابزار حفاری (۲۰۰ کیلو پاسکول) (۳۰ پوند بر اینچ مربع)، دوران آهسته (کمتر از ۶۰ دوران در دقیقه) و جریان مایع حفاری تنظیم شده (کمتر از ۱۵ لیتر در دقیقه (۴ گالن



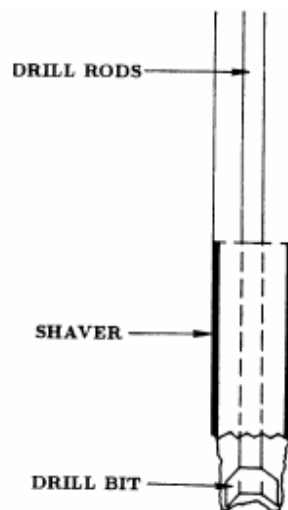
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷-۲-۴-۷- ضربه ای دورانی - از یک دستگاه بادی یا هیدرولیکی که با مته انتهایی تخلیه ای کار می کند، استفاده کنید. خارج کردن بریده ها می تواند با هوای فشرده تشکیلات خشک یا با گل در خاکهای تر انجام شود.

۷-۲-۴-۸- حفاری چاله راهنما و متعاقب آن نمونه گیری نمونه ای - یک چاله راهنما با قطر کوچکتر از میله پرسومتر حفر کنید، با هل دادن یا فرو بردن نمونه گیر چاله را تا قطر مناسب آرایش نمایید. شرایط بند ۷-۲-۴-۲ اعمال شود.

۷-۲-۴-۹- حفاری چاله راهنما و تراش همزمان - یک چاله راهنما با قطر کوچکتر از میله پرسومتر حفر کنید. بلافاصله قبل از مته حفاری (شکل ۷) در انتهای میله های حفاری یک استوانه تو خالی نازک است که حفره را آرایش می نماید. مته حفاری و سیلندر را با مایع حفاری با ویسکوزیته بالا به پیش برانید.

۷-۲-۴-۱۰- راندن، راندن با لرزش یا هل دادن یک لوله شکافدار - یک لوله شکافدار به عنوان محافظ میله پرسومتر، زمانی که میله به داخل خاک رانده یا راندن با لرزش یا هل داده می شود استفاده می گردد. لوله شکافدار (شکل ۱) یک لوله فولادی است که یک سری شکافهای طولی دارد (معمولاً ۶ شکاف) تا اتساع جانبی امکان پذیر باشد. میله را در لوله شکافدار قرار دهید و همه مجموعه را به داخل خاک تا عمق آزمایش برانید یا هل دهید. این روش، یک روش جابجائی کامل است و باید فقط زمانی که روشهای غیر جابجائی نتوانند به کار رود استفاده شود. میله پرسومتر را در داخل لوله شکافدار قبل از آزمایش کالیبره کنید.



شکل ۷- آماده سازی چاله آزمایش با حفاری چاله راهنما یا روشهای مشابه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(A)
جدول ۳: راههای انتخاب ابزارها و روشهای آمادهسازی گمانه

Soil	Type	Rotary Drill										
		Rotary Drill ing Wash Bottom Bar- change of Prepared Mud	Pushed Thin Wall Sampler	Pilot Hole Drilling and Subsequent Sampler Pushing	Pilot Hole Drilling and Simu- taneous Shaving	Coater- less Auger Flight in the Dry	Hand Auger Discharged in Prepared Mud	Driven or Vibro- driven Sampler	Cave Barnet Drilling	Rotary Percus- sion Drilled	Driven Vibro- driven or Pushed Skilled Tide	
Clayey soils	Firm to stiff Silt to hard	2 ^a	2 ^b	2	2	NR	NR	1	NR	NR	NR	NR
		1 ^a	1	2	2	1 ^a	1	NR	NR	NR	NR	NR
Silty soils	Above GWL ^c Under GWL ^c	1 ^a	2 ^a	1	1	1 ^a	NA	NA	NR	NR	NR	NR
		1 ^a	NR	NR	2 ^a	1	1	NR	NR	NR	NR	NR
Sandy soils	Loose and above GWL ^c Loose and below GWL ^c	1 ^a	NR	NR	2 ^a	NR	2	NR	NR	NR	NR	NR
		1 ^a	NR	NR	2	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
Sandy gravel or gravelly sands below GWL ^c	Loose Dense	1 ^a	NR	NR	2	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
		2	NR	NR	2	NR	1	NR	NR	NR	NR	NR
Weathered rock	"	1	NA	2 ^a	NA	NR	NA	NA	NR	NR	NR	NR
		1	NA	2 ^a	NA	NR	NA	NA	NR	NR	NR	NR

A. اولین انتخاب ، ۲ دومین انتخاب ، NR توصیه نمی شود ، و NA غیر قابل قبول است .

B. روش ، فقط تحت شرایط خاص قابل قبول است (جوشیات را در متن ملاحظه نمایید) .

C. سطح آب زیرزمینی است .

D. حفاری چاله راهنا قبل از آن است .

شکل ۷- آماده سازی حفره آزمایش باروشی حفاری چاه را هنگام تراش همزمان

۵-۷- انتخاب روشهای آماده سازی چاه :

۵-۷-۱- روش مناسب را از روشهای ذکر شده یا دیگر روشهای مورد قبول انتخاب کنید. این انتخاب به نوع خاک مورد آزمایش بستگی دارد .

عوامل موثر اصلی عبارتند از :

۵-۷-۱-۱- توضیح اندازه ذره .

۵-۷-۱-۲- خمیری بودن .

۵-۷-۱-۳- مقاومت .

۵-۷-۱-۴- درجه اشباع .

۵-۷-۲- جدول ۳ برای انتخاب روشهای آماده سازی گمانه در انواع

خاکبایستی که مطابق عوامل بیان شده در بند ۵-۷-۱-۱- است .

طبقه بندی شده اند. راهنماییهای را ارائه میدهد. جدول ۳ همه روشهای

ممکن برای آماده سازی گمانه یا جایگذاری میله، یا هر دو را در بر

نمیگیرد، و به عنوان راهنمایی در انتخاب روشهای حفاری است.

۸- روش

۸-۱- حفاری گمانه را مطابق با بخش ۷ اجرا نمایید.

۸-۲- گمانه را تا تراز آزمایش حفاری کنید و نخاله ها یا تراشه ها

را تمیز کنید.

۸-۳- قبل از آنکه میله را برای آزمایش قرار دهید، شرایط حجم مفر

(V_0) را به دقت تعیین کنید. حجم V_0 حجم قسمت اندازه گیری میله

یاد شکرده در فشار اتمسفر است. این عمل را با هواگیری تمام مدار

و تنظیم همه گیج های دستگاه روی مفر هنگامیکه میله در فشار اتمسفر

است انجام دهید. مدار را ببندید و از تغییر بعدی در حجم مدار

اندازه گیری، جلوگیری نمایید. در این شرایط میله را تا عمیق

آزمایش پایین ببرید. عمق آزمایش را، عمق وسط میله تعیین کنید.

۸-۴- اگر از روش ۸ استفاده می کنید، میله را در موقعیت آزمایش

قرار داده و بر واحد کنترل فشاری در افزایش های مساوی اعمال

کنید تا اشباع میله در فلن یک افزایش بار از حدود $V_0/25$ ، و مطابق

آنچه در بند ۸-۳ مشخص گردید تجاوز نماید. (بعضی نمونه ها

۲۰۰ سانتیمتر مکعب برای یک میله ۸۰۰ سانتیمتر مکعبی) . بطور

معمول، فشارهای ۰.۲۵، ۰.۵، ۱.۰، یا ۲.۰ کیلو پاسکال برای آزمایش

۱۲۸

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خاکها، انتخاب می‌گردد. افزایشهای خیلی کوچک مدت آزمایش طولانی خواهد شد و افزایش خیلی بزرگ، دقت نتایج کافی نخواهد بسبود. افزایشهای فشار باید بطریقی تعیین شود که حدود ۷ تا ۱۰ افزایش بار بدست آید.

۵-۸- وقتی که از روش B استفاده می‌کنید، حجم میله را در افزایشهای حجم ۰.۵٪ تا ۱٪، برابر حجم V_0 (۷۰٪ آنچه در بند ۸-۳ مشخص گردید) تا به حد دستگاه برسد، افزایش دهد.

۶-۸- برای هر دو روش، ۳ ثانیه بتأیید دقیقه بعد از افزایشهای حجم یا فشار قرائت‌ها را انجام دهید. قرائت‌های حجم را با دقت 0.2% (۷۰٪ آنچه در بند ۸-۳ مشخص گردید) و قرائت‌های فشار را با دقت ۵٪ فشار حدی ثبت کنید.

۷-۸- پس از آنکه آزمایش به حد اکثر مرحله آزمایش چنانچه در بندهای ۴-۸ و ۵-۸ تعیین شده رسید، با خالی کردن باد سینه تا حجم اولیه آن، آزمایش را خاتمه دهید و میله را از گمانه خارج نمایید. ۸-۸- یک یا چندین سیکل بارگذاری-باربرداری ممکن است همچنین در این آزمایش در محدوده اشباع ارتجاعی انجام شود. (شکل ۸ را ملاحظه نمایید) این آزمایش اگر میله یا سلول‌های محافظه استفاده شود، کنترل دقیقی روی فشار گاز در سلول‌های محافظه برای بدست آوردن قرائت بیانگر حجم‌های کاهش یافته لازم است.

توجه ۹- آزمایشهای با کرنش کنترل شده همچنین ممکن است اجرا شود. بدین منظور حجم میله با نرخ ثابتی افزایش می‌یابد و معنای آن فشارها اندازه‌گیری می‌شود. این روش باید فقط وقتی که شرایط حسانی برقرار باشد اجرا شود. و در این روش آزمایش نمی‌باشد. آزمایشهای با کرنش کنترل شده ممکن است نتایج مختلفی با روش توصیف شده در این روش آزمایش بدست دهد.

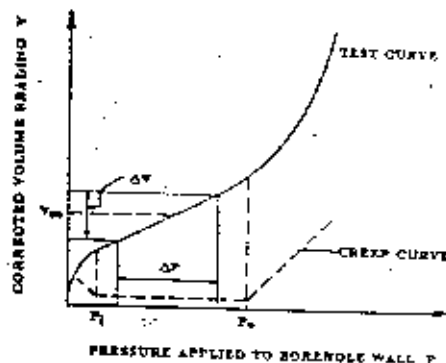
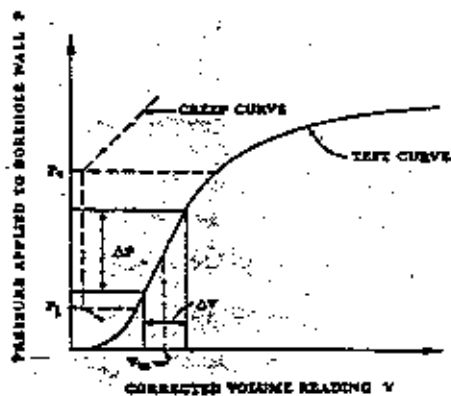
۹-۸- فاصله و ترتیب آزمایش:

۱-۹-۸- حداقل فاصله بین آزمایشهای متوالی (مرکز تا مرکز میله) نباید کمتر از $1/5$ برابر طول قسمت باد شدنی میله باشد. فواصل معمول از ۳ تا ۳ متر (۳ تا ۱۰ فوت) تغییر می‌کنند.

۲-۹-۸- در خاکهای نرم، سست و حساس، گمانه باید بیشتر از عمق آزمایش حفاری شود بطوری که نشست‌خورده‌ها در ته گمانه مزاحم آزمایش

نشود.

۳-۹-۸- در خاکهای سفت و سنگین هوازده که تخریب ناشی از هوازدگی مهم نیست، گمانه می‌تواند تا چندین متق آزمایش از پیش حفاری گردد.
 ۴-۹-۸- وقتی که میله در خاک فرو برده می‌شود، آزمایش می‌تواند به طور بیوسنه انجام شود، حداقل فاصله لازم در بند ۱-۹-۸ بیان گردید. خارج نمودن میله بین آزمایشها لازم نمی‌باشد.



شکل ۸ - منحنی‌های آزمایش پرسیمتری به روش A

۹- محاسبات

۱- فشار منتقل شده به خاک توسط میله از فرآیندهای فشار به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$P = PR + Ps - Pc$$

که در آن:

P = فشار وارده به خاک توسط میله بر حسب کیلو پاسکال،

۱۲۷

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

PR = قرائت فشار رو واحد کنترل بر حسب کیلو پاسکال ،
 Ps = فشار هیدرواستاتیک بین واحد کنترل و میله بر حسب کیلو پاسکال ، و
 Pc = تصحیح فشار ناشی از سختی دستگاه در حجم متناظر با آن بر حسب
 کیلو پاسکال ، که مطابق بند ۳ تعیین می شود .

۹-۱-۱- فشار Ps ، فشار هیدرواستاتیک بشرح زیر می باشد :

$$Ps = H \times St \quad \text{که در آن:}$$

H = عمق میله پرسومتر از زیر واحد کنترل بر حسب متر ،
 St = وزن مخصوص مایع اندازه گیری در دستگاه بر حسب کیلو نیوتن بر متر
 مکعب .

۹-۲- قرائت حجم تصحیح شده را از قرائتهای حجم به شرح زیر محاسبه
 نمایید :

$$V = VR - Vc$$

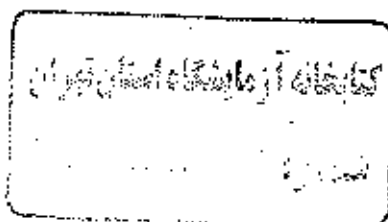
که در آن:

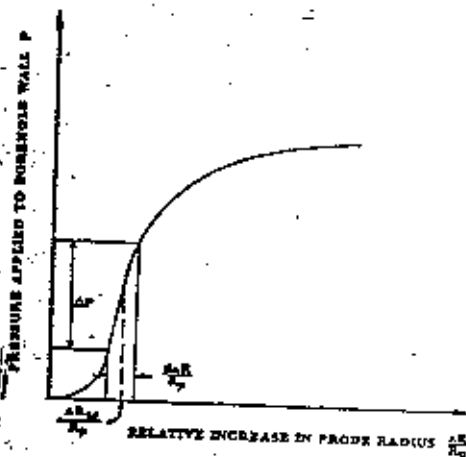
V = افزایش تصحیح شده در حجم قسمت اندازه گیری میله بر حسب سانتیمتر
 مکعب ،

VR = قرائت حجم بر روی وسیله سنجش بر حسب سانتیمتر مکعب ، و

Vc = تصحیح حجم متناظر با قرائت فشار بر حسب سانتیمتر مکعب ، که
 مطابق با بند ۳ تعیین می شود .

۹-۳- منحنی افزایش حجم بر حسب فشار را در سیدم مختصات رسم کنید .
 نقاط را با یک منحنی صاف به هم وصل کنید . این منحنی ، منحنی تصحیح شده
 آزمایش پرسومتری است و در تعیین نتایج استفاده می شود . (شکل
 ۸a و ۸b) . دیگر منحنیها از جمله فشار بر حسب افزایش نسبی شعاع ممکن
 است استفاده شود . (شکل ۹)





شکل ۹ - فشار بر حسب افزایش نسبی شعاع

ترتیب ۱ - از نظر تاریخی، فشار روی محور افقی و حجم روی محور قائم رسم می‌شود. با در نظر گرفتن ماهیت تنش - کرنش این آزمایش، معمول شده است که محتمات معکوس شود. مطابق با این روش آزمایش، هر دو نمایش مورد قبول است.

۹-۳- برای روش A، قرائت‌های افزایش حجم (۷۶۰) بین ۳۰ و ۶۰ ثانیه قرائت‌ها روی نمودار جداگانه‌ای رسم کنید. به طور معمول قسمتی از همان گراف استفاده می‌شود. (شکل ۸ را ملاحظه نمایید). برای روش B، قرائت کاهش فشار بین ۳۰ و ۶۰ ثانیه قرائت‌ها روی نمودار جداگانه‌ای رسم کنید. منحنی آزمایش در محدوده قرائت‌های افزایش حجم کم (۷۶۰) در روش A یا کاهش فشار کم در روش B تقریباً خط مستقیم است. در این محدوده مدول ثابت تغییر شکل خاک می‌تواند اندازه‌گیری شود. بعد از آن که فشار خزش نامیده می‌شود، تغییر شکل‌های خمیری شروع می‌شود.

۹-۵- مدول پرسیمتری به شرح زیر تعیین می‌شود:

$$E_p = \frac{1}{1 + \nu_p} (V_0 + V_p) \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

که در آن:

E_p : مدول پرسیمتری بر حسب کیلو پاسکال، که مدول تغییر شکل اختیاری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

است که بر اساس اطلاعات حاصله در اینجا به پرسیمتری ارتباط می یابد.
 V : نسبت پواسون

توجه ۱۱- برای این روش آزمایش مقدار 0.33 پیشنهاد می شود تا با
 آزمایشهایی که قبلاً با این دستگاه انجام شده است تطابق نمایند.
 مقادیر دیگری ممکن است استفاده شود، اما مقدار باید گزارش شود.
 V = حجم قسمت اندازه گیری میله باید نگه داشته شود در قرائت حجم فلز روی سطح
 زمین بر حسب سانتیمتر مکعب،

V = قرائت حجم تصحیح شده قسمت اندازه گیری میله،

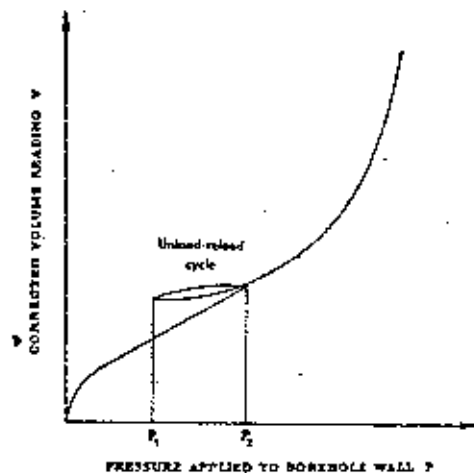
ΔP = افزایش فشار تصحیح شده در مرکز بخش خطی منحنی حجم بر حسب فشار
 (شکل ۸ را ببینید)،

ΔV = افزایش حجم تصحیح شده در مرکز بخش خطی منحنی حجم بر حسب
 فشار، متناظر با افزایش فشار ΔP (شکل ۸ را ببینید) و

V_{III} = قرائت حجم تصحیح شده در بخش مرکزی افزایش حجم V .
 V_{IV} = حجم معمول میله باید شده .

توجه ۱۲- اگر شکستگی در قسمت خطی منحنی پرسیمتری مشاهده کردید،
 محاسبات مربوط به مدول پرسیمتری باید برای هر قسمت خطی منحنی
 آزمایش پرسیمتری انجام شود.

توجه ۱۳- مدول پرسیمتری همچنین می تواند از سیکل بارگذاری-
 باربرداری محاسبه شود. این مدول باید به عنوان مدول بارگذاری مجدد
 مشخص شود.



شکل ۱ - منحنی آزمایش پرسیمتری سیکلی

۱۳۱

توجه ۱۴ - برای آزمایشهایی که قطر میله (شعاع) اندازه گیری می شود، مدول پرسویمتر با تبدیل اندازه گیریها به تغییرات حجم میله، از فرمولهای ارائه شده در بند ۹-۵ معین می توان نمود. مدول پرسویمتری ممکن است همچنین مستقیماً از اندازه گیریهای قطر به شرح زیر محاسبه شود:

$$E_p = (1 + \nu) \cdot (R_p + \Delta R) \cdot \frac{P}{\Delta R}$$

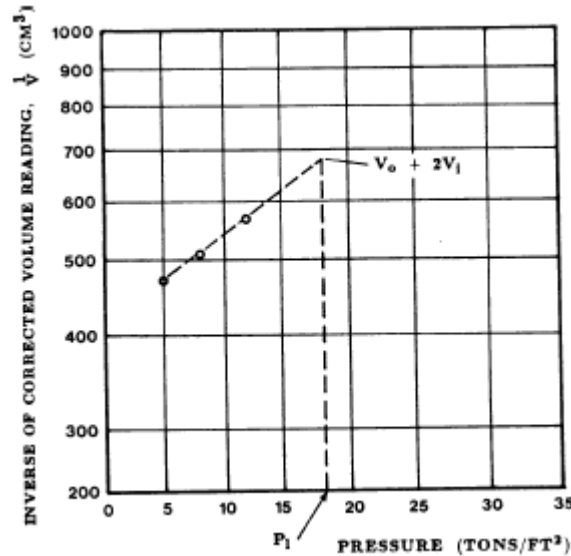
که در آن :

R_p = شعاع میله در حالت باد نکرده، بر حسب میلیمتر.
 ΔR = افزایش شعاع میله تا نقطه متناظر با فشاری که E_p اندازه گیری می شود، بر حسب میلیمتر.

$d \Delta R$ = افزایش شعاع میله متناظر با افزایش فشار ΔP بر حسب میلیمتر.

ΔR : افزایش شعاع میله به میلیمتر ، و

$R_p + \Delta R = R_p$ = شعاع مدول میله باد کرده بر حسب میلیمتر می باشد.
 ۹-۵-۱- فشار حدی به شرح زیر تعیین می شود: فشار حدی (P_c) به عنوان فشاری که حجم میله به دو برابر حجم حفره اولیه خاک می رسد، تعریف می شود. این حجم $V_0 + V_c$ (شکل ۸) تعریف می شود که V_c قرائت حجم ته حیح شده در فشاری است که میله با گمانه تماس پیدا می کند. قرائت حجم در دو برابر حجم حفره اولیه خاک ($V_0 + V_c$) P_c می باشد. فشار حدی معمولاً با اندازه گیریهای مستقیم در ضمن آزمایش به علت محدودیت اتساع سنجی یا فشار بیش از حد بیلا بدست نمی آید. اگر آزمایش تا قرائت تغییر شکل معینی کافی انجام شود، فشار حدی با رسم منحنی P/V بر حسب P ، چنانچه در شکل ۱۱ نشان داده شده، می تواند تعیین شود.



شکل ۱۱- تعیین فشار از عکس حجم بر حسب فشار

۹-۶-۱- نقاطی از محدوده خمیری آزمایش که معمولاً در یک خط تقریباً مستقیم قرار می گیرند. امتداد این خط با حجم اولیه میله فشار حدی (PL) را روی نمودار بدست می دهد.

توجه ۱۵- فشار حدی نظری به عنوان فشاری که در آن اتساع میله نامحدود می شود، تعریف می شود. برای مقاصد عملی تعریف بند ۹-۶ پیشنهاد می گردد. چندین روش برای تخمین فشار حدی از نقاطی که در ضمن آزمایش اندازه گیری شده بکار می رود. این روشها ممکن است همچنین استفاده شود اما باید کاملاً گزارش شوند.

توجه ۱۶- اگر شرایط بند ۷-۳-۱ در مورد رواداری قطر چاه رعایت نشود. فقط قسمتی از منحنی آزمایش برای تفسیر مناسب است. فشار حدی نسبتاً به اندازه گمانه حساس نیست.

۱۰- گزارش

۱۰-۱-۱- برای هر آزمایش پرسیومتر مشاهدات زیر باید گزارش شود:

۱۰-۱-۱-۱- نوع آزمایش (روش A یا B) و تاریخ.

۱۰-۱-۱-۲- شماره گمانه

۱۰-۱-۱-۳- اندازه میله

۱۰-۱-۱-۴- توصیف غشاء و غلاف روی میله و کالیبراسیون .

۱۰-۱-۱-۵- عمق نقطه مرکزی میله.

۱۰-۱-۱-۶- مراحل فشار یا حجم.



۱-۱-۷- قرائت های حجم در زمانهای ۳۰ و ۶۰ ثانیه برای هر افزایش بار در روش A، قرائت های فشار در ۳۰ و

۶۰ ثانیه در روش B

۱-۱-۸- هر انحرافی از روش استاندارد آزمایش

۱-۱-۹- نمودار حجم بر حسب فشار، مدول پرسیومتری، فشار حدی.

۱-۱-۱۰- منحنی های کالیبراسیون

۱-۲-۲- بعلاوه مشاهدات زیر برای گمانه زنی باید گزارش شود:

۱-۲-۱- شماره گمانه

۱-۲-۲- نمایش شرایط خاک

۱-۲-۳- ارتفاع مرجع

۱-۲-۴- عمق آب در گمانه در زمان آزمایش

۱-۲-۵- روش حفر گمانه و روش آماده سازی حفره

۱-۲-۶- نوع وسیله مورد استفاده در آزمایش

۱-۲-۷- یادداشتهایی در مورد مقاومت رانشی در گمانه (مقادیر N آزمایش S.P.T)

۱-۲-۸- هوا و دما

۱-۲-۹- نام حفار

۱-۲-۱۱- دقت و انحراف

۱-۱۱- مهم ترین عامل در انجام موفقیت آمیز آزمایش پرسیومتری پیش حفاری شده، آماده سازی یک گمانه خوب

است. آماده کردن یک گمانه خوب در رس های خیلی نرم و ماسیه های خیلی سست، خیلی مشکل است. فشار

حدی پرسیومتری نسبتاً به کیفیت گمانه حساس نیست، گرچه مدول پرسیومتری به کیفیت گمانه بسیار حساس است.

۱-۱۱-۲- کمیته فرعی در صدد جمع آوری اطلاعات از استفاده کنندگان این روش آزمایش است تا خطای این

آزمایش را تعمیم دهد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۰۰

ASTM : D ۴۷۶۷ - ۸۸

روش استاندارد آزمایش سه محوری تحکیم یافته - زهکشی نشده خاکهای چسبنده

۱- هدف:

۱-۱- این روش آزمایش تعیین مقاومت و روابط تنش - کرنش برای نمونه استوانه‌ای خاک چسبنده دست‌نخورده یا دوباره بازسازی شده اشباع که بصورت همه جانبه تحکیم یافته و تحت فشار در شرایط زهکشی نشده با سرعت تغییر شکل محوری ثابت (کرنش کنترل شده) برش داده می‌شود، را شامل می‌شود.

۱-۲- روش آزمایش محاسبه تنشهای موثر و کل روی نمونه و فشار محوری را با اندازه‌گیری بار محوری، تغییر شکل محوری و فشار آب متفزی فراهم می‌سازد.

۱-۳- آزمایش اطلاعات مقیدی در تعیین مقاومت و خواص تغییر شکل خاکهای چسبنده مانند پوش مقاومتی موثر و ضریب یانگ فراهم می‌آورد. عموماً جهت تعیین پوش مقاومت، سه نمونه تحت تنشهای تحکیمی موثر مختلف آزمایش می‌شوند.

۱-۴- تعیین پوشهای مقاومتی و بسط روابط که به تفسیر و ارزیابی نتایج آزمایش کمک می‌کند، بعهده مهندس یا اداره درخواست کننده آزمایش می‌باشد.

۱-۵- مقادیری که به واحدهای SI یا غیر از SI بیان شده‌اند می‌توانند هر کدام جداگانه بعنوان استاندارد در نظر گرفته شوند این امکان وجود ندارد که مقادیر در هر دو سیستم بطور دقیق معادل باشند بنابراین هر سیستم باید بطور مستقل بکار رود، و به هیچ وجه مقادیر باهم ترکیب نشوند.

۱-۶- این استاندارد ممکن است شامل مواد، عملیات و تجهیزات خطرناک باشد. این استاندارد تصمیم ندارد تمامی موارد ایمنی مربوطه و کاربرد آنها را مطرح نماید. این وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که تدابیر لازم را جهت ایمنی و سلامت خویش بکار ببندد و محدودیتهای عملی را قبل از بکار بردن آن تعیین نماید.

۲- منابع مرجع:

۲-۱- استانداردهای ASTM:

D ۴۲۲	روشی برای تجزیه و تحلیل اندازه ذرات خاک
D ۶۵۳	اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و سیالات داخل آنها
D ۸۵۴	روش آزمایش برای تعیین چگالی ویژه خاکها
D ۱۵۸۷	دستورالعمل نمونه‌گیری خاکها با استفاده از نوله جدار نازک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- D ۲۱۶۶ روش آزمایش مقاومت فشاری محصور نشده خاک چسبنده
- D ۲۲۱۶ روش آزمایشگاهی تعیین درصد رطوبت خاک، سنگ و مخلوطهای دانه‌ای - خاک
- D ۲۴۳۵ روش آزمایش تعیین خواص تحکیم یک بعدی خاکها
- D ۲۴۸۷ روش آزمایش طبقه‌بندی خاکها برای اهداف مهندسی
- D ۲۸۵۰ روش آزمایش مقاومت فشاری تحکیم نیافته - زهکشی نشده خاکهای چسبنده در فشردگی سه محوری
- D ۲۲۲۰ دستورالعمل نگهداری و حمل نمونه‌های خاک
- D ۲۳۱۸ روش آزمایش حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها

۳- اصطلاحات:

۳-۱- تعاریف: تعاریف اصطلاحات بکار رفته در این روش آزمایش مطابق با اصطلاحات استاندارد D ۶۵۳ خواهد بود.

۳-۲- توصیف اصطلاحات خاص این استاندارد:

۳-۲-۱- فشار متقابل: فشاری به آب حفره‌ای نمونه اعمال می‌گردد که موجب می‌شود هوای موجود در فضای منافذ بداخل محلول آب منفذی وارد شده و در نتیجه نمونه اشباع گردد.

۳-۲-۲- تنش تحکیمی موثر: اختلاف بین فشار محفظه و فشار آب منفذی قبل از اینکه نمونه برش بخورد.

۳-۲-۳- گسیختگی: وضعیت تنش برای یک نمونه در زمان گسیختگی می‌باشد. گسیختگی اغلب متناظر با حداکثر تنش اصلی (حداکثر تنش انحرافی) یا تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) در ۱۵٪ کرنش محوری با توجه به اینکه کدامیک در حین انجام آزمایش، زودتر اتفاق می‌افتد، در نظر گرفته می‌شود.

معیارهای مناسب گسیختگی دیگری ممکن است با توجه به رفتار خاک و کاربرد آن در محل تعریف شوند، از قبیل: حداکثر تنش موثر انحرافی، $\frac{\sigma}{2}$ یا تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) در کرنش محوری انتخابی غیر از ۱۵٪.

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- مقاومت برشی خاک اشباع در فشار سه محوری بستگی به تنشهای اعمالی، زمان تحکیم، سرعت کرنش و تاریخچه تنش‌های وارده بر خاک دارد.

۴-۲- در این آزمایش، مقاومت تحت شرایط زهکشی نشده اندازه‌گیری می‌شود و این مطابق با شرایط

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

صحرایی می باشد که در آن خاکهایی که بطور کامل تحت یک سری تنشها تحکیم یافته اند تحت یک تغییر تنش بدون اینکه زمان برای انجام تحکیم بعدی در آن محل باشد (شرایط غیر زهکشی) قرار می گیرند و شرایط تنش صحرایی مشابه به آن چیزی است که در آزمایش وجود دارد.

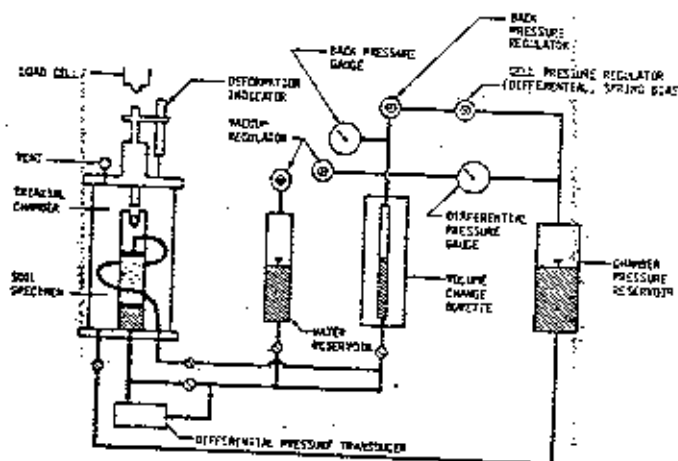
توجه ۱: اگر مقاومت خاک برای حالتی که خاک قبل از برش و طی مراحل آزمایش تحکیم نیافته مورد نیاز باشد باید به روشهای آزمایشی $D 2850$ یا $D 2166$ مراجعه شود.

۳-۴ - مقاومت برشی تعیین شده از این آزمایش با استفاده از فشار آب منفذی اندازه گیری شده در طی آزمایش را می توان به عنوان تنش موثر بیان کرد. این مقاومت برشی ممکن است به شرایط جایی که می تواند بطور کامل زهکشی گردد (شرایط زهکشی شده)، یا جایی که فشار منفذی تولید شده توسط بارگذاری قابل تخمین باشد و شرایط تنش صحرایی مشابه آن چیزی باشد که در آزمایش رخ می دهد، اعمال گردد.

۴-۴ - مقاومت برشی تعیین شده از آزمایش که به عنوان تنشهای کل (شرایط زهکشی نشده) یا تنشهای موثر (شرایط زهکشی شده) بیان می شود عموماً در تحلیل پایداری خاکریزها، محاسبات فشار خاک، و طراحی پی به کار می رود.

۵- وسایل:

۵-۱ - در شکل یک طرح کلی وسایل فشار سه محوری که برای اجرای آزمایش های تحکیم یافته - زهکشی نشده مناسب می باشد نشان داده شده است.



شکل ۱ - نمودار تصویری وسیله سه محوری تحکیم شده - زهکشی نشده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تجهیزات لازم که برای اجرای مناسب آزمایش‌ها لازم است در بخشهای ذیل توضیح داده شده است.

۵-۲- وسیله بارگذاری محوری - وسیله فشار محوری ممکن است یک جک پیچی باشد که حرکت آن بوسیله یک موتور الکتریکی که دارای جعبه دنده هیدرولیکی است، انجام می‌گیرد یا ممکن است وسیله بارگذاری بادی باشد، یا هر وسیله دیگری که دارای ظرفیت کافی بوده و سرعت کرنش (بارگذاری) محوری آنها مطابق توضیحات بند ۲-۴-۸ قابل کنترل باشد. انحراف سرعت وسیله بارگذاری نباید بیشتر از $\pm 1\%$ مقدار انتخاب شده باشد، ارتعاش ناشی از عملیات وسیله بارگذاری باید آنقدر کوچک باشد که سبب تغییر ابعاد نمونه و یا تغییرات فشار آب منفذی در هنگام بستن شیرهای زهکشی نگردد.

توجه ۲- مبتای فضاوت برای اینکه یک وسیله بارگذاری ارتعاشات بقدر کافی کوچک تولید کنند، این است، که اگر لیوان آبی روی سکوی بارگذاری قرار گیرد و وسیله مشغول به کار باشد هیچ موجی روی سطح آب قابل رویت نباشد.

۵-۳- وسیله اندازه‌گیری بار محوری - وسیله اندازه‌گیری بار محوری ممکن است یک رینگ بار، سلول بار الکترونیکی، سلول بار هیدرولیکی و یا هر وسیله اندازه‌گیری بار باشد که دارای دقت توصیف شده در این پاراگراف است و می‌تواند جزئی از وسیله بارگذاری محوری باشد. وسیله اندازه‌گیری باید قادر به اندازه‌گیری بار محوری با دقت در حدود $\pm 1\%$ بار محوری در زمان گسیختگی باشد. اگر وسیله اندازه‌گیری بار درون محفظه فشار سه محوری قرار داشته باشد نباید نسبت به نیروهای افقی و فشار محفظه، حساس باشد.

۵-۴- محفظه فشار سه محوری - محفظه سه محوری باید توانایی تحمل فشار محفظه‌ای برابر با مجموع تنش تحکیمی موثر و فشار متقابل را داشته باشد. محفظه شامل یک صفحه بالایی و یک صفحه پایینی می‌باشد که توسط یک سیلندر از هم جدا می‌شوند. سیلندر از ماده‌ای ساخته می‌شود که قابلیت تحمل فشارهای اعمال شده را داشته باشد. بهتر است سیلندر از مواد شفاف ساخته شود یا دارای درهایی باشد تا رفتار نمونه در آن قابل مشاهده باشد. صفحه بالایی باید دارای یک دریچه خروجی باشد بطوریکه هوا بتواند به هنگام پرسیدن محفظه، با فشار از آن خارج گردد. صفحه پایینی باید دارای یک ورودی باشد که از طریق آن، محفظه با فشار مایع تغذیه گردد و این ورودی‌ها به انتهای نمونه منتهی شوند و راه ارتباطی با کلاهک خواهد بود که به هنگام لزوم امکان اشباع و زهکشی نمونه را فراهم می‌سازد.

۵-۵- پیستون بار محوری - پیستون از بالای محفظه می‌گذرد و پوشش آن باید حوری طراحی شود که انحراف بار محوری ناشی از اصطکاک بیش از $1/10\%$ بار محوری در زمان گسیختگی نباشد و همچنین خمش جانبی پیستون در حین بارگذاری ناچیز باشد.

توجه ۳: توصیه می‌شود برای به حداقل رسانیدن اصطکاک و در یک امتداد نگه داشتن از دو بوش کروی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(که بصورت مستقیم حرکت می کنند) برای هدایت پیستون استفاده شود.

توجه ۴: برای به حداقل رسانیدن خمش جانبی در بسیاری از آزمایشگاهها، حداقل قطر پیستون، $\frac{1}{6}$ قطر نمونه در نظر گرفته شده و موفقیت آمیز بوده است.

۵-۶- وسایل کنترل فشار و خلاء - وسایل کنترل فشار محفظه و فشار متقابل باید برای فشارهای تحکیمی موثر کمتر از ۲۸ پوند بر اینچ مربع (۲۰۰ کیلو پاسکال) تا حدود $\pm 0/25$ پوند بر اینچ مربع (۲ کیلو پاسکال)، و برای فشارهای تحکیمی موثر بیشتر از ۲۸ پوند بر اینچ مربع (۲۰۰ کیلو پاسکال) تا حدود $\pm 1\%$ توانایی اعمال و کنترل فشارها را داشته باشند. وسیله کنترل خلاء باید توانایی اعمال و کنترل خلاءهای جزئی را تا حدود $\pm 0/25$ پوند بر اینچ مربع (۲ کیلو پاسکال) داشته باشد. وسایل ممکن است ظروف جیوه‌ای که بطور اتوماتیک تنظیم می گردند، تنظیم کننده فشار باد، تنظیم کننده ترکیبی خلاء و فشار باد، یا هر وسیله دیگری که قادر به اعمال و کنترل فشارها یا خلاءهای جزئی با رواداری مورد نیاز باشند، را شامل شود.

۵-۷- وسایل اندازه گیری خلاء و فشار - وسایل اندازه گیری فشار محفظه، فشار متقابل و خلاء، باید قادر به اندازه گیری فشارها یا خلاءهای جزئی با رواداری ارائه شده در بند ۶-۵ باشند. این وسایل ممکن است شامل گیج‌های بوردون^(۱)، مانومترهای فشار، تبدیل کننده‌های فشار الکترونیکی، یا هر وسیله‌ای که قادر به اندازه گیری فشارها یا خلاءهای جزئی با رواداریهای بیان شده باشد. اگر برای اندازه گیری فشار محفظه و فشار متقابل از وسایل جداگانه استفاده می شود این وسایل باید بطور همزمان و در برابر منبع فشار یکسانی کالیبره شوند. از آنجا که فشار محفظه و فشار متقابل، فشارهایی هستند که در وسط ارتفاع نمونه اندازه گیری می شوند ممکن است لازم باشد تا کالیبراسیون وسایل برای انعکاس ارتفاع هیدرولیکی مایع در محفظه و سیستم‌های کنترل فشار متقابل، تنظیم شود. (شکل ۱)

۵-۸- وسیله اندازه گیری فشار آب منفذی - فشار آب منفذی نمونه باید با رواداری داده شده در بند ۶-۵ اندازه گیری شود. در طی مرحله برش زهکشی نشده، فشار آب منفذی در شرایطی اندازه گرفته می شود که تا حد امکان هیچ آبی اجازه ورود یا خروج از نمونه را ندارد. برای دست یافتن به این نیاز، باید یک تبدیل کننده فشار الکترونیکی خیلی سخت یا وسیله نشان دهنده صفر^(۲) استفاده شود. فشار آب منفذی مستقیماً با یک تبدیل کننده فشار الکترونیکی قرائت می شود. با یک نشان دهنده صفر کنترل فشار بطور پیوسته تنظیم می گردد تا در لوله موئین این وسیله، سطح جیوه/ آب را در تراز ثابتی نگهداریم. فشار لازم برای جلوگیری از حرکت آب برابر با فشار آب منفذی است.

(1) Borden gauges

(2) null - indicating device

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

هر دو وسیله اندازه گیری باید صلیبت همه قسمت‌های نصب شده سیستم اندازه گیری فشار آب منفذی متناسب با کل حجم نمونه داشته باشند و رابطه ذیل صادق باشند:

$$\frac{(\Delta V/V)}{\Delta u} < 2/2 \times 10^{-5} \frac{\text{in}^2}{\text{lb}} (2/2 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{KN}) \quad (1)$$

که در آن:

ΔV : تغییر حجم سیستم اندازه گیری آب منفذی ناشی از تغییر فشار منفذی بر حسب اینچ مکعب (میلیمتر مکعب).

V : حجم کل نمونه، بر حسب اینچ مکعب (میلیمتر مکعب)، و

Δu : تغییر در فشار منفذی بر حسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال).

توجه ۵- برای دست یابی به صلیبت مورد نیاز، لوله قرار داده شده بین نمونه و وسیله اندازه گیری باید کوتاه و دارای جداره‌های ضخیم یا سوراخهای کوچک باشد. استفاده از لوله ترموپلاستیک، مس و فولاد ضدزنگ در بسیاری از آزمایشگاهها موفق بوده است.

۵-۹- وسیله اندازه گیری تغییر حجم - حجم آب ورودی یا خروجی نمونه باید با دقتی در حدود $\pm 0.5\%$ حجم کل نمونه اندازه گیری شود. وسیله اندازه گیری حجم معمولاً بورت است اما ممکن است هر وسیله اندازه گیری دیگری را که دقت مورد نیاز را فراهم سازد، بکار برد. وسیله باید قادر به تحمل ماکزیمم فشار محفظه باشد.

۵-۱۰- نشاندهنده تغییر شکل - تغییر شکل قائم نمونه، معمولاً از حرکت پیستون که بر بالای نمونه عمل می‌کند، تعیین می‌شود. حرکت پیستون باید با دقت حداقل $\pm 0.2\%$ ارتفاع اولیه نمونه اندازه گیری گردد. نشاندهنده تغییر شکل باید محدوده حرکتی برابر یا حداقل 2% ارتفاع اولیه نمونه داشته باشد. این وسیله ممکن است یک نشاندهنده مدرج، انتقال دهنده حرکتی تغییرات خطی (LVDT)، کشش سنج، یا هر وسیله اندازه گیری دیگری با دقت و حدود مورد نیاز باشد.

۵-۱۱- پایه و کلاهک نمونه - پایه و کلاهک نمونه باید طوری طراحی شوند که از هر دو انتهای نمونه زهکشی انجام شود. آنها باید از ماده‌ای سخت، عایق و غیر خوردنده ساخته شوند و هر کدام، جز در بخش زهکشی، یک سطح مسطح دایره‌ای در تماس با صفحات متخلخل و مقطع عرضی دایره‌ای خواهند داشت. وزن صفحه متخلخل بالایی و کلاهک نمونه نباید کمتر از $5/0\%$ بار محوری اعمال شده در مرحله گسیختگی و یا کمتر از $1/0$ پوند (50 گرم) باشد. قطر پایه و کلاهک باید برابر قطر اولیه نمونه باشد. پایه نمونه باید به محفظه فشار سه محوری متصل گردد تا از حرکت جانبی یا چرخش جلوگیری شود و کلاهک نمونه باید طوری طراحی شود که خروج از مرکزیت نسبی پیستون متصل به آن، از محور قائم نمونه از $0.5/0$ اینچ ($1/3 \text{ mm}$) تجاوز نکند. سطح

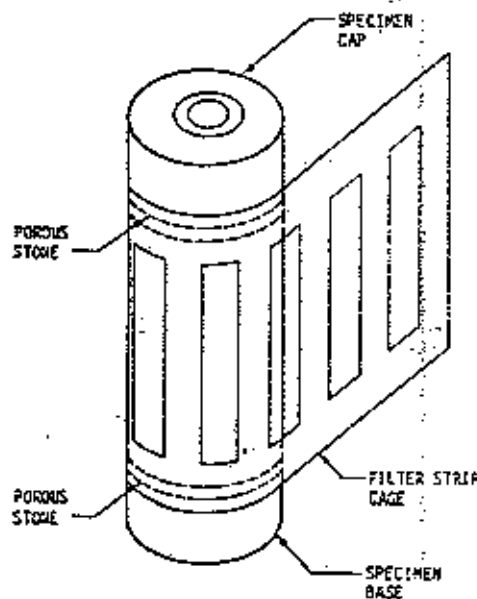
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تماس انتهای پیستون و کلاهک نمونه باید طوری طراحی شود که چرخش کلاهک نمونه حین آزمایش حداقل باشد. سطح استوانه‌ای پایه و کلاهک نمونه که در تماس با غشای آب‌بندی می‌باشد باید صاف و بدون هرگونه خراشی باشد.

۵- ۱۲- صفحات متخلخل - نمونه باید توسط صفحات متخلخل صلبی که قطری برابر با قطر نمونه دارند، از کلاهک و پایه نمونه جدا شود. ضریب نفوذپذیری صفحات باید تقریباً برابر با ماسه ریز (4×10^{-5} اینچ بر ثانیه 1×10^{-4} سانتیمتر بر ثانیه) باشد. صفحات باید بطور منظم جهت تعیین مسدود شدن، کنترل شوند.

توجه ۶- صفحات فیلتر کاغذی با قطری برابر با قطر نمونه ممکن است بین صفحات متخلخل و نمونه قرار گیرند تا در زمانی که نیاز به مقادیر دقیق ضریب نیست، از مسدود شدن صفحات متخلخل جلوگیری کنند.

۵- ۱۳- فیلترهای کاغذی نواری و صفحه‌ای - بسیاری از آزمایشگاهها برای کاهش زمان مورد نیاز آزمایش از فیلترهای کاغذی نواری استفاده می‌کنند. در صورتیکه فیلترهای نواری و صفحه‌ای استفاده شود باید از نوعی باشند که در آب حل نشوند. ضریب نفوذپذیری فیلتر کاغذی برای فشار عمودی ۸۰ پوند بر اینچ مربع (۵۵۰ کیلوپاسکال) نباید کمتر از 4×10^{-6} اینچ بر ثانیه (1×10^{-5} سانتیمتر بر ثانیه) باشد. به منظور اجتناب از کشش حلقه‌ای، فیلترهای نواری نباید بیشتر از ۵۰٪ از پیرامون نمونه را بپوشانند. استفاده از فیلتر نواری سوراخدار نظیر آنچه در شکل ۲ نشان داده شده در بسیاری از آزمایشگاهها با موفقیت روبرو شده است. در بند ۶- ۱۰ یک معادله برای تصحیح تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) در مورد اثر مقاومت فیلترهای نواری قائم داده شده است.



شکل ۲- فیلتر نواری سوراخدار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

توجه ۷- فیلتر کاغذی نمرة ۵۴ واتمن دارای نفوذپذیری و دوام مورد نیاز می باشد.

۵-۱۴- غشاء لاستیکی - غشاء لاستیکی که برای روکش نمونه بکار می رود باید محافظت قابل اعتمادی در برابر نشست باشد. برای کنترل غشاء در برابر نشست آن را بدور یک قسمت استوانه‌ای پیچیده و در هر دو انتها با حلقه‌های دایره‌ای لاستیکی آب‌بندی کنید، فشار هوای کوچکی در داخل آن ایجاد و در آب فرو ببرید. اگر جابجایی هوا متصاعد گردد این غشاء قابل قبول نخواهد بود. برای به حداقل رساندن آزادی، قطر غشاء کشیده شده باید بین ۹۰ و ۹۵ درصد قطر نمونه باشد. ضخامت غشاء نباید بیش از ۱٪ قطر نمونه باشد. غشاء باید به پایه و کلاهک نمونه با حلقه‌های دایره‌ای لاستیکی یا قطر داخلی غیرتینیده بین ۷۵ و ۸۵ درصد قطر پایه و کلاهک یا به صورت دیگر که آب‌بندی خوبی را ایجاد نماید، آب‌بندی شود. در بند ۷ - ۱۰ معادله‌ای برای تصحیح تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) در اثر سختی غشاء داده شده است.

۵-۱۵- شیرها - تغییر در حجم بدلیل باز و بسته شدن شیرها ممکن است سبب بی‌دقتی در اندازه‌گیریهای تغییر حجم و فشار آب منفذی گردد. به همین دلیل شیرهای سیستم زهکشی نمونه باید از نوعی باشند که در طی عملکردشان حداقل تغییرات حجم را موجب گردند. یک شیر در صورتی دارای حداقل تغییر در حجم فرضی می‌شود که باز یا بسته شدن آن در یک سیستم فشار آب منفذی بسته و اشباع موجب تغییر فشاری بیشتر از $0.1 \pm$ پوند بر اینچ مربع (0.7 کیلو پاسکال) نشود. تمام شیرها باید در مقابل فشار اعمال شده، بدون نشست، مقاومت کافی داشته باشند.

توجه ۸- مشخص شده است که شیرهای تویی حداقل ویژگیهای تغییر حجم را فراهم می‌نمایند، به هر حال ممکن است هر نوع شیری که دارای ویژگیهای تغییر حجم مناسبی باشد، استفاده شود.

۵-۱۶- وسایل اندازه‌گیری اندازه نمونه - وسایلی که برای تعیین ارتفاع و قطر نمونه بکار می‌رود باید ابعاد مربوطه را با دقت $0.1\% \pm$ بعد کل اندازه گرفته و به گونه‌ای ساخته شود که استفاده از آنها سبب دست‌خوردگی نمونه نگردد.

توجه ۹- توصیه می‌شود که برای اندازه‌گیری قطر بجای کولیس از نوآرهای اندازه‌گیر محیطی استفاده شود.

۵-۱۷- ثبت‌کننده‌ها - رفتار نمونه را می‌توان بصورت دستی یا بوسیله ثبت‌کننده‌های قیاسی یا دیجیتال الکترونیکی ثبت کرد. در صورتیکه ثبت‌کننده‌های الکترونیکی بکار روند، لازم است این وسایل از طریق ثبت‌کننده‌ای که خروجی‌های استاندارد مشخصی دارد، کالیبره شوند.

۵-۱۸- خارج‌کننده نمونه - خارج‌کننده نمونه باید قادر به اخراج مغزۀ خاکی از لوله نمونه‌گیر با سرعتی یکنواخت از همان جهتی که نمونه به لوله وارد شده و با حداقل دست‌خوردگی نمونه باشد. در صورتیکه مغزۀ خاک بصورت قائم خارج نگردد باید دقت کرد که در اثر نیروی وزن بر روی مغزۀ تنشهای خمشی بوجود نیاید. ممکن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

است شرایط زمان اخراج نمونه تعیین کننده جهت بیرون آوردن آن باشد اما موضوع اصلی به حداقل رسانیدن درجه دستخوردگی می باشد.

۵-۱۹- زمان سنج - برای بدست آوردن اطلاعات تحکیم باید یک زمان سنج که زمان انجام آزمایش را با دقت یک ثانیه نشان می دهد، استفاده شود. (۳-۳-۸)

۵-۲۰- وسیله توزین - وسیله توزین نمونه باید جرم نمونه را با دقتی در حدود $\pm 0.05\%$ جرم کل نمونه تعیین کند.

۵-۲۱- وسیله هواگیری آب - مقدار گاز (هوا) غیر محلول موجود در آبی که برای اشباع نمونه استفاده شده، ممکن است با جوشاندن، حرارت دادن و پاشیدن به داخل خلأ، یا هر روش دیگری که در چهارچوب حدود مقرر با توجه به حداکثر فشار متقابل موجود و زمان اجرای آزمایش، در اشباع نمونه موثر است، کاهش یابد.

۵-۲۲- محیط آزمایش - مرحله تحکیم و برش آزمایش باید در محیطی که نوسانات درجه حرارت کمتر از $\pm 7/2^{\circ}\text{F}$ ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) بوده و هیچ تماس مستقیمی با نور خورشید وجود نداشته باشد، اجرا گردد.

۵-۲۳- وسایل متفرقه - ابزارهای تراش و حکاکی نمونه شامل یک ازه سیمی، تیغه لبه صاف فولادی، جعبه اتصال و چرخ تراش قائم می باشد. وسایل آماده سازی نمونه های متراکم، منبسط کننده غشاء و حلقه دایره ای، قوطیهای در صد رطوبت و برگه های اطلاعاتی که در صورت لزوم باید فراهم شوند.

۶- آماده سازی نمونه آزمایشی

۶-۱- اندازه نمونه - نمونه ها بایستی استوانه ای بوده و حداقل قطر آنها $1/3$ اینچ ($3/3$ سانتیمتر) باشد. نسبت ارتفاع به قطر باید بین ۲ و $2/5$ باشد. اندازه بزرگترین ذره باید کوچکتر از $1/6$ قطر نمونه باشد. در صورتیکه پس از خاتمه آزمایش از طریق مشاهدات عینی ذرات بزرگتر در نمونه دیده شد باید این اطلاعات در گزارش داده های آزمایش قید گردد. (۱۱-۱-۲۲)

توجه ۱۰- در صورتیکه بعد از آزمایش ذرات درشت تر در نمونه مشاهده گردید، باید مطابق باروش D ۴۲۲ تجزیه برای اندازه ذرات صورت گیرد تا مشاهدات عینی مورد تأیید قرار گیرد و نتایج در گزارش قید گردد. (۱۱-۴-۱)

۶-۲- نمونه های دست نخورده - نمونه های دست نخورده را از نمونه های بزرگ دست نخورده یا از نمونه هایی که طبق دستورالعمل D ۱۵۸۷ تهیه شده یا دیگر روشهای مورد قبول نمونه گیری دست نخورده لوله ای آماده سازید و مطابق با دستورالعمل D ۴۲۲ برای نمونه های گروه C آنها را انبار و حمل و نقل کنید. نمونه های حاصل از نمونه گیری لوله ای را می توان بدون تراشیدن، بجز مورد بریدن صفحات سطح انتهایی و عمود بر محور طولی نمونه، آزمایش کرد. خصوصیات خاک به گونه ایست که در اثر نمونه برداری دست خوردگی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قابل توجهی در نمونه ایجاد نخواهد شد. نمونه‌ها را بدقت جایجا کنید تا دستخوردگی، تغییرات در مقطع عرضی یا تغییرات میزان رطوبت آن در حداقل باشد. در صورتیکه فشردگی یا هرگونه دستخوردگی قابل توجهی توسط وسیله اخراج به نمونه ایجاد شود، لوله نمونه‌گیری را در جهت طولی به دو نیمه کرده یا آنرا در مقاطع مناسبی بریده تا نمونه با حداقل دستخوردگی و به آسانی خارج گردد. نمونه‌های تراشیده را در محیطی نظیر یک اتاق با رطوبت کنترل شده که در آن تغییرات درصد رطوبت خاک حداقل باشد، آماده کنید. هرگاه بیرون آوردن شن ریزه‌ها و تراشه‌هایی که در اثر تراشیدن بوجود آمده سبب ایجاد فضای خالی روی سطح نمونه گردد، منافذ را با خاک بازسازی شده حاصل از تراشیدن بدقت پر کنید. آنجا که شرایط نمونه اجازه می‌دهد باید ماشین تراش را برای تراش قائم به عنوان کمک به آماده سازی نمونه با قطر لازم بکار برد تا کل نمونه یکجا آماده گردد، پس از اینکه قطر مطلوب حاصل شد، نمونه را در جعبه مخصوص راست بریدن قرار داده و آن را بااره سیمی یا هر وسیله مناسب دیگری به اندازه طول نهایی ببرید. با یک تیغه صاف فولادی سطح نمونه را صاف کنید. برای مواد تراشیده شده، از نمونه طبق روش D 2216 یک یا چند بار درصد رطوبت را تعیین کنید. با استفاده از وسایلی که در بندهای ۵-۱۶ و ۵-۲۰ توضیح داده شد جرم و ابعاد نمونه را تعیین کنید. برای تعیین میانگین ارتفاع و قطر نمونه باید حداقل سه اندازه‌گیری ارتفاع (در فواصل ۱۲۰ درجه) و حداقل سه اندازه‌گیری قطر در نقاط یک چهارم از ارتفاع انجام شود.

۳-۶ - نمونه‌های متراکم شده - نمونه‌های متراکم را ممکن است با متراکم کردن مصالح در حداقل ۶ لایه با استفاده از عمل پرس کردن یا ورز دادن در قالب دوکفه‌ای یا مقطع عرضی دایره‌ای و ابعادی مطابق با آنچه در بند ۱-۶ توضیح داده شده آماده کرد. مواد لازم نمونه را باید با مخلوط کردن کامل خاک با مقدار آب کافی که ایجاد رطوبت مطلوب را بنماید تهیه کرد پس از مخلوط کردن، مواد را قبل از تراکم حداقل بمدت ۱۶ ساعت در یک ظرف سرپوشیده نگهدارید. نمونه‌ها ممکن است تا حصول به دانسته مطلوب به دوروش زیر متراکم گردند: (۱) هر لایه را ورز داده یا ضربه می‌زنیم تا تمامی توده خاکی که در قالب ریخته شده تا حجم مشخصی متراکم گردد، یا (۲) با تنظیم تعداد لایه‌ها، تعداد ضربه‌های هر لایه و نیروی لازم برای هر ضربه.

روی هر لایه قبل از اضافه کردن مصالح لایه بعدی باید صاف گردد چکشی که برای تراکم مصالح بکار می‌رود باید قطری برابر یا کوچکتر از $\frac{1}{4}$ قطر قالب داشته باشد پس از شکل‌گیری نمونه در حالیکه دوسر آن بر محور طولی عمود است قالب را جدا کرده و جرم و ابعاد نمونه را با استفاده از وسایل تشریح شده در بندهای ۵-۱۶ و ۵-۲۰ تعیین کنید. درصد رطوبت را برای مصالح اضافی که برای آماده‌سازی نمونه استفاده کرده‌اید، یک‌بار یا بیشتر مطابق با روش D 2216 تعیین کنید.

توجه ۱۱ - معمولاً وزن مخصوص نمونه پس از خارج کردن از قالب کمتر از مقداری است که براساس

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

حجم قالب بدست می آید. این بدلیل تورم نمونه پس از برداشتن فشار جانبی قالب رخ می دهد.

۷- قرار دادن نمونه

۷-۱- تدارکات: قبل از آنکه نمونه را در محفظه سه محوری قرار دهید تدارکات زیر را فراهم نمایید.

۷-۱-۱- در صورتیکه ضروری بود، غشاء لاستیکی را برای نشت کنترل کنید (بند ۱۴ - ۵ را ملاحظه کنید).

۷-۱-۲- غشا را داخل بازکننده غشا قرار دهید یا در صورتیکه غشا باید دور نمونه پیچیده شود آنرا روی کلاهک یا پایه پیچید.

۷-۱-۳- کنترل کنید که صفحات متخلخل و لوله های زهکشی نمونه مسدود نشده باشد این کار را با عبور دادن هوا یا آب از لوله های مربوطه انجام دهید.

۷-۱-۴- سیستم اندازه گیری حجم و کنترل فشار و وسیله اندازه گیری فشار منفذی را به پایه محفظه متصل کنید.

۷-۲- بسته به اینکه مرحله اشباع آزمایش با سیستم زهکشی خشک یا مرطوب شروع شود، نمونه را با استفاده از روش مناسبی مانند آنچه در بندهای ۷-۲-۱ یا ۷-۲-۲ آمده قرار دهید.

توجه ۱۲- توصیه می شود که برای نمونه های خاکی که هنگام تماس با آب براحتی متورم می شوند روش قرار دادن خشک بکار رود. در صورتیکه روش قرار دادن مرطوب برای چنین خاکهایی بکار رود لازم است که ابعاد نمونه بعد از قرار دادن آن تعیین شود. در چنین مواردی لازم خواهد بود که ضخامت دوبله غشاء ضخامت دوبله نوارهای فیلتر کاغذی مرطوب (اگر استفاده می شود) و مجموع ارتفاع های کلاهک، پایه و صفحات متخلخل (بعلاوه ضخامت صفحات فیلتر در صورتیکه استفاده می شوند) تعیین گردد بطوریکه این مقادیر از اندازه گیریها ممکن است کسر گردد.

۷-۲-۱- روش قرار دادن مرطوب:

۷-۲-۱-۱- لوله های زهکشی نمونه و وسیله اندازه گیری فشار آب منفذی را با آب هواگیری شده پر کنید.

۷-۲-۱-۲- صفحات متخلخل را بوسیله جوشاندن در آب به مدت حداقل ۱۰ دقیقه اشباع کرده و سپس بگذارید در دمای اتاق سرد شوند.

۷-۲-۱-۳- صفحه متخلخل اشباع شده را روی پایه نمونه قرار داده و پس از زدودن آب آزاد روی صفحه، نمونه را روی آن قرار دهید. سپس صفحه متخلخل دیگر و کلاهک نمونه را روی آن قرار دهید. کنترل کنید که کلاهک نمونه، نمونه و صفحات متخلخل همگی به صورت هم مرکز روی پایه نمونه قرار گرفته باشند.

توجه ۱۳- در صورتیکه صفحات فیلتر کاغذی بین صفحات متخلخل و نمونه قرار داده شوند آنها باید قبل از قرار دادن در آب فرو برده شوند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷-۲-۱-۴- در صورتیکه نوارهای فیلتر کاغذی یا فیلتر کاغذی سوراخدار (شکل ۲) بکار برده شوند، کاغذ را قبل از قراردادن روی نمونه با آب اشباع کنید. برای اجتناب از گشش حلقوی بیشتر از ۵۰٪ از محیط نمونه را با نوارهای قائم فیلتر کاغذی نپوشانید.

۷-۲-۱-۵- مراحل را از بخش ۷-۳ دنبال کنید.

۷-۲-۲- روش قراردادن خشک:

۷-۲-۲-۱- سیستم زهکشی نمونه را خشک کنید. این کار ممکن است بوسیله دمیدن هوای خشک به داخل سیستم قبل از قراردادن نمونه انجام گیرد.

۷-۲-۲-۲- صفحات متخلخل را به مدت یک شب در اون قبل از قراردادن نمونه خشک کنید و نمونه را تا سرد شدن صفحات در دمای اتاق در دسیکاتور بگذارید.

۷-۲-۲-۳- صفحه متخلخل خشک را روی پایه نمونه و نمونه را روی آن قرار دهید. سپس صفحه متخلخل خشک دیگر و کلاهک نمونه را روی نمونه قرار دهید. کنترل کنید که کلاهک نمونه، نمونه و صفحات متخلخل همگی به صورت هم‌مرکز روی پایه نمونه قرار گرفته باشند.

توجه ۱۴- ممکن است بین صفحات متخلخل و نمونه، در صورت نیاز صفحات فیلتر کاغذی خشک قرار داد.

۷-۲-۲-۴- در صورتیکه نوارهای فیلتر کاغذی یا فیلتر کاغذی سوراخدار (شکل ۲) بکار برده شوند، سوراخها یا نوارها در جای خود بوسیله تکه‌های کوچک توار در بالا و پائین نگهداری می‌شوند.

۷-۲-۳- غشا لاستیکی را دور نمونه قرار دهید و آنرا در قسمت کلاهک و پایه یا دو حلقه دایره‌ای لاستیکی یا هر آب‌بند مناسب دیگری در هر انتها، آب‌بندی کنید. یک لایه نازک روغن سیلیکون روی سطح قائم کلاهک و پایه به آب‌بندی غشاء کمک خواهد کرد. اگر فیلتر کاغذی نواری یا سوراخدار بکار برده می‌شود، از مالیدن روغن به سطحی که در تماس با فیلتر کاغذی می‌باشند اجتناب شود.

۷-۲-۴- لوله زهکش بالایی را ببندید و امتداد نمونه و کلاهک آنرا کنترل کنید. در صورتیکه از روش قراردادن خشک استفاده شود برای نمونه قبل از کنترل امتداد یاد شده، از طریق لوله زهکشی بالایی خلأ جزئی در حدود ۵ پوند بر اینچ مربع (۳۵ کیلو پاسکال) (بیشتر از تنش تحکیمی نباشد) اعمال نمائید. اگر هرگونه خروج از مرکزیتی وجود داشت خلأ جزئی را کم کرده نمونه و کلاهک را هم امتداد کنید و سپس خلأ جزئی را مجدداً اعمال کنید. در صورتیکه روش قراردادن مرطوب بکار رود باید امتداد نمونه و کلاهک آن کنترل گردد و بدون بکارگیری خلأ جزئی تنظیم گردد.

۸- روش آزمایش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸-۱- قبل از اشباع - بعد از آنکه محفظه سه محوری سوار شد عملیات زیر را انجام دهید:

۸-۱-۱- چندین بار پیستون بارگذاری محوری را در تماس با کلاهک نمونه ببرید تا در نشیمنگاه مخصوص خود قرار گیرد و پیستون با کلاهک هم امتداد باشد. در حین انجام این کار، دقت کنید که بار محوری بیشتر از ۵٪/۰ بار محوری تخمینی در گسیختگی بر نمونه اعمال نگردد. به هنگام تماس پیستون با کلاهک فزائت نشاندهنده تغییر شکل را ثبت کنید.

۸-۱-۲- محفظه را با مایع آن پر کنید، و دقت کنید که هوا یا حباب هوا در محفظه باقی نماند.

۸-۲- اشباع - موضوع اصلی مرحله اشباع آزمایش، پر کردن تمامی منافذ موجود در نمونه با آب است بدون آنکه پیش تنش غیر قابل قبولی برای نمونه پیش آید و یا به نمونه اجازه تورم داده شود. اشباع معمولاً با اعمال فشار متقابل به آب منفذی نمونه همراه است تا هوا به داخل محلول رانده شود که این رانش پس از یکی از موارد: (۱) اعمال خلأ به نمونه و سیستم زهکشی خشک (لوله‌ها، صفحات متخلخل، وسیله فشار منفذی، فیلترهای نواری سوراخدار، و صفحات) و اشباع سیستم با آب هواگیری شده، در حالی که خلأ نگهداری می‌شود یا (۲) اشباع سیستم زهکشی با جوشاندن صفحات متخلخل در آب و اجازه جریان آب در سیستم قبل از قرار دادن نمونه می‌باشد. باید توجه داشت که برای قرارگیری هوا در داخل محلول نیاز به زمان می‌باشد. بنابراین خروج هرچه بیشتر هوا قبل از اعمال فشار متقابل سبب کاهش مقدار هوایی خواهد شد که داخل محلول جا گرفته است و هم‌چنین سبب کاهش فشار متقابل لازم برای اشباع خواهد شد. بعلاوه هوای مانده در نمونه و سیستم زهکشی درست قبل از اعمال فشار متقابل در صورتی که برای اشباع از آب هواگیری شده استفاده شود با آمادگی بیشتری وارد محلول خواهد شد. استفاده از آب هواگیری شده موجب کاهش زمان و کاهش فشار متقابل لازم برای اشباع خواهد شد. برای اشباع کردن روشهای زیادی تعمیم یافته است. روشهای پیشنهادی بشرح زیر می‌باشند:

۸-۲-۱- شروع کار با سیستم زهکشی خشک اولیه

اعمال خلأ جزئی را در بالای نمونه افزایش دهید تا به حداکثر خلأ قابل استفاده برسید. اگر تنش تحکیمی موثری که در اثر آن مقاومت تعیین می‌گردد کمتر از حداکثر خلأ جزئی باشد، خلأ جزئی کمتری به محفظه اعمال کنید. اختلاف بین خلأ جزئی اعمال شده به نمونه و محفظه هرگز نباید از تنش تحکیمی موثر آزمایش بیشتر باشد و نباید کمتر از ۵ پوند بر اینچ مربع (۳۵ کیلو پاسکال) باشد، تا جریان بتواند در میان نمونه برقرار باشد. بعد از تقریباً ۲ ساعت اجازه دهید آب هواگیری شده در اثر اختلاف خلأی کمتر از ۳ پوند بر اینچ مربع (۲۰ کیلو پاسکال) از پائین به بالای نمونه جریان یابد (توجه ۱۵).

۸-۲-۲- در طی این قسمت از عمل همواره باید در پائین نمونه تنش موثر مثبتی حداقل برابر ۲ پوند بر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اینچ مربع (۱۳ کیلوپاسکال) موجود باشد. هنگامی که آب در بورت متصل به بالای نمونه ظاهر شد، شیر متصل به پائین نمونه را ببندید و بورت را از آب هواگیری شده پر کنید. سپس خلأ بالای نمونه را از طریق بورت تا فشار اتمسفری کاهش دهید، و در این حالت فشار محفظه را همزمان به مقدار مساوی افزایش دهید. طی این فرآیند نباید اجازه داد که اختلاف بین فشار منفذی اندازه گیری شده در پائین نمونه و فشار محفظه از فشار تحکیمی موثر مورد نظر بیشتر شود. هنگامیکه فشار منفذی در پائین نمونه ثابت شد اقدام به کار با فشار متقابل آب منفذی نمونه کنید که توضیح آن در بند ۸ - ۲ - ۳ آمده است. برای کنترل همسانی، شیرهای زهکشی نمونه را ببندید و در فواصل زمانی یک دقیقه تغییر فشار منفذی را اندازه بگیرید. هنگامی که تغییرات آن به کمتر از ۱٪/۵ فشار محفظه برسد، ممکن است فرض شود که فشار منفذی ثابت شده است.

توجه ۱۵ - برای رسهای اشباع شده، ممکن است جریان آب ضروری نباشد و می توان آب را همزمان در بالا و پائین اضافه کرد.

۸ - ۲ - ۲ - شروع کار با سیستم زهکشی اشباع شده اولیه - پس از اینکه بورت متصل به بالای نمونه با آب هواگیری شده پر شد، فشار محفظه ای برابر یا کمتر از ۵ پوند بر اینچ مربع (۳۵ کیلوپاسکال) اعمال کرده و شیرهای زهکشی نمونه را باز کنید. هنگامیکه فشار منفذی در پائین نمونه ثابت شد مطابق با روشی که در بند ۸ - ۲ - ۱ توضیح داده شد، یا هنگامیکه درجه بورت ثابت شد ممکن است فشار متقابل آب منفذی نمونه آغاز شود.

۸ - ۲ - ۳ - اعمال فشار متقابل - بطور همزمان فشار محفظه و فشار متقابل را بطور پله ای هنگامیکه شیرهای زهکشی نمونه باز هستند که آب هواگیری شده از بورت متصل به بالا و پائین نمونه بتواند بداخل نمونه جریان یابد، افزایش دهید. برای اجتناب از پیش تنشهای نامطلوب نمونه در هنگام اعمال فشار متقابل، فشارها باید بصورت افزایشی با زمان کافی بین افزایشها اعمال گردد تا در سرتاسر نمونه فشار آب همسانی وجود داشته باشد. اندازه هر افزایش با توجه به قابلیت تراکم نمونه خاک، بزرگی تنش تحکیمی موثر مطلوب، و درجه اشباع نمونه درست قبل از هر مرحله افزایش، ممکن است ۵ پوند بر اینچ مربع (۳۵ کیلوپاسکال)، ۱۰ پوند بر اینچ مربع (۷۰ کیلوپاسکال) یا حتی ۲۰ پوند بر اینچ مربع (۱۴۰ کیلوپاسکال) باشد. اختلاف بین فشار محفظه و فشار متقابل در حین اعمال فشار متقابل نباید بیشتر از ۵ پوند بر اینچ مربع (۳۵ کیلوپاسکال) باشد مگر اینکه کنترل تورم نمونه در حین عمل ضروری بنظر برسد.

اختلاف بین فشار محفظه و فشار متقابل به هنگام افزایش فشارها باید در حدود $\pm 5\%$ باقی بماند و زمانیکه فشارها ثابت هستند حدود $\pm 2\%$ باشد. پس از اعمال یک مرحله افزایش فشار متقابل یا پس از اینکه تمامی فشار متقابل اعمال شد برای کنترل همسانی، شیرهای زهکشی نمونه را ببندید و تغییر در فشار منفذی را در فواصل یک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دقیقه‌ای اندازه بگیرید. اگر تغییر در فشار منفذی کمتر از ۱٪ اختلاف بین فشار محفظه و فشار متقابل بود مرحله دیگری از افزایش فشار متقابل اعمال خواهد شد یا ممکن است با اندازه‌گیری پارامتر فشار منفذی B (بند ۸-۲-۴ ملاحظه گردد)، تعیین شود که اشباع کامل شده است. نمونه در صورتی اشباع شده در نظر گرفته می‌شود که مقدار B مساوی یا بزرگتر از ۰/۹۵ باشد یا مقدار B با مراحل افزایش فشار متقابل تغییر نکند.

توجه ۱۶- اگرچه پارامتر فشار منفذی B برای اندازه‌گیری درجه اشباع بکار می‌رود، اما مقدار B تابعی از سختی خاک نیز می‌باشد. در صورتیکه درجه اشباع نمونه ۱۰۰٪ باشد یا کاهش سختی خاک، اندازه‌گیری مقدار B افزایش خواهد یافت. بنابراین به هنگام آزمایش نمونه‌های خاک نرم، مقدار B برابر با ۹۵٪ نشاندهنده درجه اشباع کمتر از ۱۰۰٪ خواهد بود.

توجه ۱۷- فشار متقابل لازم برای اشباع یک نمونه متراکم شده با روش قراردادن مرطوب ممکن است بزرگتر از مقدار مربوط به روش قراردادن خشک باشد و ممکن است بزرگی آن ۲۰۰ پوند بر اینچ مربع (۴۰۰ کیلوپاسکال) باشد.

توجه ۱۸- بسیاری از آزمایشگاهها تبدیل‌کننده‌ها و تنظیم‌کننده‌های فشار جزئی را برای دست‌یابی به اختلافهای کوچک بین فشار متقابل و محفظه استفاده می‌کنند.

۸-۲-۴- اندازه‌گیری پارامتر فشار منفذی B - مقدار پارامتر فشار منفذی B را مطابق با بندهای ۸-۲-۴-۱ تا ۸-۲-۴-۲ تعیین کنید. پارامتر فشار منفذی B از طریق معادله زیر تعریف می‌شود:

$$B = \frac{\Delta u}{\Delta \sigma_v} \quad (2)$$

که در آن:

Δu : تغییر در فشار منفذی نمونه که در اثر تغییر در فشار محفظه و وقتی که شیرهای زهکشی نمونه بسته هستند رخ می‌دهد، و

$\Delta \sigma_v$: تغییر در فشار محفظه است.

۸-۲-۴-۱- شیرهای زهکشی نمونه را ببندید و فشار محفظه را تا ۱۰ پوند بر اینچ مربع (۷۰ کیلوپاسکال) افزایش دهید.

۸-۲-۴-۲- تقریباً پس از دو دقیقه حداکثر فشار منفذی تولید شده را تعیین و ثبت کنید. در مورد بسیاری از نمونه‌ها ممکن است فشار منفذی پس از واکنش سریع کاهش یابد و سپس با گذشت زمان به آرامی افزایش یابد. در صورتیکه این مسئله رخ دهد، باید مقادیر Δu نسبت به زمان رسم شود و فشار منفذی مجانب بعنوان تغییر در فشار منفذی بکار رود. یک افزایش بزرگ Δu با زمان یا مقادیر Δu بزرگتر از $\Delta \sigma_v$ نشاندهنده نشست مایع محفظه به داخل نمونه است. کاهش مقادیر Δu با زمان ممکن است نشاندهنده نشست قسمتی از سیستم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اندازه گیری فشار منفذی باشد که در خارج از محفظه واقع شده است.

۸-۲-۴-۳- با استفاده از معادله ۲ مقدار B را محاسبه کنید.

۸-۲-۴-۴- قبل از تعیین مقدار B با کاهش فشار محفظه تا ۱۰ پوند بر اینچ مربع (۷۰ کیلو پاسکال) یا با افزایش فشار متقابل تا ۱۰ پوند بر اینچ مربع (۷۰ کیلو پاسکال) مجدداً همان تنش تحکیمی موثر را که وجود دارد، اعمال کنید. اگر B با افزایش فشار متقابل، افزایش می یابد. عمل اشیاع با فشار متقابل را ادامه دهید. اگر B مساوی یا بزرگتر از ۹۵٪ بود یا اگر نمودار B در مقابل فشار متقابل، با افزایش فشار متقابل هیچ افزایش بعدی در B نشان نداد، تحکیم را آغاز کنید.

۸-۳-۳- تحکیم - موضوع مرحله تحکیم این آزمایش آن است که نمونه اجازه یابد در حالت زهکشی شده تحت تنش تحکیمی موثری که برای تعیین مقاومت لازم است، به تعادل دست یابد. در حین تحکیم، اطلاعاتی برای استفاده در تعیین زمان خاتمه تحکیم و محاسبه سرعت کرنش، که برای قسمت برش آزمایش بکار می رود، بدست می دهد. روش تحکیم به شرح زیر می باشد:

۸-۳-۱- زمانیکه مرحله اشیاع آزمایش کامل شد پیستون بار محوری را در تماس با کلاهک نمونه بیاورید و قرائت نشاندهنده تغییر شکل را ثبت کنید. در طی این عمل باید دقت کرد که پلر محوری اعمال شده به نمونه بیش از ۵٪/۰ بار محوری تخمینی در زمان گسیختگی نباشد.

بعد از ثبت قرائت پیستون را به فاصله کوچکی از کلاهک نمونه بالا آورده و سپس آنرا در همان محل قفل کنید.

۸-۳-۲- در حالیکه شیرهای زهکشی نمونه بسته است، حداکثر فشار متقابل را ثابت نگهدارید و فشار محفظه را افزایش دهید تا آنجا که اختلاف بین فشار محفظه و فشار متقابل برابر با فشار تحکیمی موثر مورد نظر گردد.

توجه ۱۹- در حالتی خاص ممکن است تحکیم چند مرحله ای مدنظر باشد بخصوص اگر زهکشی شعاعی استفاده شود.

۸-۳-۳- قرائت اولیه بورت را بدست آورده و سپس شیرهای زهکشی مربوطه را باز کنید بطوریکه نمونه از هر دو انتها بداخل بورت زهکشی شود. در فواصل زمانی که می گذرد (۱/۲۰، ۵/۱۰، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۵۰ و ۳۰ دقیقه و در ۱ و ۲ و ۴ ساعت و غیره) قرائتهای بورت را ثبت کنید و بعد از ۱۵ دقیقه قرائت، قرائتهای عتربه نشاندهنده تغییر شکل مربوطه را که از طریق اتصال دقیق پیستون با کلاهک نمونه حاصل شده ثبت کنید. در صورتیکه قرائتهای نشاندهنده تغییر شکل و بورت در مقابل ریشه دوم زمان رسم شوند فواصل زمانی که در آن قرائتها انجام می شوند ممکن است براساس زمانهاییکه جذرشان به آسانی حاصل می شود مثل ۰/۲۵، ۰/۰۹ و ۱۰۰/۴۹، ۹ و ۴ دقیقه و غیره تنظیم شوند. بسته به نوع خاک ممکن است فواصل زمانی به فواصل مناسبی که

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

در آنها تعریف مناسبی از تغییر حجم برحسب زمان می شود، تغییر یابند.

توجه ۲۰ - حالتی که مقادیر قابل توجهی ریزدانه بدلیل شیب های آبی اولیه زیاد ممکن است از نمونه شسته شود، همراه با بازبودن شیرهای زهکشی، افزایش تدریجی فشار محفظه تا رسیدن به فشار کل مورد نظر، در مدت زمان حداکثر ۱۰ دقیقه مجاز خواهد بود. در صورتی که این عمل انجام گیرد، ثبت اطلاعات بلافاصله پس از رسیدن به فشار کل باید شروع شود.

۸-۳-۴ - قرائتهای نشاندهنده تغییر شکل و پورت را برحسب لگاریتم یا ریشه دوم زمان رسم کنید. اجازه دهید مطابق روشهایی که در روش آزمایش D ۲۴۳۵ آمده، پس از اینکه صد درصد تحکیم اولیه حاصل شد تحکیم حداقل بمدت یک سیکن لگاریتم زمان یا یک شب ادامه یابد. یک انحراف نشانه شده به سمت انتهای منحنی تحکیم براساس قرائتهای نشاندهنده تغییر شکل در شیب های منحنی های نشان دهنده تغییر شکل و پورت معرف نسبت مایع از محفظه به داخل نمونه است و آزمایش باید متوقف شود.

۸-۳-۵ - مطابق یکی از روشهایی که در روش آزمایش D ۲۴۳۵ آمده زمان برای ۵۰٪ تحکیم اولیه یعنی σ_v را تعیین کنید.

۸-۴-۴ - برش - در حین برش، فشار محفظه باید ثابت نگه داشته شود، در حالیکه پیستون بارگذاری محوری در مقابل کلاهک نمونه یا کورتش محوری کنترل شده ای به عنوان معیار بارگذاری به سمت پایین پیش می رود. اجازه زهکشی به نمونه در حین برش داده نمی شود.

۸-۴-۱ - قبل از بارگذاری محوری - قبل از شروع به برش مراحل زیر را اجرا نمایید :

۸-۴-۱-۱ - با یاز کردن یا بستن شیرهای مربوطه، نمونه را ایزوله کنید بطوریکه در حین برش فشار آب منفذی نمونه از طریق وسیله اندازه گیری فشار منفذی اندازه گیری شود و هیچ گونه زهکشی انجام نگیرد.

۸-۴-۱-۲ - محفظه را در وسیله بارگذاری محوری در حالت مناسبی قرار دهید. دقت کنید که محفظه سه محوری، وسیله بارگذاری محوری و وسیله اندازه گیری بار محوری در یک امتداد قرار گیرند تا در طی برش از اعمال نیروی جانبی به پیستون جلوگیری شود.

۸-۴-۱-۳ - پیستون بار محوری را در تماس با کلاهک نمونه آورده، تا در نشیمنگاه مخصوص خود قرار گیرد و پیستون را با کلاهک هم امتداد کنید. بخاطر داشته باشید در طی این مرحله، دقت شود که بار محوری اعمال شده به نمونه بیش از ۵٪ بار محوری تخمین زده شده در زمان گسیختگی نباشد. در صورتیکه وسیله اندازه گیری بار محوری خارج از محفظه سه محوری قرار گرفته باشد، فشار محفظه تولید نیرویی به سمت بالا روی پیستون خواهد کرد که موجب عکس العمل در برابر وسیله بارگذاری محوری خواهد شد. در این حالت برای شروع برش پیستون را کمی از کلاهک جدا کنید و قبل از آنکه پیستون با کلاهک نمونه تماس حاصل کند یا (۱)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

اصطکاک اولیه پیستون و میزان بالاروندگی پیستون را در اثر فشار محفظه اندازه گرفته و ثبت کنید و بعداً بار محوری اندازه گیری شده را تصحیح کنید با (۲) وسیله اندازه گیری بار محوری را طوری تنظیم کنید که اصطکاک و بالاروندگی را جبران کند.

پراکندگی در فرائتهای وسیله اندازه گیری بار محوری به هنگام حرکت پیستون بطرف پائین و قبل از تماس با کلاهک نمونه، نباید بیش از ۱٪/۰ بار گسیختگی تخمین زده شده باشد. اگر وسیله اندازه گیری بار محوری داخل محفظه قرار گرفته باشد تصحیح برای اصطکاک پیستون یا نیروی بالابرنده‌ای که روی وسیله بارگذاری محوری عمل می‌کند ضروری نیست. به هر حال اگر یک وسیله اندازه گیری بار داخلی با انعطاف پذیری قابل توجه به همراه یک نشاندهنده تغییر شکل خارجی بکار رود. ممکن است تصحیح فرائتهای تغییر شکل ضروری باشد. در هر دو حالت فرائت اولیه وسیله اندازه گیری فشار آب منفذی را بلافاصله قبل از آنکه پیستون با کلاهک نمونه تماس یابد و فرائت نشاندهنده تغییر شکل را هنگامیکه پیستون با کلاهک نمونه تماس می‌یابد، ثبت کنید.

۸-۴-۲ بارگذاری محوری - بار محوری را با سرعت کرنش محوری که در زمان گسیختگی همسانی تقریبی در فشار منفذی در برابر نمونه ایجاد نماید، به نمونه اعمال کنید. فرض کنید گسیختگی پس از ۴٪ کرنش رخ خواهد داد، از تقسیم ۴٪ به ده برابر مقدار ۰.۴ (که در بند ۸-۳-۵ بدست آمده) سرعت مناسب کرنش بدست می‌آید. این سرعت کرنش به تعیین مسیرهای دقیق تنش موثر، در محدوده مورد نیاز تعریف پوششهای مقاومت موثر، خواهد انجامید. اگرچه تخمین زده شود که گسیختگی در مقادیر کرنش کمتر از ۴٪ رخ خواهد داد، اما لازم است که با تقسیم کرنش گسیختگی تخمین زده شده به ده برابر مقدار ۰.۴ سرعت کرنش مناسب را بدست آوریم. حداقل در افزایشهای ۱٪/۰ تا ۱٪ کرنش و بعد از آن در هر ۱٪ مقادیر بار، تغییر شکل و فشار آب منفذی را ثبت کنید. برای تعریف منحنی تنش - کرنش فرائت‌های کافی انجام دهید، بنابراین ممکن است در مراحل اولیه آزمایش و زمانی که مرحله گسیختگی نزدیک می‌شود، فرائتهای بیشتری مورد نیاز باشد. بارگذاری را تا ۱۵٪ کرنش ادامه دهید مگر وقتی که تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) تا ۲۰٪ افت کرده است یا هنگامی که بعد از حداکثر تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) ۰.۵٪ کرنش محوری اضافی رخ داده است، بارگذاری ممکن است متوقف شود.

توجه ۲۱ - استفاده از یک وسیله نشاندهنده صفر که با دست تنظیم می‌شود برای اطمینان از معیاری برای برش زهکشی نشده به توجه دائم نیاز خواهد داشت.

۹- خارج کردن نمونه

۹-۱ - هنگامیکه برش خاتمه یافت مراحل زیر را اجرا نمایید:

۹-۱-۱ - بار محوری را برداشته و فشار محفظه و فشار متقابل را تا صفر کاهش دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹-۱-۲- در حالیکه شیرهای زهکششی نمونه بسته هستند به سرعت نمونه را از دستگاه خارج کنید بطوریکه فرصت برای جذب آب از صفحات متخلخل نداشته باشد.

۹-۱-۳- غشاء لاستیکی را بردارید (و در صورتی که فیلترهای کاغذی تزاری یا سوراخدار استفاده شده آنها را نیز از روی نمونه بردارید) و درصد رطوبت کل نمونه را طبق روشی که در $D 2216$ آورده شده تعیین کنید. (آب آزادی که بعد از خارج کردن غشاء روی نمونه باقی می ماند باید قبل از بدست آوردن درصد رطوبت، خشک گردد.) در مواردی که برای آزمایش های خواص مشخصه مواد حاصل از تراشیدن آنها به اندازه کافی وجود ندارد، بدین معنی که قطر نمونه ها با لوله نمونه گیری یکسان است، نمونه باید قبل از خارج نمودن مواد برای آزمایشات خواص مشخصه وزن گردد و قسمتی از نمونه برای تعیین درصد رطوبت نهایی آن بکار می رود. قبل از آنکه نمونه (یا قسمتی از آن) در اون برای خشک کردن قرار داده شود، برای نشان دادن حالت گسیختگی (صفحه برش، تغییر شکل جانبی و غیره) از نمونه طرحی اجمالی تهیه کنید یا عکس بگیرید.

۱۰- محاسبات

۱۰-۱- خواص نمونه اولیه - روی برگه های اطلاعاتی مناسب، درصد رطوبت اولیه، حجم بخش جامد، نسبت تخلخل اولیه، درجه اشباع اولیه، و وزن مخصوص خشک اولیه را با استفاده از جرم خشک کل نمونه محاسبه و ثبت کنید. حجم نمونه را از روی مقادیر اندازه گیری شده در بند های ۶-۲ یا ۶-۳ محاسبه کنید، حجم بخش جامد را با تقسیم جرم خشک نمونه بر حاصلضرب چگالی ویژه ذرات جامد (توجه ۲۲) در دانسیته آب محاسبه کنید.

نسبت تخلخل را با تقسیم حجم منافذ به حجم قسمت جامد که در آن حجم منافذ، اختلاف بین حجم نمونه و حجم قسمت جامد در نظر گرفته می شود محاسبه کنید.

دانسیته خشک را با تقسیم جرم خشک نمونه به حجم نمونه محاسبه کنید.

توجه ۲۲ - چگالی ویژه ذرات جامد می تواند طبق روش آزمایش $D 854$ تعیین گردد یا ممکن است براساس نتایج آزمایش قبلی، فرض شود.

۱۰-۲- خواص نمونه پس از تحکیم - مساحت و ارتفاع نمونه را پس از تحکیم به روش زیر محاسبه کنید:

۱۰-۲-۱- ارتفاع نمونه بعد از تحکیم، H_c از روی معادله زیر تعیین می گردد:

$$H_c = H_0 - \Delta H_0 \quad (3)$$

که در آن:

H_0 = ارتفاع اولیه نمونه، بر حسب اینچ (میلی متر)، و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ΔH_0 = تغییر در ارتفاع نمونه در پایان تحکیم، برحسب اینچ (میلیمتر).

۱۰-۲-۲- مساحت مقطع عرضی نمونه، A_c ، پس از تحکیم باید با استفاده از یکی از روشهای زیر محاسبه گردد. (با فرض اینکه واحدهای مربوطه بکار می روند). انتخاب روشی که بکار گرفته می شود بستگی به این دارد که آیا همچنانکه آزمایش اجرا می گردد اطلاعات برش باید محاسبه گردد، (که در این مورد روش A بکار خواهد رفت) یا براساس نظر فرد صاحب صلاحیت در هر کدام از دو روش، شرایط تسلیم نمونه می تواند برای نشان دادن وضعیت پس از تحکیم در نظر گرفته شود.

۱۰-۲-۲-۱- روش A:

$$A_c = (V_0 - \Delta V_{sat} - \Delta V_c) / H_c \quad (4)$$

که در آن:

V_0 = حجم اولیه نمونه برحسب اینچ مکعب (میلیمتر مکعب)،

ΔV_c = تغییر در حجم نمونه در طی تحکیم برحسب آنچه قرائتهای بورت نشان می دهد، برحسب اینچ مکعب (میلیمتر مکعب)

ΔV_{sat} = تغییر در حجم نمونه در طی اشباع شدن برحسب اینچ مکعب (میلیمتر مکعب)، که بشرح زیر است:

$$\Delta V_{sat} = \gamma V_0 \Delta H_s / H_0$$

که در آن:

ΔH_s = تغییر در ارتفاع نمونه در طی اشباع شدن برحسب اینچ (میلیمتر).

۱۰-۲-۲-۲- روش B:

$$A_c = (V_{wf} + V_s) / H_c \quad (5)$$

که در آن:

V_{wf} = حجم نهایی آب (براساس درصد رطوبت نهایی)، برحسب اینچ مکعب (میلیمتر مکعب)، و

V_s = حجم قسمت جامد، برحسب اینچ مکعب (میلیمتر مکعب) که بشرح زیر است:

$$V_s = W_s / (G_s \rho_w)$$

که در آن:

W_s = جرم خشک نمونه، برحسب پوند (کیلوگرم)

G_s = چگالی ویژه ذرات جامد، و

ρ_w = دانسیته آب، برحسب پوند بر اینچ مکعب (کیلوگرم بر متر مکعب).

۱۰-۲-۳- با استفاده از ابعاد محاسبه شده نمونه بعد از تحکیم، و با فرض اینکه درصد رطوبت پس از

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

تحکیم همان درصد رطوبت نهایی است، نسبت تخلخل تحکیم یافته و درجه اشباع را محاسبه کنید.

توجه ۲۳ - در حین برداشتن نمونه از دستگاه اگر نمونه از صفحات متخلخل آب جذب می کند، لذا درجه اشباع محاسبه شده براساس درصد رطوبت نهایی از ۱۰۰ درصد تجاوز خواهد کرد.

توجه ۲۴ - در این روش آزمایش معادلات بگونه ای نوشته شده اند که فشردگی و تحکیم مثبت در نظر گرفته شده اند.

۱۰-۳-۱- اطلاعات برش :

۱۰-۳-۱- کرنش محوری، ϵ_1 ، عمرا برای بار محوری اعمال شده معین بطریق زیر محاسبه کنید:

$$\epsilon_1 = \Delta H / H_c \quad (6)$$

که در آن :

ΔH = تغییر در ارتفاع نمونه در طی بارگذاری که از روی نشاندهنده تغییر شکل قرائت می شود، برحسب اینچ (میلیمتر) و،

H_c = ارتفاع نمونه پس از تحکیم، برحسب اینچ (میلیمتر).

۱۰-۳-۲- سطح مقطع عرضی، A ، را برای بار محوری اعمال شده معین بطریق زیر محاسبه کنید:

$$A = A_c / (1 - \epsilon_1) \quad (7)$$

که در آن :

A_c = میانگین سطح مقطع عرضی نمونه پس از تحکیم، برحسب اینچ مربع (میلیمتر مربع) و،

ϵ_1 = کرنش محوری برای بار محوری معین.

توجه ۲۵ - سطح مقطع عرضی محاسبه شده به این روش براساس این فرضیه است که نمونه در طی برش بصورت یک استوانه دایره ای مستقیم تغییر شکل می دهد. در حالتی که تغییر شکل جانبی موضعی وجود دارد ممکن است تعیین دقیق تر مساحت براساس اندازه گیریهای ابعاد نمونه پس از برش باشد.

۱۰-۳-۳- تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) $\sigma_1 - \sigma_3$ ، برای بار محوری اعمال شده معین بطریق زیر محاسبه می گردد:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A$$

که در آن :

P = بار محوری اعمال شده معین (در صورت لزوم برای فشار بالا برنده و اصطکاک پیستون همانگونه که در بند ۸

- ۲- ۱- ۳- گنجه شده، تصحیح شده است) برحسب پوند (کیلونیوتن) و،

A = مساحت مقطع عرضی مربوطه، برحسب اینچ مربع (میلیمتر مربع).

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۰-۲-۴ تنش اصلی موثر کوچکتر، σ'_3 ، برای بار محوری اعمال شده معین بطریق زیر محاسبه می گردد:

$$\sigma'_3 = \sigma_3 - \Delta u \quad (9)$$

که در آن:

σ_3 = تنش تحکیمی موثر برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)، و

Δu = فشار آب منفذی تولید شده در بار محوری معین (که حاصل فشار آب منفذی کل منهای فشار متقابل است)، برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال).

۱۰-۴- تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) و فشار آب منفذی تولید شده برحسب منحنی های کرنش - نمودارهایی آماده کنید که در آن روابط بین تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) و فشار آب منفذی تولید شده با کرنش محوری نشان داده شده باشد. تنش انحرافی و فشار آب منفذی تولید شده را روی محور عرضی مختصات و کرنش محوری را روی محور طولی مختصات قرار دهید. تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) و کرنش محوری را در زمان گسیختگی طبق تعریفی که در بند ۳-۲-۳ آمده، انتخاب کنید.

۱۰-۵- نمودار $q - P'$ - نموداری رسم کنید که در آن رابطه بین P' ، $(\sigma'_1 + \sigma'_3) / 2$ ، و q ، $(\sigma_1 - \sigma_3) / 2$ ، نشان داده شود، q را روی محور عرضی و P' را با همان مقیاس روی محور طولی مختصات قرار دهید. مقدار P' برای بار محوری معین بطریق زیر محاسبه خواهد شد:

$$P' = ((\sigma_1 - \sigma_3) + 2\sigma'_3) / 2 \quad (10)$$

که در آن:

$\sigma_1 - \sigma_3$ = تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)، و

σ'_3 = تنش اصلی موثر کوچکتر برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال).

۱۰-۶- تصحیح برای نوارهای فیلتر کاغذی - در مورد نوارهای فیلتر کاغذی قائم که تمام طول نمونه را می پوشانند، اگر خطا در تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) ناشی از مقاومت نوارهای فیلتر کاغذی از ۵٪ تجاوز نماید، تصحیح نوار فیلتر کاغذی را به مقادیر کرنش محوری شده تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) اعمال کنید.

۱۰-۶-۱ - در مقادیر کرنش محوری بالای ۲٪، برای محاسبه مقدار تصحیح از معادله زیر استفاده کنید:

$$\Delta (\sigma_1 - \sigma_3) = K_{fp} P_{fp} / A_c \quad (11)$$

که در آن:

$\Delta (\sigma_1 - \sigma_3)$ = مقدار اصلاحی که از تنش اصلی تفاضلی اندازه گرفته شده (تنش انحرافی) کم خواهد شد. بر

حسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

K_{fp} = بار تحمل شده توسط نوارهای فیلتر کاغذی در واحد طول محیطی که با فیلتر کاغذی پوشیده شده
برحسب پوند نیرو بر اینچ (کیلو نیوتن بر میلیمتر)،

P_{fp} = محیطی که با فیلتر کاغذی پوشیده شده برحسب اینچ (میلیمتر)، و

A_c = سطح مقطع عرضی نمونه پس از تحکیم، برحسب اینچ مربع (میلیمتر مربع).

۱۰-۶-۲- برای مقادیر کرنش محوری ۲٪ یا کمتر، برای محاسبه مقدار تصحیح از معادله زیر استفاده کنید:

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = 50 \varepsilon_1 K_{fp} P_{fp} / A_c \quad (12)$$

که در آن:

ε_1 = کرنش محوری (به صورت اعشاری) و دیگر پارامترها به همان صورتی است که در بند ۱۰-۶-۱ توضیح داده شده است.

توجه ۲۶ = برای فیلترهای کاغذی که بطور معمول در آزمایشات سه محوری بکار می‌روند K_{fp} تقریباً ۱/۱ پوند بر اینچ (۱۹/۰ کیلو نیوتن بر متر) است.

۱۰-۷- **تصحیح برای غشاء لاستیکی** - اگر خطا در تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) به علت مقاومت غشاء، از ۵٪ بیشتر شد، از معادله زیر برای تصحیح تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) استفاده کنید:

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = (4 E_{mt} m \varepsilon_1) / D_c \quad (13)$$

که در آن:

$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3)$ = مقدار اصلاحی که از تنش اصلی تفاضلی اندازه گرفته شده (تنش انحرافی) کسر خواهد شد، برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)،

$$D_c = \sqrt{4 A_c} / \Pi = \text{قطر نمونه پس از تحکیم، برحسب اینچ (میلیمتر)}$$

E_m = مدول یانگ برای مصالح غشاء برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)

t_m = ضخامت غشاء، برحسب اینچ (میلیمتر)، و

ε_1 = کرنش محوری (به صورت اعشاری)

۱۰-۷-۱ - مدول یانگ مصالح غشاء با آویزان نمودن نوار محیطی $5/8$ in (۱۵mm) از غشاء با استفاده

از یک فیلتر نازک و قرار دادن مبله دیگری در پائین غشاء آویزان، و اندازه گیری نیرو در کرنش واحدی که از کشیدن غشاء حاصل می شود، تعیین می گردد. مقدار مدول ممکن است از طریق معادله زیر محاسبه گردد:

$$E_m = (F/A_m) / (\Delta L/L) \quad (14)$$

که در آن:

E_m = مدول یانگ مصالح غشاء، برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

F = نیرویی که برای کشیدن غشاء اعمال می شود، برحسب پوند نیرو (کیلو نیوتن)،

L = طول غشاء قبل از کشیدن، برحسب اینچ (میلیمتر).

ΔL = تغییر طول غشاء بعلاوه اعمال نیروی F ، برحسب اینچ (میلیمتر)، و

A_m = مساحت غشاء که مساوی با $2tmws$ می باشد، برحسب اینچ مربع (مترمربع = $10^{-6} \times$ میلیمتر مربع) که در آن:

tm = ضخامت غشاء، و

ws = عرض نواری محیطی (۲/۵ اینچ یا ۱۵ میلیمتر).

توجه ۲۷ - بعنوان نمونه مقدار E_m برای غشاء لاتکس ۲۰۰ پوند بر اینچ مربع (۱۴۰۰ کیلو پاسکال) می باشد.

توجه ۲۸ - معمولاً اثر غشاء روی تنش جانبی ناچیز فرض می شود.

توجه ۲۹ - تصحیح های نوارهای فیلتر کاغذی و غشاءها براساس فرضیات ساده شده ایست که بر پایه رفتار آنها در حین برش استوار است. رفتار واقعی آنها پیچیده است و نیازی به تصحیح های دقیق تر وجود ندارد.

۱۰ - ۸ - تنشهای اصلی کوچکتر و بزرگتر در زمان گسیختگی را براساس تنش های کل σ_{1f} و σ_{3f} و براساس تنشهای موثر تنسی σ'_{1f} و σ'_{3f} به ترتیب به شرح زیر تعیین نمایند:

σ_{3f} = تنش تحکیمی مؤثر، برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)،

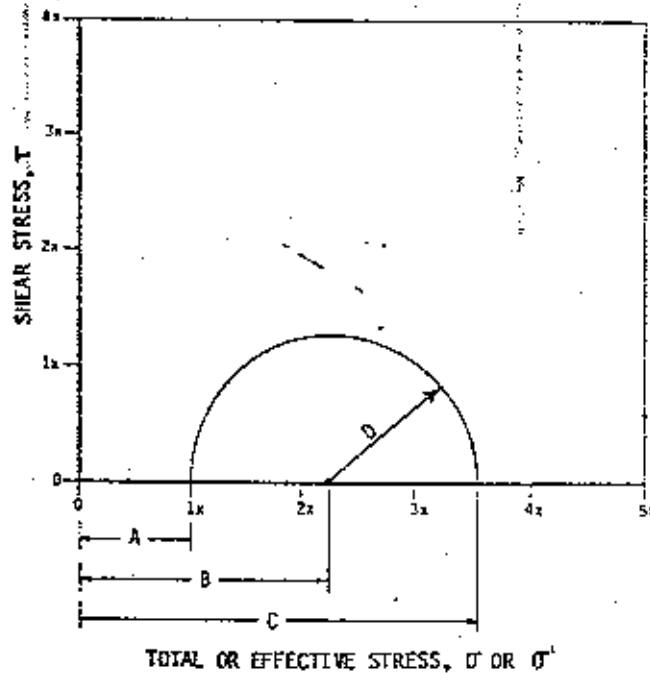
$\sigma_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3)$ در زمان گسیختگی + σ_{3f} ، برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)

$\sigma'_{3f} = \sigma_{3f} - \Delta u_f$ برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال)، و

$\sigma'_{1f} = (\sigma_1 - \sigma_3)$ در زمان گسیختگی + σ_{3f} برحسب پوند بر اینچ مربع (کیلو پاسکال) که در آن Δu_f فشار آب منفذی ایجاد شده در زمان گسیختگی است.

۱۰ - ۹ - دوایر تنش موهر - دوایر تنش موهر را در زمان گسیختگی براساس تنشهای کلی و موثر در سیستم مختصات عددی رسم کنید. بدین صورت که تنش برشی روی محور طولی مختصات و تنش غمودی روی محور عرضی و با مقیاسهای یکسان رسم خواهد شد. همچنانکه در شکل ۳ نمایش داده شده، دایره براساس تنشهای کل ناشعاع نصف تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) در لحظه گسیختگی رسم شده است و مرکز آن در مقداری برابر با نصف مجموع تنشهای اصلی کل بزرگتر و کوچکتر است.

دایره تنش موهر براساس تنشهای مؤثر به روش مشابه رسم می شود، فقط مرکز آن در مقداری برابر با نصف مجموع تنشهای اصلی مؤثر کوچکتر و بزرگتر می باشد.



شکل ۳ - ساختن دایره تنش موهر

A = تنش اصلی کوچکتر موثر یا کل (σ_3 یا σ'_3)

B = میانگین تنشهای اصلی موثر یا کل

C = تنش اصلی بزرگتر موثر یا کل (σ_1 یا σ'_1)

D = شعاع دایره موهر، نصف اختلاف تنش اصلی تفاضلی

۱۱- گزارش:

۱-۱-۱۱- گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

۱-۱-۱۱-۱- اطلاعات شناسایی و توصیف ظاهری نمونه، شامل طبقه بندی خاک و اینکه نمونه دست نخورده، متراکم شده یا اینکه به طریق دیگری آماده شده است.

۱-۱-۱۱-۲- مقادیر حد خمیری و حد روانی، در صورتیکه طبق روش آزمایشی D ۴۳۱۸ تعیین شده باشد.

۱-۱-۱۱-۳- مقدار چگالی ویژه ذرات جامد و یادداشت آن در صورتیکه مقدار فوق طبق روش آزمایش D ۸۵۴ تعیین یا فرض شده است.

۱-۱-۱۱-۴- تحلیل اندازه ذرات، در صورتیکه طبق روش D ۴۲۲ تعیین گردیده است.

۱-۱-۱۱-۵- وزن مخصوص خشک اولیه نمونه، نسبت تخلخل، درصد رطوبت و درصد اشباع.

۱-۱-۱۱-۶- ارتفاع و قطر اولیه نمونه.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۱۱-۱-۷- روشی که برای اشباع نمونه انجام شده است (بدین معنی که روش خشک یا ترمی باشد).
 - ۱۱-۱-۸- فشار متقابل کل.
 - ۱۱-۱-۹- پارامتر فشار منبذی B، در انتهای مرحله اشباع.
 - ۱۱-۱-۱۰- تنش تحکیمی موثر.
 - ۱۱-۱-۱۱- زمان ۵۰٪ تحکیم اولیه.
 - ۱۱-۱-۱۲- وزن مخصوص خشک نمونه، نسبت تخلخل، درصد رطوبت و درجه اشباع پس از تحکیم.
 - ۱۱-۱-۱۳- مساحت مقطع عرضی نمونه پس از تحکیم و روشی که برای تعیین آن بکار می رود.
 - ۱۱-۱-۱۴- معیارهای گسیختگی بکار برده شده.
 - ۱۱-۱-۱۵- مقدار تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) در زمان گسیختگی و مفادیر تنشهای اصلی موثر کوچکتر و بزرگتر در زمان گسیختگی.
 - ۱۱-۱-۱۶- کرنش محوری در زمان گسیختگی، برحسب درصد.
 - ۱۱-۱-۱۷- سرعت کرنش، برحسب درصد در دقیقه.
 - ۱۱-۱-۱۸- تنش اصلی تفاضلی (تنش انحرافی) و فشار آب منفذی تولید شده برحسب منحنی های کرنش محوری همچنانکه در بند ۱۰-۴ توضیح داده شده است.
 - ۱۱-۱-۱۹- نمودار $q - P'$ برای نتایج آزمایش.
 - ۱۱-۱-۲۰- دواپر تنش موثر براساس تنشهای کل و موثر.
 - ۱۱-۱-۲۱- طرح نمونه گسیخته شده یا عکس نمونه.
 - ۱۱-۱-۲۲- اظهارات و یادداشتهایی مبنی بر هرگونه شرایط غیر معمول، یا اطلاعات ضروری دیگر برای تفسیر مناسب نتایج بدست آمده، به علاوه هرگونه انحراف از روش مشخص شده.
- ۱۲- دقت و خطا
- ۱۲-۱- تنوع خاک و ناتوانی حاصله در تعیین مقدار واقعی مانع از تعمیم اظهارنظر معنی دار می گردد. اطلاعات در تعیین دقت این روش آزمایش ارزیابی می شود. به علاوه، کمیت فرعی درصدد جمع آوری اطلاعات از استفاده کنندگان این روش آزمایش می باشد.
- ۱۳- لغات راهنما
- ۱۳-۱- وضعیت فشار متقابل، خاکهای چسبنده، آزمایش سه محوری زهکشی نشده - تحکیم یافته، مقاومت

سه محوری زهکشی نشده، تحکیم یافته، تنش تحکیمی موثر، مقاومت برشی، پوش مقاومت

ASTM : D4۲۲۹-۸۸ استاندارد روش آزمایش شاخص تورم خاکها

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش شاخصی برای استعداد تورم خاکهای متراکم زمانی که با آب مقطر اشباع شده‌اند، فراهم می‌کند.

۱-۲- این روش آزمایش تغییراتی از جمله خصوصیات تورم خاکها را کنترل می‌کند و با ایتحالیک آزمایش نسبتاً ساده‌ای را برای کاربردهای تجربی مهندسی فراهم می‌کند.

۱-۳- مقادیری که در واحد SI بیان شده‌اند، بعنوان استاندارد در نظر گرفته شده‌اند. مقادیری که در واحد اینچ-پوند بیان شده‌اند، تقریبی می‌باشند.

۱-۴- این استاندارد ممکن است که مستلزم استفاده از مواد، عملگردها و وسایل پر خطر باشد. مفهوم این استاندارد این نیست که تمام مسائل ایمنی همراه با آزمایش را مطرح کند. این بعهده استفاده‌کننده این استاندارد است که روشهای سالم و ایمنی متناسب را انتخاب کند و قابل کاربرد بودن محدودیتهای تنظیمی قبلی را برای استفاده تعیین کند.

۲- مدارک مرجع

۲-۱- استانداردهای ASTM :

D ۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک، سنگ و مایعات موجود در آنها

D ۶۹۸ روش‌های آزمایش برای روانی و شرایط دانسیته خاکها و مخلوط‌های خاک-سنگدانها استفاده از چکش (۴/۴۹ Kg) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچی (۳۰۵ میلی‌متری).

D ۸۵۴ روش آزمایش چکالی ویژه خاکها.

D ۲۲۱۶ روشی برای تعیین آزمایشگاهی در حد رطوبت خاک، سنگ و مخلوطهای خاک-سنگدانها.

D ۲۲۲۵ روش آزمایش خواص تحکیم یک‌بعدی خاکها.

D ۲۸۷۷ روش آزمایش برای انقباض و تورم یک‌بعدی و فشار بالاسرنده مخلوطهای خاک-سنگ-آهک.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D ۴۳۱۸ روش آزمایش برای حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها.
 D ۴۷۵۳ مشخصه ای برای ارزیابی، انتخاب و تشخیص ترازوها و مقیاسهایی
 برای استفاده در آزمایشهای خاک و سنگ.

E 11 مشخصه ای برای الکهای از نوع مفتول بافته شده فلزی (سیم بافته
 فلزی) برای اهداف آزمایش.

۳- اصطلاحات

۳-۱- برای تعریف اصطلاحات استاندارد به اصطلاحات D ۶۵۳ مراجعه شود.
 اصطلاحات اضافی در زیر آمده است:

۳-۱-۱- شاخص تورم، EI - ۱۰۰۰ برابر اختلاف بین ارتفاع اولیه
 و نهایی نمونه تقسیم بر ارتفاع اولیه.

۳-۱-۲- شاخص تورم - وزنی EIw - برای خاکهای غیر یکسخت، بوسیله
 ضرب کردن شاخص تورم در هر فاصله از عمق در ضرایب وزنی که در جدول زیر
 داده شده و نتایج را خلاصه می کنند تعیین می شود.

عمق، فوت (متر)	ضریب وزنی
۰-۱ (۰-۰/۳)	۰/۴
۱-۲ (۰/۳-۰/۶)	۰/۳
۲-۳ (۰/۶-۰/۹)	۰/۲
۳-۴ (۰/۹-۱/۲)	۰/۱
زیر ۴ (زیر ۱/۲)	۰/۰

۴- خلاصه روش آزمایش

۴-۱- نمونه را در داخل حلقه فلزی طوری متر اکم کنید که درجه اشباع آن بین
 ۶۰ تا ۷۰ باشد و نمونه و حلقه را در تحکیم سنج قرار دهید. فشار
 محدود کننده قائم در حدود ۶/۹ کیلو پاسکال (11 lb/in^2) را بر نمونه
 اعمال کنید، سپس نمونه را با آب مقطر اشباع کنید.

تغییر شکل نمونه را برای ۲۴ ساعت یا زمانی که میزان تغییر شکل کمتر
 از ۰/۰۰۵ سانتی متر در ساعت (۰/۰۰۰۲ اینچ در ساعت) برسد
 یادداشت کنید. حداقل زمان ۳ ساعت برای قرائت مورد نیاز است.

۵- اهمیت و کاربرد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۵-۱- شاخص تورم، EI، برای اندازه گیری ویژگی شاخص اصلی خاکها مورد استفاده قرار میگیرد و بنابراین EI با دیگر شاخصهای خاک از جمله حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری خاکها، همانطور که در روش آزمایش D ۴۳۱۸ آمده است، قابل مقایسه می باشد.

۵-۲- EI برای کمی کردن شرایط حراشی خاص از جمله دانسیته خاک، درصد رطوبت، بارگذاری، ساختار خاک در محل یا شیمی آب-خاک بکسار می رود. ولیکن این روش آزمایش همه شرایط را ثابت نگه می دارد و به همین دلیل مطابقت اطلاعات بین سازمانهای ذیربط امکان پذیر می شود. تمامی سازمانها میتوانند از تجربیات گردآوری شده سود ببرند.

۵-۳- بر اساس جدول زیر، استعداد تورم خاکها طبقه بندی می شود:

شاخص تورم EI	استعداد تورم
۰-۳۰	خیلی کم
۳۱-۵۰	کم
۵۱-۹۰	متوسط
۹۱-۱۳۰	زیاد
>۱۳۰	خیلی زیاد

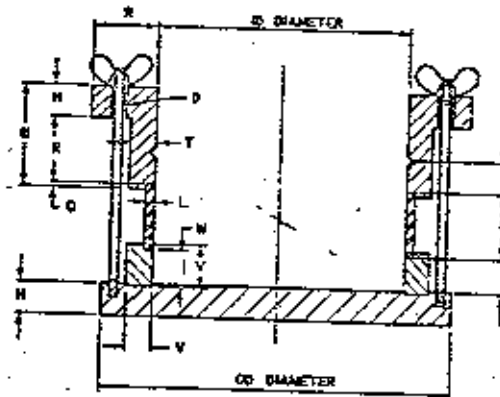
عمد دستگاه

۶-۱- قالب- قالب باید استوانه ای شکل، فلزی و دارای ظرفیت و ابعادی باشد که در شکل ۱ نشان داده شده است. قالب باید دارای یک حلقه جدا شونده باشد که یک نشانه در ۵/۰۸ سانتی متری (۲ اینچی) بالای قاعده حاکی شده است. بخش پایینی قالب برای نگاه داشتن حلقه فولادی زنگ نزن متحرک، طراحی شده است. این حلقه دارای ارتفاعی در حدود ۲/۵۴ سانتی متر (۱ اینچ) و اندازه قطر داخلی آن ۱۰/۱۹ سانتی متر (۴/۰۱ اینچ) و ضخامت دیواره آن نباید کمتر از ۰/۳۱ سانتی متر (۰/۱۲ اینچ) باشد.

۶-۲- چکش- چکش فلزی که سطح دایره ای آن دارای قطر ۵/۰۸ سانتی متر (۲ اینچ) و وزن چکش در حدود ۲/۵ کیلو گرم (۵/۵ lb) می باشد، که باید به طور منظم برای ارتفاع سقوط آزاد ۲۰/۵ سانتی متری (۱۲ اینچی)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

از بالای سطح خاک، کنترل خود، روش آزمایش D ۶۹۸ مشخصات چگالی مناسب را ببینید.



Letter	in.	mm
ID	4.01	101.9
OD	5 1/4	139.7
H	1/2	12.7
D	7/8 Hole	5.6 Hole
U	1/8	41.3
T	3/8	9.5
R	1/4	3.2
W	1	25.4
V	7/8	71.1
L	3/16	14.3
	0.120	3.05

شکل ۱- قالبها طبقه برای متر اگم کردن نمونه جهت آزمایش شاخص تورم

۴- ترازو - یک ترازو یا قبان با حداقل ظرفیت ۱۰۰ گرم و حساسیت در حدود ۰/۱ گرم.

توجه ۱- برای اطلاعات بیشتر به مشخصه D ۲۷۵۳ مراجعه کنید.

۴- کوره خشک کن (اون) - قابلیت کوره خشک کن برای نگه داشتن درجه حرارت در حد $110 \pm 5^\circ C$ ($230 \pm 9^\circ F$) به منظور خشک کردن نمونه های مرطوب که با ترموستات کنترل می شود.

۵- تیغه مافکن، تیغه مافکن فولادی به طول ۴/۵ سانتی متری (۱۲ اینچ) که دارای یک لبه کج شده است.

۶- الکها - یک الک ۲/۷۵ میلی متر (نمره ۴) که با لوازم مشخصه B11 مطابقت دارد.

۷- ابزارهای مخلوط کردن - ابزارهای متفرقه از جمله ظروف مخلوط کننده، قاشقها، گاردگو وسیله مکانیکی مناسبی که بسته

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

خور یکنواخت نمونه خاک را با اضافه کردن آب مخلوط کنند.

۶-۸- وسیله بارگذاری - یک تحکیم سنج یا وسیله بارگذاری مشابه برای نکه داشتن و غوطه ور کردن نمونه، برای اعمال بار قائم، و برای اندازه گیری تغییر در ارتفاع نمونه، همانطور که در روش آزمایش D ۲۴۲۵ توصیف شده است. حلقه تحکیم سنج باید همانطور که بند ۶-۱ مشخص شده باشد.

۶-۹- صفحات متخلخل - صفحات باید دارای سطحی صاف و به اندازه کافی باشند تا حداقل خاک را از داخل صفحه عبور دهند و از جابجاییهای اضافی که در اثر فرار گرفتن نمونه بر روی سطح صفحات متخلخل می باشد، کاسته شود (توجه ۲). چنین جابجاییهایی ممکن است مهم باشند بویژه اگر جابجاییها و فشارهای قائم اعمالی کوچک باشند.

توجه ۲- اندازه مناسب منفذ ۱۰ میکرومتر (۱۰۰ μm) است.

۶-۹-۱- صفحات متخلخل باید با هوا خشک شوند.

۶-۹-۲- صفحات متخلخل باید هم اندازه حلقه تحکیم سنج باشند تنها از خروج و سوراخ شدن جلوگیری شود. روانداریهای یک صفحه، مناسب در بند ۶-۱۳ از روش آزمایش D ۲۴۲۵ توصیف شده است.

۷- آماده سازی نمونه

۷-۱- آماده سازی برای الک کردن - اگر زمانی که نمونه را از محل (محرا) دریافت می کنید، مرطوب است، آنرا خشک کنید تا در اثر مالش کشیدن، شکننده و خرد شود. خشک شدن یا در هوای آزاد یا بوسیله دستگاههای خشک کننده صورت می گیرد بطوریکه دمای نمونه نباید از ۶۰°C (۱۴۰°F) تجاوز نماید. سپس سنگدانه ها را بطور یکنواخت به روشی خرد کنید که اندازه طبیعی ذرات منفرد کاسته نشود.

توجه ۳ - ذرات بزرگتر از ۰/۶ سانتی متر (۰/۲۵ اینچ) استعداد عبور را دارند، از جمله سنگسرس، شیل یا سنگ آذرین هوازده، اگر اینها همراه خاک باشند، ممکن است خرد و شکسته شوند بطوری که از ۴/۷۵ میلی متر (نمره ۴) عبور کنند.

۷-۲- الک کردن - مقدار مناسبی کافی از نمونه های نمایانگر خرد شده روی الک نمره ۴ (۴/۷۵ میلی متر) را الک کنید. درصد ذرات درشت باقی مانده روی الک ۴/۷۵ میلی متر (نمره ۴) آنرا یادداشت کنید و دور بریزید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۲-۷ نمونه - نمونه نمایانگری از خاک با جرم تقریبی ۱ کیلوگرم (۲۱b) یا بیشتر را همانطوریکه در بندهای ۱-۷ و ۲-۷ آماده شده، انتخاب کنید. ۸- آماده سازی نمونه آزمایشی

۱-۸ تنظیم در حد رطوبت - نمونه نمایانگر انتخاب شده را با مقادار کافی آب مقطر بطور یکنواخت مخلوط کنید، تا همانطور که مطابق با روشهای D 698 اندازه گیری می شود، خاک بطور تقریبی به در حد رطوبت بهینه برسد. نیازی به انجام روش آزمایشی واقعی نیست، اما تجربه و قضاوت باید برای تعیین مقدار آب مورد استفاده قرار گیرد. بعد از مخلوط کردن، نمونه نمایانگری از مصالح را برای اندازه گیری رطوبت بردارید و باقیمانده خاک را در محفظه بدون هوا که خوب بسته شده برای مدت حداقل ۱۶ ساعت (یا یک شب) قرار دهید. فوراً "نمونه مرطوب را وزن کنید و آنرا در اون (گر مخزن) در دمای $5 \pm 110 \pm 1$ (F) 23.0 ± 1 برای حداقل ۱۲ ساعت قرار داده تا خشک شود یا مطابق با روش D 2216 تا به جرم ثابت برای تعیین در حد رطوبت برسند. نمونه مرطوب باید حداقل جرمی در حدود ۲۰۰ گرم (۰/۶۶ lb) داشته باشد.

۳-۸ قالب گیری نمونه - از یک نمونه بوسیله متر اکم کردن خاک عمل آورده در قالب به قطر ۱۰/۱۹ سانتی متر (۴/۰۱ اینچ) در ۲ لایه مساوی که عمق متر اکم شده کل بطور تقریبی ۵/۱ سانتی متر (۲ اینچ) باشد، نمونه تهیه کنید. هر لایه را با ۱۵ ضربه که به طور یکنواخت توزیع می شود، متر اکم کنید، زمانی که از چکش نوع لوله ای استفاده می شود، ارتفاع سقوط چکش ۳۰/۵ سانتی متر (۲ اینچ) از بالای سطح خاک می باشد، و موقعی که از چکش که بطور ثابت نصب شده استفاده می شود، ارتفاع سقوط ۳۰/۵ سانتی متر بالای هر لایه ای که متر اکم شده است، می باشد. در طی عمل تراکم تکیه گاه قالب یک پیوسته یکنواخت است. این پی از یک بتن مکنبی با جرمی که نباید از ۹۰ کیلوگرم (۲۰۰ lb) کمتر باشد، درست می شود.

۳-۸ صاف کردن نمونه - بعد از عمل تراکم، قسمت های بالایی و پایینی قالب را از حلقه داخلی خارج کنید و با یک تیغه صافکن بالا و پایین حلقه که نمونه در آن قرار دارد را بطور دقیق صاف کنید.

۴-۸ تعیین ارتفاع اولیه - ارتفاع اولیه نمونه H1 در حدود ۰/۵ سانتی متر (۰/۰۲ اینچ) مشابه با روشی که در بند ۲-۶ در روشهای آزمایشی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

D ۲۸۷۷ آمده می باشد یا فرض نمایید برابر با ارتفاع حلقه نمونه باشد.
 ۵-۸ اشباع - درصد رطوبت و وزن مخصوص خشک را مطابق با بند ۴ روشهای
 آزمایش D ۶۹۸ محاسبه کنید. نمونه متراکم شده را وزن کنید و در صد
 اشباع را تعیین کنید. درصد اشباع S، ممکن است بصورت زیر تعیین شود:

$$S = W G_s \alpha_w / (G_s \alpha_w - \alpha_d)$$

که در آن:

W = درصد رطوبت، به درصد،

G_s = چگالی ویژه از ۲/۷ استفاده کنید مگر آنکه چگالی ویژه کمتر از ۲/۶
 یا بیشتر از ۲/۸ دانسته شود (توجه ۴ را ببینید).

α_w = وزن مخصوص آب، ۹/۸ کیلو نیوتن بر متر مکعب (۶۲/۴ lbf/ft^۳) و

α_d = وزن مخصوص خشک، کیلو نیوتن بر متر مکعب (۱ lbf/ft^۳)

توجه ۴ - با استفاده از چگالی ویژه فرض شده ۲/۷ در محاسبه درجه اشباع
 حداکثر خطای ۴٪ نتیجه می شود.

چگالی ویژه واقعی بین ۲/۶ و ۲/۸ می باشد. خطای ماکزیمم در محاسبه شاخص
 تورم مطابق با بند ۱-۱-۳۰۲ می باشد. بزرگی خطا خیلی کمتر از مقدار
 خطای بخش شده معمولی که از آزمایشهای ارائه شده در بند ۱-۱-۱ حاصل شده،
 می باشد. برای اندازه گیری چگالی ویژه خارج از محدوده داده شده، به روش
 آزمایش D-۸۵۴ مراجعه شود.

۸-۴ تنظیم درصد رطوبت - برای بدست آوردن درجه اشباع در حدود $\pm 0.5\%$
 در صد رطوبت را تنظیم کنید. اگر درجه اشباع بین ۲۹ تا ۵۱ درصد نبوده،
 خاک را از قالب بیرون آورید و درصد رطوبت را بوسیله اضافه کردن آب
 یا خشک کردن در هوای آزاد تنظیم کنید. مراحل بندهای ۸-۴-۳، ۸-۴-۲ و
 ۸-۴-۱ را تکرار کنید تا درجه اشباع نمونه متراکم شده بین ۲۹ تا ۵۱ درصد
 شود.

توجه ۵ - شاخص تورم در ۵۰٪ اشباع را می توان با توجه به بخش ۱-۱-۲ از شاخص
 اندازه گیری شده EImcas در یک آزمایش که محدوده اشباع بین ۴۰ تا ۶۰
 درصد باشد، محاسبه نمود.

۹- روش

۹-۱- نمونه خاک را طوری در تحکیم سنج یا وسیله بارگذاری مشابه قرار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دهید که در حلقه به قطر ۱۰/۱۹ سانتی متر (۴/۰۱ اینچ) متراکم شده باشند.
صفحات مستطیل بالا و پایین را با هوا خشک کنید.

روی نمونه فشار کل در حدود ۶/۹ کیلو پاسکال (1 lbf/in^2) اعمال کنید که این فشار شامل وزن صفحه مستطیل بالایی و فشاری که توسط ماشین بارگذاری وارد می شود، می باشد. اجازه دهید تا نمونه تحت این فشار و برای مدت ۱ دقیقه تحکیم یابد، سپس قرائت اولیه (D_1) را از روی شاخص تحکیم سطح با دقت حداقل ۰/۰۳ سانتی متر (۰/۰۰۱ اینچ) بخوانید.
۲-۹ نمونه را با آب مقطر اشباع کنید. از روی شاخص قرائت های متناوبی (برای مدت ۲۴ ساعت، یا زمانی که میزان تورم کمتر از ۰/۰۰۵ سانتی متر در ساعت) (0.002 in/hr) برسد، بخوانید. گرچه در هسسر مزودنی نباید نمونه را اشباع کرد و قرائت های کمتر از ۳ ساعت گرفته شود.

۳-۹ بعد از قرائت نهایی (D_2) و تعیین تغییر ارتفاع ΔH که عبارت است از اختلاف بین قرائت اول و کسبه و نهایی، نمونه را از ماشین بارگذاری خارج کنید. جرم نمونه را با تقریب ۰/۱ گرم تعیین کنید.

۱- محاسبه و گزارش

۱-۱- شاخص تورم، EI ، را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$EI \text{ meas} = \frac{\Delta H}{H_1} * 1000$$

که در آن:

ΔH = تغییر در ارتفاع، $D_2 - D_1$ به سانتی متر.

H_1 = ارتفاع اولیه، سانتی متر.

D_1 = قرائت اولیه شاخص، سانتی متر.

D_2 = قرائت نهایی شاخص، سانتی متر.

۱-۱-۱- EI را به نزدیکترین عدد کامل گزارش کنید. اگر ارتفاع اولیه نمونه بیشتر از ارتفاع نهایی نمونه باشد، شاخص تورم را بصورت منفی گزارش کنید. برای ارائه کامل نتایج، شاخص تورم باید با در حد رطوبت نهایی و دانسیته خشک اولیه نمونه هماهنگی داشته باشد.

۱-۱-۲- اگر درجه اشباع S_r در حدود ۴۰ تا ۶۰٪ باشد، شاخص تورم در اشباع ۵۰٪ بصورت زیر محاسبه می شود:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$EI_{50} = EI_{meas} - (50 - S_{meas})(F_{50} + EI_{meas}) / (220 - S_{meas})$$

در اینجا:

EI_{meas} شاخص تورم اندازه گیری شده متناظر با درجه اشباع،

S_{meas} = درجه اشباع تعیین شده توسط آزمایش

EI_{50} = تخمینی از شاخص تورم (EI).

بر اکتدگی اطلاعات آزمایش، ماکزیمم خطای ۱٪ که ممکن است توسط محاسبه بالا ایجاد شود را تحت الشعاع خود قرار می دهد.

۱-۲- اگر EI از بند ۱-۱۰ بوسیله تنظیم درصد رطوبت بر اوزن سیدن به درجه اشباع ۵۰٪ تعیین شده باشد و یا از بند ۱-۱۰ تا ۲-۱ با استفاده از EI_{meas} برای S_{meas} در حدود ۴ تا ۶٪ اشباع محاسبه گردد، بایستی در گزارش نشان داده شود.

۱-۱- دقت و خطا

۱-۱-۱- نتایج آزمایشهای انجام شده شاخص تورم بر روی سه نمونه خاک متساوات توسط ۱۴ شرکت مهندسی ژئوتکنیکی متفاوت در بخش های لوس آنجلس و Orange نشان داده است که ۸٪ از دفعات EI می تواند در حدود ۹۰-۲۶، ۹۵-۵۹ و ۶۷-۲۵ باشد. میانگین و بر اکتدگی EI به ترتیب ۱۴+۱۸۰۷۶±۷۷ و ۱۱±۵۶ می باشد. تورم آزاد (تورم حجم ۱۰ سانتیمتر مکعب خاک خشک عبور کرده از الک شماره ۴ را که در داخل لوله مدرج ۱۰ سانتیمتر مکعبی ریخته شده بعد از اینکه بحالت سکون در ته لوله قرار گرفت، با آب مقطر پستریزه است) این خاکها به ترتیب ۹۴، ۶۰، ۸۰ درصد می باشد.

۱-۲- شاخص تورم تعیین شده نسبت به دیگر شاخصها که شامل حد روانی، حد خمیری، حد انقباض، درصد رس، و تورم آزاد می باشد، محدوده بزرگتر و حساسیت بهتری از استعداد تورم را نشان می دهد.

ASTM: D ۴۹۱۴-۸۹

روش استاندارد برای آزمایش دانسیته خاک و سنگ در محل به وسیله جا بجا یی
ماسه در چاله دانسیته

اهداف

۱-۱- این روش آزمایشات برای اندازه گیری دانسیته در محل یا وزن واحد حجم خاک و سنگ با یکار گیری نظر مخصوص و ماسه کالیبره شده و به منظور تعیین حجم چاله آزمایش مورد استفاده قرار می گیرد. لغت "سنگ" اشاره شده در این استاندارد به دانه های درشت دانه تر از ۱۳ اینچ (۷۵ میلی متر) موجود در مصالح مورد آزمایش اطلاق می گردد.

۱-۲- این آزمایش در حالتی مناسب است که چاله در حدود ارتفاع و عمق مکعب (۰.۳ تا ۰.۱۷ متر مکعب) باشد. بطور کلی این آزمایش در مصالحی که حداکثر دانه های آن ۳ تا ۵ اینچ (۷۵ تا ۱۲۵ میلی متر) باشد، کاربرد دارد.

۱-۳- این روش آزمایش برای چاله های بزرگتر نیز به کار می رود. گرچه برای چاله های بزرگتر روش ۵۰۳۰ (ترجیح داده می شود).

۲-۲-۱- روش آزمایش D1556 یا D1672 معمولاً برای چاله هایی به کار می رود که کمتر از افوت مکعب (۳٪ متر مکعب) حجم داشته باشند. در این روش هم این موضوع رعایت شده است، با این تفاوت که در صورت لزوم می توان از وسیله بزرگتر (با حفظ اصول طراحی وسیله آزمایش) نیز استفاده کرد.

۳-۱- آزمایش را می توان به دو طریق زیر انجام داد.

۱-۳-۱- روش A - اندازه گیری دانسیته در محل یا وزن واحد حجم کل مصالح (بند ۹)

۱-۳-۲- روش B - اندازه گیری دانسیته در محل و وزن واحد حجم با کنترل بخشهایی از مصالح (بند ۱۰)

۴-۱- انتخاب روش های آزمایش :

۱-۴-۱- روش A موقعی به کار می رود که اندازه گیری وزن واحد حجم کل مصالح مورد نظر باشد. روش A همچنین برای تعیین درصد تراکم یا درصد انسیفه نسبی به کار می رود. در صورتیکه حداکثر اندازه دانه های مصالح موجود در محل آزمایش بیشتر از حد مجاز تعیین شده در آزمایش تراکم آزمایشگاه (به آزمایش D698، D1557، D2252، D2253، D2254 توجه شود). فقط برای آزمایش تراکم آزمایشگاهی D 698 و D 1557 وزن واحد حجم به دست آمده را می توان نسبت به دانه های درشت

(باتوجه به دستور العمل ۴۷۱۸ D) تصحیح نمود.

۱-۴-۲ روش B وقتتی مورد عمل قرار می گیرد که در مدتراکم یا در مدت دانسیته نسبی مورد لزوم بوده ولی مصالح موجود در محل دارای ذراتی درشتتر از حد اکثر مجاز تراکم آزمایشگاهی باشد و یا دستور العمل ۴۷۱۸ D بر ای تراکم آزمایشگاهی کاربرد نداشته باشد. لذا در این روش مصالح را در دو بخش یا دو قسمت مجزا مورد بررسی قرار می دهند. بنابراین مصالح آزمایش و وزن واحد حجم در محل بر اساس اندازه الک طرح به دو قسمت به نام مصالح بخش کنترلی (control fraction) و مصالح بخش درشت دانه (oversize fraction) تقسیم می شود. سپس وزن واحد حجم بخش کنترلی محاسبه و با وزن واحد حجم آزمایشگاهی مقایسه می گردد.

۱-۴-۲-۱ منظور به اینکه تداخل در آن ممکن است در پایشین بودن دانسیته مسا تاثیر داشته باشد (به دستور العمل ۴۷۱۸ D توجه شود)، بنابراین در مدتراکم مصالح بخش کنترلی نباید به عنوان معر قدر مدتراکم کل مصالح موجود در محل تلقی گردد.

۱-۴-۳ معمولاً مصالح زیر الک شماره ۴ به عنوان بخش کنترلی برای مصالح چسبنده یا مصالح غیر زهکش و مصالح زیر الک ۱۳ یعنی به عنوان مصالح غیر چسبنده و زهکش مورد توجه قرار می گیرند. در حالیکه سایر اندازه الکها نیز (نظیر ۳/۸ و ۱۳/۴ یعنی) به عنوان تفکیک کننده بخش کنترلی به کار می روند. به هر حال بر ای مشخص کردن وضعیت مصالح بخش کنترلی در این استانندارد الکهای شماره ۴ و اندازه ۱۳ یعنی ملاک عمل قرار می گیرد.

۱-۴-۵ در هر مصالحی که قابل کندن یا وسایل دستی باشد، این آزمایش انجام می گردد، مشروط بر آنکه منافذ خاک سهل مورد آزمایش به قدری کوچک باشند (یا از لایه آستری به هنگام آزمایش استفاده شود) که ماسه کالیمیره شده در این منفذها نفوذ نکند. مصالح مورد آزمایش بایستی به اندازه کافی چسبنده یا شیا قفل و بست ذرات به نحوی باشد که دیواره های چاله دانسیته به هنگام حفر و آزمایش پایدار بوده و فشارهای جانبی باعث تخریب چاله نشود.

۱-۴-۶ این آزمایشات محدود به محلهایی می شود که در شرایط اشباع نباشد و برای مناطقی که مصالح آن نرم و یا ترد باشد، یا آب به داخل چاله تراوش نماید، قابل اجرا نیست. در مصالحی که به آسانی تغییر شکل داده و حجم آن نیز به هنگام حفر چاله، یا در اثر عبور افراد در حوالی چاله تغییر کند، دقت آزمایش ممکن است کاهش یابد.

۱-۴-۷ در این آزمایش واحد های حساب اینچ پوند استاندارد شده است. در حالیکه

مقادیر درج شده داخل پرانتز فقط برای اطلاع می باشد .

۱-۷-۱- در کارهای حرفه ای مهندسی معمولاً "واحد جرم و نیرو (بغیر از کارهای دینامیکی $F=ma$) یکسان به کار می رود که در ستاندر است. در این استاندارد واحدهای اینچ- پوند برای سیستم وزنی و واحد پوند (Lbf) معرفه واحد نیرو و یا وزن می باشد. تبدیل واحدها در جدول سیستم SI درج شده است. به هنگام کاربرد ترازی و یا قبان واحد جرم، بر حسب پوند (Lbm) و یا دانسیته بر حسب Lbm/ft^3 مغایر با این استاندارد نیست.

۱-۸- در حین آزمایش ممکن است با مصالح زیان آور و یا وسایل مخیر ایمن سروکار داشته باشید که در این استاندارد به آنها اشاره ای نشده باشد. بنابراین این تهیه و رعایت مسائل ایمنی و بهداشتی به عهده استفاده کننده از این روش آزمایش می باشد .

۲- منابع مورد مطالعه و مربوط

۱-۲- استانداردهای ASTM

C ۱۲۷ آزمایش وزن مخصوص و جذب آب مصالح در شتادانه

C ۵۶۶ آزمایش تعیین در حد رطوبت کل مصالح به روش خشک کردن

D ۶۵۳ تعاریف مربوط به خاک و سنگ

B-۶۹۸- آزمایش تراکم و تعیین رابطه رطوبت- دانسیته با کوبه ۵/۵ پوند (۲/۲۹ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۲ اینچ (۳۰۵ میلیمتر)

D ۱۵۵۶ آزمایش دانسیته در محل به روش ماسه مخروط

D ۱۵۵۷ آزمایش تراکم و تعیین رابطه رطوبت- دانسیته با کوبه ۴ پوند (۴/۵۴ کیلوگرم) و ارتفاع سقوط ۱۸ اینچ (۴۵۷ میلیمتر)

D ۲۱۶۷ آزمایش دانسیته و وزن واحد حجم خاک در محل به روش باین لاستیکی

D ۲۲۱۶ آزمایش تعیین رطوبت خاک و سنگ و خاک- مصالح سنگی

D ۲۲۵۳ آزمایش تعیین اندیس حداکثر خاک به روش میز لرزان

D ۲۲۵۴ آزمایش تعیین اندیس حداقل خاک و محاسبه دانسیته نسبی

D ۲۷۱۸ دستور العمل تصحیح وزن واحد حجم و در حد رطوبت سایر خاکهای حاوی درشت دانه

D ۲۷۵۲ مشخصات و آئین نامه و مشخصات ترازی و قبان مورد استفاده در آزمایشات خاک و سنگ

E ۱ مشخصات توری الکها

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مصالح بر حسب در مدوزن واحد حجم حداکثر آزمایشگاهی (که طبق روشهای نظیر DF ۹۸ یا ۱۵۵۷ D به دست آمده) تعیین می گردد.

۵-۲- این آزمایش برای تعیین وزن واحد حجم مخلوط سوبات طبیعی، مصالح شنسی، مخلوط خاک و سایر مواد مشابه بکار می رود.

۶- وسایل مورد نیاز

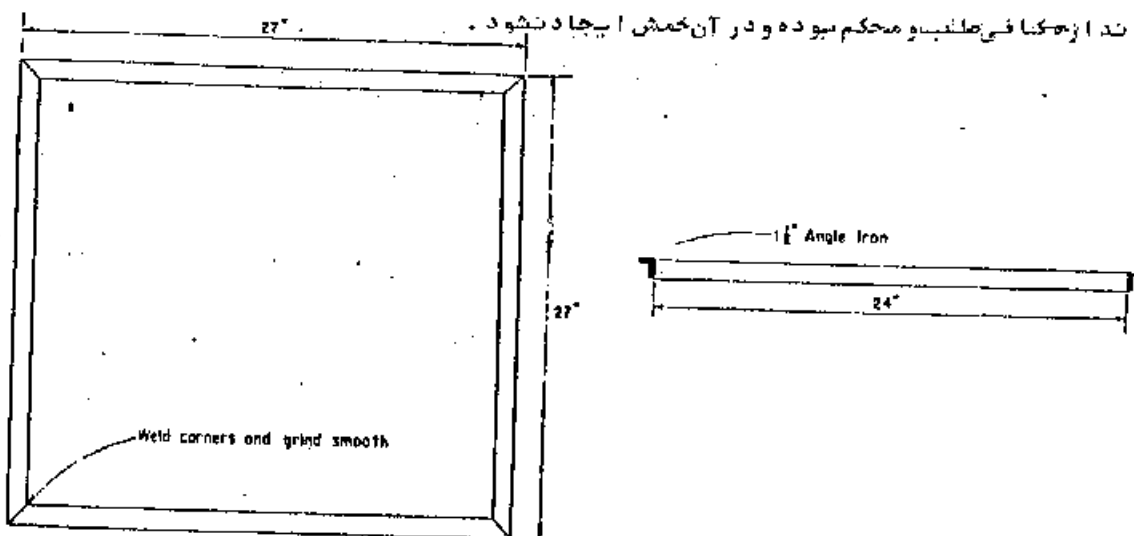
۶-۱- ترازو یا قیاس - ظرفیت ترازو (یا قیاس) مورد استفاده این آزمایش منظور اندازه گیری ماسه کالیبره شده و خاک چاله بایستی حداقل ۵۰۱bm (یا ۲۰ کیلوگرم) بوده، طبق مشخصات ۴۷۵۳ D دقت قرار است آن ۱bm / ۰.۱ یا اگر کم باشد.

۶-۲- ترازو یا قیاس - ظرفیت ترازو برای تعیین مصالح زیر الک شماره ۴ بایستی حداقل ۱۰۰۰ گرم بوده و طبق آیین نامه ۴۷۵۳ D دقت قرار است آن ۱/۰ گرم باشد.

۶-۳- گرمخانه یا سیستم کنترل درجه حرارت و پنگه به منظور ثابت نگه داشتن درجه حرارت 5 ± 11 درجه سانتیگراد در طول مدت خشک کردن مصالح.

۶-۴- الکها - الک شماره ۴ (۷۵/۴ میلیمتر) و الک ۱۳ اینچ (۷۵ میلیمتر) مطابق با دستور العمل E 11.

۶-۵- قالب فلزی (template) - به صورت چهار گوش یا دایره ای شکل، در اندازه و شکلی مناسب با حجم و اندازه چاله. این وسیله بایستی اندازه کافی صلب و محکم بوده و در آن خمشی ایجاد نشود.

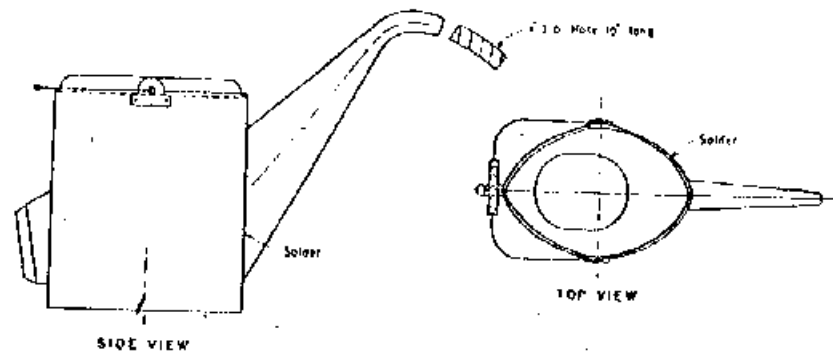


توجه اشکال نمونه ای از قالب فلزی را که مناسب برای آزمایش می باشد را نشان می دهد.

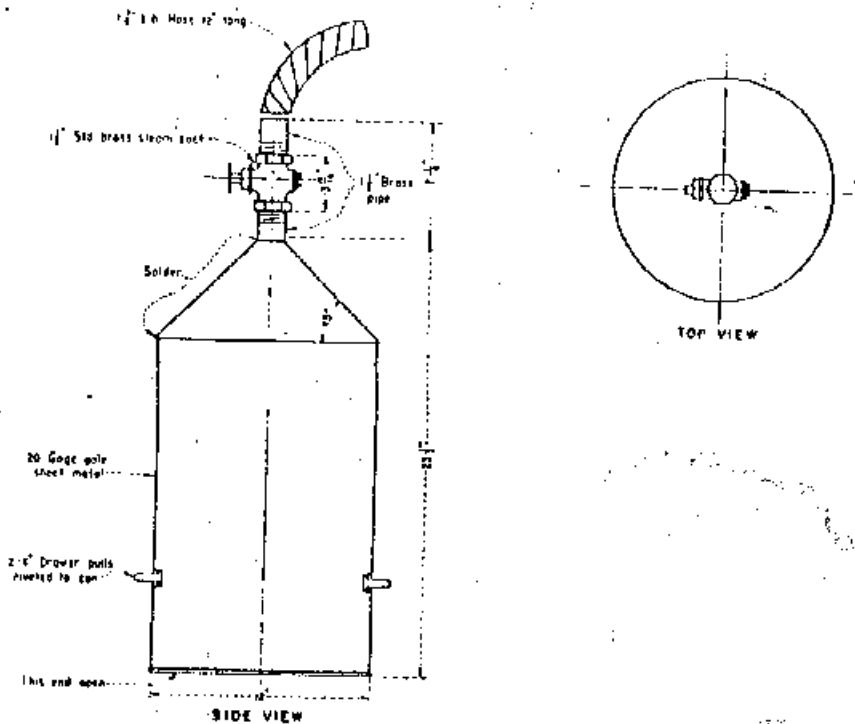
۶-۶- لایه آستر - ضخامت آستر ۰/۵ میلیمتر و به اندازه کافی بزرگ باشد، به

طوری که از هر طرف چاله از مایش و یا قالب فلزی (۳/۳ متر) بیشتر باشد.
جنس آستریمی تواند از ورق پلاستیک و قابل انعطاف باشد. (به طوری که شکل چاله
و قالب را به خود بگیرد.)

۶-۷ ماسه پخش کن در شکل نمونه ای از طرح این دستگاه نشان داده شده است
طرح آن باید چنان باشد که به هنگام ریزش ماسه نوک سوله دستگاه به فاصله ۱۲ اینچ
از سطح ماسه ریخته شده قرار بگیرد. قطر سوله ماسه ریز بایدستی
اندازه کافی بزرگ باشد تا جریان ماسه به راحتی انجام گردد.



RADIATOR FILLER CAN
(2 Qt capacity)



LARGE POURING CAN

شکل ۲ - نمونه هایی از وسیله ریختن ماسه

۶ - ۸ - خط کش فلزی - طول خط کش فلزی ۱/۵ برابر پهنا (یا قطر) قالب فلزی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

این مسئله موقع تخلیه ماسه کالیبره شده از داخل چاله و دانسه های چسبیده به دیواره و کف آن قابل تشخیص است. و اگر از آستری پلاستیک در موقع آزمایشش استفاده شود، فشار آبسای آزاد و بخار آن در اطراف سوزیر گف آستری ممکن است باعث تغییر حجم بشوند.

۷-۲-۴- اگر در زمان بارندگی، یا بر لبه یا موقعی که بیاد شدیدی سوزد، می خواهید آزمایش را انجام دهید، بایستی پیش بینی ها و مراقبت های لازم را از نظر وسایل و محل بعمل آورید. همچنین سطح محل مورد نظر را از تابش مستقیم نور خورشید محافظت نمایند.

۷-۲-۵- به هنگام آزمایش تعدادی ظرف های فنی فنی ممکن است مورد نیاز باشد بنا بر این به منظور جلوگیری از اشتباه و اختلاط بر روی آنها برچسب هایی الصاق کنید.

۷-۲-۶- اگر حجم ماسه کالیبره شده یا خاک بیشتر از ظرفیت ترازیواقیبان بود، دقت گرد که مجموع جرم ها (در اثر چند بار توزین) اشتباه نشود.

۷-۲-۷- ظرفها تیکه با آن ماسه ریخته می شود بایستی دارای شیر مناسبی بوده و در موقع آزمایشات این شیر بایستی کاملاً باز باشد. و اگر شیر نیمه باز باشد جریان ماسه تغییر خواهد کرد همچنین اگر ظرف های متفاوتی بکار رود ممکن است تغییراتی به وجود آید.

۷-۲-۸- در موقع آزمایش نباید جریانی ماسه قطع شود. ضمناً "اندازه مقطع می که از آن ماسه (داخل ظرف) بریزش پیدا می کنند. بایستی ثابت باشد. اگر گنجایش مخزن (ظرف ماسه یاشن) خیلی کوچک باشد به طوریکه در یک توبستنتو اند حجم چاله را پر کنند، این عمل دو یا سه بار بایستی انجام گردد. و در این مورد تهر بار فقط $\frac{3}{4}$ حجم ظرف تخلیه و مجدداً "پر می شود.

۷-۲-۹- ارتفاع متوسط ماسه از ظرف های ماسه پاش مختلف ممکن است فرقی می کند. بنا بر این توصیه می شود که فاصله ۱۲ اینچ (یا ۵۰ میلیمتر) از نوک لوله ظرف ماسه ریز تا سطح کار حفظ گردد. و چنانچه این فاصله تغییر کند بزرگی روی نتایج تاثیر می گذارد. حفظ این فاصله بستگی به قضاوت و با قدرت کنترل کنندگی آزمایش کننده دارد. و اگر جرم اولیه ظرف ماسه ریز 50 ± 0.5 کیلوگرم (بیشتر باشد، با کاهش جرم، جریان ماسه نیز تغییر می کند. با تغییر جرم آزمایش کننده نیز ممکن است این حالت فرق کند ولی کالیبره سیون جدیدی لازم نیست و بهتر است آزمایش کننده قبلاً تمرین لازم را کرده باشد و حدود تغییرات بر این تکرار آزمایش بایستی %۱ باشد.

۸- کالیبراسیون و استاندارد کردن

۸-۱- کالیبراسیون ظرف ماسه پاش و ماسه بر طبق ضمیمه (۸۱) انجام می شود.

۹- آزمایش به روش A - اندازه گیری دانسیته و وزن واحد حجم در محل برای مصالح

۹-۱- اندازه گیری وزن واحد حجم کل به روش A (قسمت ۱-۴ توجه شود)

۹-۲- پس از تخمین حجم، مصالح و دستگاه (قاب فلزی) آزمایش دانسیته را با توجه به مصالح و دانه بندی آن مطابق با ضمیمه (۸۲) انتخاب و سایر وسائل کار انیز فراهم آورید.

۹-۳- جرم مجبوعه ظرف خالی، در پوش، آستری یا کیسه پلاستیک (در صورت استفاده) که مصالح حفاری شده درون آن ریخته خواهد شد، را تعیین کنید. بر روی ظرف و شماره و علامت بکنید. جرم ظرف را روی آن زیادتر کنید تا گانه ای زیاد داشته باشید.

۹-۴- به مقدار لازم ماسه کالیبره شده تهیه نمایید.

۹-۴-۱- دو عمل با ماسه کالیبره شده انجام می گردد و برای اندازه گیری حجم چاله آزمایش احتیاج به دو ماسه پاش جداگانه می باشد.

۱- اندازه گیری جرم ماسه لازم برای پر کردن قاب فلزی تا سطح خاک

۲- اندازه گیری جرم ماسه لازم برای پر کردن سطح قاب فلزی تا کف چاله دانسیته اختلاف بین دو عدد فوق جرم ماسه داخل چاله را مشخص می کند.

۹-۴-۲- مقدار ماسه لازم برای پر کردن چاله دانسیته تا سطح بالای قاب فلزی و تعداد ظرف لازم برای این منظور را تخمین بزنید. جرم ماسه داخل قاب فلزی را می توانید از حاصل ضرب حجم قاب فلزی در دانسیته ماسه به دست آورید. سپس ظرف ماسه را پر نموده و روی آن شماره و علامت بزنید و در لیست جداگانه شماره ظرف و وزن ماسه را یادداشت نمایید.

۹-۴-۳- از روی حجم تقریبی چاله مقدار ماسه لازم برای پر کردن چاله را تخمین بزنید. و برای اطمینان این مقدار را ۰.۲۵ هم افزایش دهید. سپس مقدار ماسه تعیین شده در بند (۹-۴-۲) را به آن بیافزایید.

مقدار ماسه لازم از حاصل ضرب حجم تقریبی چاله در دانسیته ماسه کالیبره شده تعیین می گردد. سپس تعداد ظرف مورد نیاز را مشخص و آنها را علامت گذاری کنید. و در لیست جداگانه ای شماره ظرف، وزن هر کدام و وزن ماسه را یادداشت نمایید.

۵-۹- منطقه مورد نظر بر ای آزمایش را طوری انتخاب کنید که سنگبزرگتر از قاب فلزی قرار نگیرد.

۶-۹- سطح مورد آزمایش را آماده نمایید.

۶-۹-۱- مواد و دانته های مستقر را از منطقه مورد آزمایش پاک نماید تا سطح محکم و صاف بر ای آزمایش آماده شود.

۶-۹-۲- امر اقبیت نماید روی منطقه مورد آزمایش افراد رفتن و آمد نکنند و اگر موقع آزمایش احتمال تغییر شکل در محل وجود دارد از یک صفحه فلزی مناسب (Plat form) استفاده نماید.

۷-۹- قاب فلزی را روی سطح مستقر نماید.

۷-۹-۱- قاب فلزی را در محل خود با چند ضربه چکش محکم نماید تا در موقع آزمایش هیچگونه حرکتی نداشته باشد و بر ای این کار ممکن است از میخ های مناسب و زنه ها و سایر ابزار کمک گرفته شود.

۷-۹-۲- اگر در هنگام استقرار قاب فلزی مواد یا در اشیه مورد تست اگر کشته در سطح پیدا شد آنهارا جمع آور کنید بدون اینکه در زیر قاب فلزی فضای خالی بوجود آید. و چنانچه در زیر قاب فلزی فضای خالی وجود داشته باشد خاک عمیری بسازد دیگر این فضاها پر شود.

۸-۹- جرم ماده مصرفی بر ای پر کردن حجم داخل قاب فلزی از سطح مورد آزمایش تا بالای قاب فلزی را اندازه گیری نماید.

۸-۹-۱- بنا هموار روی سطح مورد آزمایش را منظور نماید. (این عمل با توزین جرم ماده تا مین می شود.)

۸-۹-۲- توصیه می گردد پارچه مناسبی را که در وسط آن سوراخ بزرگتر از سوراخ چاله دانسیته باشد بر روی سطح مورد آزمایش به منظور جمع آوری خاک و یا ماده ای که احیاناً ممکن است در حین آزمایش وجود داشته باشد پهن نماید.

۸-۹-۳- یک آستر پلاستیک (به ضخامت تقریبی ۵/۰ میلیمتر) روی قاب فلزی پهن نماید. سپس داخل آنرا شکل دهید تا کاملاً به سطح محل آزمایش یا تو جبهه به ناهمواریها و دیوارهای قاب فلزی بچسبد و حدود ۳ سانتیمتر (یک فوت) هم خارج از قاب فلزی و اطراف آن را پوشش دهد. (شکل ۳)



شکل ۵- حفاری چاله آزمایش



شکل ۲. آستر پلاستیکی گذاشته شده بالای قاب فلزی

۸-۹-۲- ماسه کالیبره شده و ایا ماسه پاش (مطابق شکل ۴) به آرامی داخل قاب فلزی روی آستری بریزید. (بند ۷-۲ تا ۷-۲-۷) تا پر شود. زیاد ماسه داخل ماسه پاش را به ظرف اصلی برگردانید.

۸-۹-۵- بیا یک خط کش فلزی هر گشتیاره و ارماسه داخل قاب فلزی را تا سطح لبه آن سطح نماشید زیاد ماسه را به ظرف اصلی برگردانید. مراقب باشید که زیاد ماسه بیرون نریزد.



شکل ۴- ریختن ماسه داخل قاب فلزی

۸-۹-۶- ماسه داخل قاب فلزی را خارج کرده و آستری را بردارید (اگر ماسه کشیده یا آلوده شده است آنرا در ظرف جداگانه جمع آوری نمائید).

۹-۹-۹- چانه دانسیته را حفره نمائید.

۹-۹-۱- ابرای حفره چانه می توانید از وسایل دستی (چکش، چاقو، میله) استفاده وابتداء مرکز چانه را حفره نمائید.

۹-۹-۱-۱- از حرکت وسایل نقلیه سنگین در اطراف محل مورد آزمایش اجتناب حاصل تغییر شکل و جود داشته باشد، جلوگیری شود.

۹-۹-۲- تمام مصالح و مواد خارج شده از چانه را داخل ظرف بریزید مراقب باشید مواد از دست نرود (توجه به بند ۹-۸-۲).

۹-۹-۳- مراقب باشیدر طوبیتمواد از بین نرود برای این کار از کمیسه پلاستیکی که

داخل ظرف در پوش دار قرار می‌گیرد، استفاده کنید.

۹-۹-۴- بعد از امتداد داخل چاله را احفر کنید. این چاله می‌تواند تا نزدیکی دیواره قاب فلزی ادامه یابد بدون آنکه مصالح بفلز و پشت قاب فلزی تغییر کند.

۹-۹-۵- حفاری را تا عمق مورد نظر ادامه دهید.

۹-۹-۵-۱- اگر در هنگام حفر چاله، سنگدانه‌هایی پیدا شود که $5/1$ برابر یا بیشتر از قطر پیش بینی شده در روش آزمایش با توجه به حجم چاله باشد (ضمیمه ۸۲)، این دانه‌های سنگی (سنگدانه‌ها) را کنار گذارده یا با علامت مناسبی در روی آن مشخص شود. وزن حجم دانه سنگی (یا سنگدانه‌ها) را مشخص کنید. سپس این وزن و حجم را از جرم و حجم مصالح چاله دانسیته کسر نمایید. دانه‌های درشت‌تر از "oversize" بنامید و سپس آزمایش را مطابق با شرح بخش (۱۰) ادامه دهید. با این تفاوت که احتیاجی به محاسبه وزن واحد حجم "کل" شامل درشت‌دانه نمی‌باشد. مقدار بکسش کنترل نیز تعیین کنید سپس برای مصالح کل به دست آمده از چاله دانسیته اقدام کنید. اگر مقدار درشت‌دانه کل مصالح حدود 5% یا بیشتر باشد، آزمایش را مجدداً با چاله دانسیته بزرگتر طبق راهنمای ضمیمه ۸۲ تکرار نمایید.

۹-۹-۶- دیواره داخل چاله با بیستی شیب داشته باشد، و چنانچه مصالح چسبندگسی کمی داشته باشد چاله را با مورت کاسه حفر کنید.

۹-۹-۷- مقطع چاله با بیستی آنچنان باشد که ماسه ریخته شده کاملاً چاله را پر کند. دیواره چاله با بیستی ماف باشد و چیزی مانع حرکت روان ماسه نشود.

۹-۹-۸- کف چاله را از مواد پاک کنید.

۹-۱۰- حجم چاله را تعیین کنید.

توجه- ۲- کاربرد آستری بمنظور جلوگیری از نفوذ دانه‌های ماسه به داخل سطل فضا‌های محالی توده خاکس می‌باشد. ضخامت آستری حدود $5/1$ میلی‌متر و با بیستی به اندازه کافی بزرگ باشد که پس از شکل گرفتن در داخل قاب فلزی حدود ۳ سانتیمتر هم از هر طرف قاب فلزی بزرگتر باشد. جنس آستری با بیستی طوری باشد که اولاً "شکل پذیر باشد و ثانیاً" زیاد چروک نباشد. ضمناً "قبل از کاربرد آن با بیستی دقیقاً" بازرسی شود که سوراخ نباشد.

۹-۱۰-۱- ماسه کالیبره شده را با دستگاه ماسه پاش داخل چاله بریزید. روش کار در این حالت با بیستی مشابه روش کالیبراسیون مشروط به در ضمیمه ۸۱ باشد. کمی بیشتر از حد لازم بر آید شدن قاب فلزی ماسه داخل آن بریزید. ماسه باقیمانده را به ظرف اولیه آن برگردانید.

۹-۱۰-۱-۱- در طول مدت که ماسه ریخته می‌شود هیچگونه لرزشی با بیستی در منطقه

- آزمایش و جود داشته باشد .
- ۹-۱-۲- یادداشت سطح ماسه را به کمک خط کش فلزی بتالیبه بالاشی قاب فلزی صاف
نمایید . ماسه اضافی را به ظرف اولیه منتقل نمایید . مراقب باشید . ماسه های
اضافی تماما جمع آوری شود .
- ۹-۱-۳- اگر ماسه ضمن کار آلوده گردید آنرا در ظرف مجزایی جمع آوری کنید .
- ۹-۱-۱۱- وزن واحد حجم خاک خشک را تعیین کنید .
- ۹-۱۱-۱- جرم ماسه داخل قاب فلزی را (مطابق لازم جهت برگردن سطح
خاک بتالیبه بالاشی قاب فلزی) به شرح ذیل تعیین کنید .
- ۹-۱۱-۱-۱- جرم کل ماسه و ظروف و توضیح داده شده در بند (۹-۴-۲) را محاسبه و
یادداشت نمایید . شماره ظروف را یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۲-۱- جرم ظرفهای خالی و یا ماسه باقی مانده (بدون استفاده) را توزین
و یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۳-۱- جرم ماسه داخل قاب فلزی را تعیین و یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۲-۱-۱- جرم ماسه داخل چاله و قاب فلزی (ماسه لازم جهت برگردن چاله تا سطح
بالاشی قاب فلزی) را به شرح ذیل تعیین کنید .
- ۹-۱۱-۲-۱-۲- جرم کل ماسه و ظرفها را که مطابق با بند (۹-۴-۳) تهیه شده است ،
تعیین و یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۲-۲- جرم کل ظروف خالی یا ماسه باقی مانده را تعیین و یادداشت
نمایید .
- ۹-۱۱-۳-۲- جرم ماسه داخل چاله دانسیته و قاب فلزی (ماسه مصرفی) را تعیین
و یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۳-۱-۱- جرم ماسه لازم برای برگردن چاله را محاسبه کنید .
- ۹-۱۱-۴- دانسیته ماسه کالیبره شده را (که طبق روش ضمیمه A تعیین شده)
یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۵- حجم چاله دانسیته را تعیین نمایید .
- ۹-۱۱-۶- جرم کل مصالح حفاری شده و ظروف را تعیین کنید .
- ۹-۱۱-۷- جرم کل ظروف را که برای نگهداری مصالح بکاررفته تعیین
شماره های آنها را یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۸- جرم مصالح حفاری شده را تعیین و یادداشت نمایید .
- ۹-۱۱-۹- دانسیته خاک تر حفاری شده را تعیین کنید .
- ۹-۱۱-۱۰- اگر مصالح حفاری شده دارای ذرات درشتدانه باشد (معمولا

دانه‌های بزرگتر از (۴/۷۵ میلی‌متر) (الک‌نمره ۴) برای مصالح چسبنده و بزرگتر از الک ۳ اینچ برای مصالح غیر چسبنده، مصالح موجود را با الک مناسب تفکیک کنید. اگر مصالح در حدود ۳٪ یا بیشتر ذرات درشت دانه داشته باشد روش آزمایش B را بایستی انجام داد.

۹-۱۱-۱۱- اگر ذرات درشت‌دانه (oversize) حدود ۲٪ یا کمتر باشد رطوبت نمونه معرف مصالح حفاری شده را مطابق استاندارد D ۲۲۱۶ یا C ۵۶۶ تعیین و یادداشت کنید.

توجه ۳- برای اندازه گیری رطوبت به روش سریع در صورتیکه مصالح کمتر از ۱۵٪ ریزدانه داشته باشد (زیر الک ۲۰۰) از اجاقهای حرارتی گازی یا الکتریکی می‌توان استفاده نمود. و چنانچه از گرمخانه استفاده نمی‌شود مصالح را ضمن گرم شدن به منظور یکنواختی حرارت دادن و سرعت خشک شدن مرتباً بهم بزنید. عمل گرم کردن موقعی به اتمام می‌رسد که کاهش وزن مصالح کمتر از ۱٪ در صد باشد.

۹-۱۱-۱۲- در صورت لزوم، دانسیته خشک و وزن واحد حجم خشک را محاسبه کنید.

۱- آزمایش به روش B - دانسیته و وزن واحد حجم در محل روی نمونه بخش کنترلی.

۱-۱- این روش آزمایش موقعی کاربرد دارد که مصالح حاوی درشت‌دانه بوده و اندازه گیری درصد تراکم یا درصد دانسیته نسبی مصالح بخش کنترلی مورد لزوم باشد (بند ۱-۴ ملاحظه شود).

۱-۲- دانسیته کل خاک مرطوب را به روش مشروحه (A) مطابق با مفاد بند ۹-۱ تا ۹-۱۱ تعیین کنید.

۱-۳- برای بدست آوردن دانسیته مرطوب (یا تر) بخش کنترلی مصالح جرم و حجم ذرات درشت دانه را تعیین کرده، از جرم گسیل و حجم کل مصالح کسر نمایید تا جرم و حجم بخش کنترلی مصالح بدست آید.

۱-۳-۱- معمولاً "دانسیته تر" بخش کنترلی مصالح و دانسیته خشک آن با استفاده از درصد رطوبت بخش کنترلی محاسبه می‌شود.

۱-۳-۲- علاوه بر درصد رطوبت درشت‌دانه‌ها، درصد رطوبت کل مصالح در صد درشت دانه‌ها را می‌توان تعیین نمود.

۱-۳-۴- بعد از آنکه جرم کل مصالح مرطوب چاله دانسیته تعیین شده

مصالح را روی الک طرح بیه دو بخش درشت دانه و بخش کنترلی تقسیم نمایید. این عمل را به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت بایستی سریع انجام داد. اگر آزمایش برای کنترل کارهای اجرایی انجام می‌گردد، مصالح بخش کنترلی را در ظرف سربسته‌ای بسترای آزمایشات بعدی نگهداری کنید.

۱- ۵- مصالح درشت‌دانه را شستشو دهید و سطح آن را خشک کنید.

۱- ۶- ذرات درشت دانه را با ظرفی که وزن آن قبلاً تعیین شده است، توزین نمایید.

۱- ۷- جرم دانه‌های درشت‌مرطوب را تعیین و یادداشت کنید.

۱- ۸- جرم مرطوب بخش کنترلی را تعیین و یادداشت نمایید.

۱- ۹- حجم دانه‌های درشت را به یکی از روشهای مشروحه زیر تعیین کنید:

۱- ۹- ۱- با استفاده از اصول مطرح شده در روش C ۱۲۷ جرم تمامی درشت دانه‌ها را در داخل آب تعیین نمایید. (بدون توجه به مسئله خشک کردن در گرمخانه و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب). سپس حجم ذرات درشت دانه را محاسبه و یادداشت نمایید.

۱- ۹- ۲- برای محاسبه حجم درشت دانه‌ها از عدد وزن مخصوص حقیقی (Bulk Sp. Gr.) استفاده کنید. اگر قبلاً "وزن مخصوص واقعی مصالح درشت دانه معدن (مثال مصالح مورد نظر) تعیین شده است، می‌توانید از عدد آن برای این منظور استفاده کنید ضمناً به هنگام استفاده از عدد وزن مخصوص حقیقی، بایستی به شرایط رطوبت درشت‌دانه‌ها توجه داشته باشید. بنابراین وزن مخصوص حقیقی درشت دانه‌ها را در شرایط رطوبت بیان شده در بند ۱- ۵ تا ۱- ۷ تعیین کنید. اگر قصد استفاده از عدد وزن مخصوص حقیقی مصالح که در گرمخانه خشک شده و یا از عدد مصالح اشباع شده با سطح خشک (SSD) دارید بنابراین جرم مصالح درشت دانه را پس از خشک کردن در گرمخانه و یا در شرایط SSD اندازه‌گیری نمایید.

۱- ۱- ۱- حجم مصالح بخش کنترلی را تعیین و یادداشت نمایید.

۱- ۱- ۱۱- دانسیته بخش کنترلی را محاسبه کنید.

۱- ۱- ۱۲- در حد رطوبت بخش کنترلی را بر طبق استاندارد ASTM-D ۲۲۱۶ یا C ۵۶۶ (توجه ۳) تعیین کنید.

۱۰-۱۳- دانسیته خشک و وزن واحد حجم خشک مصالح بخش کنترلی را محاسبه کنید.

۱۰-۱۲- اگر لازم می‌دانید، درصد رطوبت تمامی مصالح درشت دانسه را طبق روش D ۲۲۱۶ یا C ۵۶۶ (یا در نظر گرفتن توجه ۳) تعیین کنید. اگر این اقدام بر روی مصالح منبع آن قبلاً انجام شده و مقیدار آن تقریباً ثابت است، می‌توانید از آن اعداد استفاده کنید.

۱۰-۱۵- در صورت لزوم، درصد مصالح درشت‌دانه را به شرح ذیل تعیین کنید.

- ۱۰-۱۵-۱- جرم مصالح خشک بخش کنترلی تعیین و یادداشت شود.
 - ۱۰-۱۵-۲- جرم درشت دانه‌های خشک را تعیین و یادداشت نمایید.
 - ۱۰-۱۵-۳- جرم کل مصالح خشک را تعیین و یادداشت نمایید.
 - ۱۰-۱۵-۴- درصد درشت دانه‌ها را تعیین و یادداشت نمایید.
 - ۱۰-۱۶- درصد رطوبت کل مصالح را تعیین کنید.
 - ۱۰-۱۷- در صورت لزوم، دانسیته خشک و وزن واحد حجم خشک کل مصالح را تعیین و یادداشت نمایید.
- ۱۱- آزمایش به روش A و محاسبات

۱۱-۱- جرم ماسه داخل قاب فلزی را به شرح زیر محاسبه کنید:

$$M^F = M^2 - M^4 \quad (1)$$

M^F = جرم ماسه داخل قاب فلزی، (kg) lbn

M^2 = جرم ماسه قاب فلزی و ظرف (یا ظرفها) قبل از آزمایش، (kg) lbn

M^4 = جرم ماسه باقیمانده قاب فلزی و ظرف (یا ظرفها) بعد از آزمایش، (kg) lbn

۱۱-۲- جرم ماسه لازم برای پر کردن چاله و قاب فلزی را به شرح زیر تعیین کنید:

$$M^0 = M^1 - M^3 \quad (2)$$

M^0 - ماسه مصرفی، (kg) lbn

M^1 - جرم ماسه و ظرف (یا ظرفها) قبل از آزمایش، (kg) lbn

M^3 - جرم ماسه باقیمانده و ظرف بعد از آزمایش، (kg) lbn

۱۱-۳- جرم ماسه لازم برای پر کردن چاله دانسیته به شرح زیر تعیین

می‌گردد:

$$M_V = M_5 - M_6 \quad (3)$$

M_V - جرم ماسه داخل چاله دانسیته ، (kg) lbm

M_5 - جرم ماسه مصرفی ، (kg) lbm

M_6 - جرم ماسه داخل قاب فلزی ، (kg) lbm

11-4. حجم چاله دانسیته به شرح زیر تعیین می‌گردد.

$$V_t = M_V / P_s \quad (4 \text{ a}) \quad (\text{اینچ} - \text{پاوند})$$

$$(M_V / P_s) / 1000 \quad (4 \text{ b}) \quad (\text{SI})$$

V_t - حجم چاله دانسیته ، (m³) ft³

M_V - جرم ماسه در چاله دانسیته ، (kg) lbm

P_s - دانسیته ماسه ، (Mg/m³) lbm/ft³

11-5. جرم مصالح مرطوب چاله دانسیته به شرح ذیل تعیین می‌گردد:

$$M_{10} = M_A - M_9 \quad (5)$$

M_{10} - جرم مصالح مرطوب چاله دانسیته ، (kg) lbm

M_A - جرم مصالح مرطوب چاله دانسیته و ظرف ، (kg) lbm

M_9 - جرم ظرف (یا ظروف) برای M_A ، (kg) lbm

11-6. دانسیته مرطوب مصالح چاله دانسیته به شرح ذیل تعیین می‌گردد:

$$P_{wet} = M_{10} / V_t \quad (6 \text{ a}) \quad (\text{اینچ} - \text{پاوند})$$

$$P_{wet} = (M_{10} / V_t) 1000 \quad (6 \text{ b}) \quad (\text{SI})$$

P_{wet} - دانسیته مرطوب مصالح چاله دانسیته ، (Mg/m³) lbm/ft³

M_{10} - جرم مصالح مرطوب چاله دانسیته ، (kg) lbm

V_t - حجم چاله دانسیته ، (m³) ft³

11-7. دانسیته خشک مصالح چاله دانسیته را به شرح ذیل محاسبه کنید.

$$P_d = P_{wet} / (1 + (W/100)) \quad (7)$$

P_d - دانسیته خشک مصالح چاله دانسیته ، (Mg/m³) lbm/ft³

P_{wet} - دانسیته مرطوب مصالح چاله دانسیته ، (Mg/m³) lbm/ft³

W - درصد رطوبت مصالح چاله دانسیته ، %

11-8. وزن واحد حجم مصالح خشک چاله دانسیته به شرح زیر محاسبه

می‌گردد:

$$\gamma_d = Pd \times (1 \text{ lbm} / 1 \text{ lbm}) \quad (\text{اینچ - پاوند}) \quad (A-a)$$

γ_d - وزن واحد حجم مصالح خشک چانه دانسیته ، $(\text{kn/m}^3) \text{ lbf/ft}^3$

Pd - دانسیته خشک مصالح چانه دانسیته ، $(\text{Mg/m}^3) \text{ lbf/ft}^3$

$1 \text{ lbm} = 1 \text{ lbf}$ ، (اینچ - پاوند)

$$\gamma_d = Pd \times 9/8.07 \quad (\text{SI}) \quad (A-b)$$

$9/8.07$ = عدد ثابت برای تبدیل Mg به KN

۱۱- اگر لازم باشد، وزن واحد حجم خشک بر حسب واحدهای اینچ-پاوند

را می‌توان به واحدهای SI به شرح زیر تبدیل کرد:

$$1 \text{ lbf/ft}^3 \times 0.1571 = \text{وزن واحد حجم} = \text{وزن واحد حجم} \text{ KN/m}^3$$

۰.۱۵۷۱ = عدد ثابت برای تبدیل واحد پاوند - نیرو - پرفسوت مگمب

به کیلونیوتن بر متر مکعب

۱۲- روش B ، محاسبات

۱۲-۱ محاسبه جرم درشت دانه‌های مرطوب به شرح زیر است :

$$M_{12} = M_{11} - M_{12} \quad (10)$$

M_{12} - جرم درشت دانه‌های مرطوب ، $(\text{kg}) \text{ lbm}$

M_{11} - جرم درشت دانه‌های مرطوب و ظرف ، $(\text{kg}) \text{ lbm}$

M_{12} - جرم ظرف ، $(\text{kg}) \text{ lbm}$

۱۲-۲ جرم مصالح مرطوب بخش کنترلی به شرح ذیل تعیین می‌شود:

$$M_{1A} = M_{10} - M_{12} \quad (11)$$

M_{1A} - جرم مصالح مرطوب بخش کنترلی ، $(\text{kg}) \text{ lbm}$

M_{10} - جرم مصالح مرطوب چانه دانسیته ، $(\text{kg}) \text{ lbm}$

M_{12} - جرم درشت دانه‌های مرطوب ، $(\text{kg}) \text{ lbm}$

۱۲-۳ محاسبه حجم درشت دانه‌های بر اساس تعیین جرم در هوا و جرم

در آب به شرح زیر است :

$$V_{os} = (M_{12} - M_{12}) / (62/4) \text{ lbm/ft}^3 \quad (12 a) \quad (\text{اینچ - پاوند})$$

$$V_{os} = (M_{12} - M_{12}) / (1 \text{ gr/cm}^3) / 1000 \quad (12 b) \quad (\text{SI})$$

دانسیته آب = $62/4$ پوند پرفوت مگمب

دانسیته آب = 1 گرم بر سانتیمتر مکعب

ثابت تبدیل گرم به سانتی‌متر مکعب به کیلوگرم بر متر مکعب = 1/1000

Vos - حجم درشت دانه‌ها، $(m^3) ft^3$

M12 - جرم مصالح درشت دانه مرطوب، lbm (kg)

M 12 - جرم مصالح درشت‌دانه‌توزین شده در آب، lbm (kg)

12-4 - محاسبه حجم درشت‌دانه‌ها بر اساس وزن مخصوص حقیقی به شرح زیر است:

$$Vos = M12 / (G_m \times (62/4)) \quad (12a) \quad (\text{اینچ - پاوند})$$

$$Vos = (M12 / (G_m \times (1 \text{ gr/cm}^3) / 1000)) \quad (12b) \quad (SI)$$

Vos - حجم مصالح درشت دانه، $(m^3) ft^3$

M12 - حجم مصالح مرطوب درشت‌دانه، lbm (kg)

Gm - وزن مخصوص و حقیقی درشت دانه‌ها،

12-5 - حجم مصالح بخش کنترلی را بشرح زیر تعیین کنید:

$$Vc = Vt - Vos \quad (14)$$

Vc - حجم بخش کنترلی، $(m^3) ft^3$

Vt - حجم چاله دانسیته، $(m^3) ft^3$

Vos - حجم درشت‌دانه‌ها، $(m^3) ft^3$

12-6 - دانسیته تر مصالح بخش کنترلی را بشرح زیر حساب کنید:

$$Pwet (C) = M12 / Vc \quad (15a) \quad (\text{اینچ - پاوند})$$

$$Pwet (C) = M12 / Vc / 1000 \quad (15b) \quad (SI)$$

Pwet (C) - دانسیته مرطوب بخش کنترلی، $(Mg/m^3) lbm/ft^3$

M12 - جرم مصالح مرطوب بخش کنترلی، lbm (kg)

Vc - حجم بخش کنترلی، $(m^3) ft^3$

12-7 - محاسبه دانسیته خشک بخش کنترلی بشرح زیر است:

$$Pd(C) = Pwet(C) / [1 + (Wf/100)] \quad (16)$$

Pd (C) = دانسیته خشک بخش کنترلی، $(Mg/m^3) lbm/ft^3$

Pwet (C) = دانسیته تر بخش کنترلی، $(Mg/m^3) lbm/ft^3$

Wf - درصد رطوبت بخش کنترلی، %

۸-۱۲- محاسبه وزن واحد حجم خشک بخش کنترلی بشو جزیر است:

$$\gamma_d(C) = Pd(C) \times 1.49 / 1.49 \text{ lbm} \quad (17a) \quad (\text{اینچ-پاوند})$$

با فرض بر اینکه دانسیته (اینچ-پاوند) $1.49 \text{ lbm} = 1.49 \text{ lbf}$

$$\gamma_d(C) = Pd(C) \times 9 / 8.07 \quad (17b) \quad (SI)$$

ضریب تبدیل Mg به KN برابر است با $9 / 8.07$

$\gamma_d(C) =$ وزن واحد حجم بخش کنترلی، lbm/ft^3 (KN/m^3)

$Pd(C) =$ دانسیته خشک بخش کنترلی، lbm/ft^3 (Mg/m^3)

۹-۱۲- اگر لازم باشد، وزن واحد حجم خشک بر حسب واحد اینچ-پاوند استمی تواند طبق معادله (۹) به واحد SI تبدیل کنید.

۱۰-۱۲- جرم مصالح بخش کنترلی را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$M19 = M18 / [1 + (Wf / 100)] \quad (18)$$

$M19$ - جرم مصالح خشک بخش کنترلی، lbm (Kg)

$M18$ - جرم مصالح مرطوب بخش کنترلی، lbm (Kg)

Wf - درصد رطوبت مصالح بخش کنترلی، %

۱۱-۱۲- جرم درشتدانه های خشک را بر اساس یکی از معادلات زیر محاسبه کنید.

$$M17 = M15 - M16 \quad (19)$$

$$M17 = M13 / [1 + (Wos / 100)] \quad (20)$$

$M17$ - جرم مصالح خشک درشتدانه، lbm (Kg)

$M15$ - جرم مصالح خشک درشتدانه و ظرف، lbm (Kg)

$M16$ - جرم ظرف، lbm (Kg)

$M13$ - جرم مصالح درشتدانه ها، lbm (Kg)

Wos - درصد رطوبت درشتدانه ها، %

۱۲-۱۲- جرم کل نمونه خشک بصورت زیر تعیین میشود.

$$M20 = M19 + M17 \quad (21)$$

$M20$ - جرم کل نمونه خشک (بخش کنترلی و درشتدانه)، lbm (Kg)

$M19$ - جرم مصالح خشک بخش کنترلی، lbm (Kg)

$M17$ - جرم درشتدانه های خشک، lbm (Kg)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۲-۱۳- درصد درشت‌دانه‌ها بصورت زیر محاسبه میشود:

$$P = (M_{1V} / M_{20}) \times 100 \quad (22)$$

P - درصد درشت‌دانه ،

M_{1V} - جرم درشت‌دانه‌های خشک ، lbm (Kg)

M₂₀ - جرم کل نمونه خشک (بخش کنترلی و درشت‌دانه) ، lbm (Kg)

۱۲-۱۴- درصد رطوبت کل مصالح بصورت زیر محاسبه میشود.

$$W = [(M_{10} - M_{20}) / M_{20}] \times 100 \quad (23)$$

W - درصد رطوبت مصالح چاله دانسیته ، %

M₁₀ - حجم مصالح مرطوب چاله دانسیته ، lbm (Kg)

M₂₀ - جرم کل مصالح خشک (بخش کنترلی و درشت‌دانه) ، lbm (Kg)

۱۲-۱۵- دانسیته خشک و وزن واحد حجم خشک کل مصالح با استفاده از

معادلات (F_a یا F_b) و (A_a یا A_b) محاسبه میشود.

۱۲-۱۶- اگر لازم میدانید، وزن واحد حجم را که بر اساس واحد اینچ-

پاوند میباشد به واحد SI طبق معادله (۹) تبدیل کنید.

۱۳- گزارش

۱۲-۱- اطلاعات زیر را حسب‌المورد گزارش نمایید:

۱۲-۱-۱- محل آزمایش

۱۳-۱-۲- تراز محل آزمایش

۱۳-۱-۳- حجم چاله دانسیته

۱۳-۱-۴- دانسیته مرطوب محل آزمایش در حالت‌کل یا بخش کنترلی و یا

هر دو حالت

۱۳-۱-۵- دانسیته خشک محل آزمایش در حالت‌کل یا بخش کنترلی و یا هر

دو حالت

۱۳-۱-۶- وزن واحد حجم خشک محل آزمایش در حالت‌کل یا بخش کنترلی و

یا هر دو حالت

۱۳-۱-۷- درصد رطوبت محل آزمایش در حالت‌کل یا بخش کنترلی یا

درج روش آزمایش مورد کاربرد.

۱۳-۱-۸- شرح وسایل آزمایش

۱۳-۱-۹- شرح روش کالیبراسیون.

۱۳-۱-۱۰- دانسیته ماسه کالیبره شده.

- ۱۳-۱-۱۱- توصیه‌های کاربردی .
۱۳-۱-۱۲- تشریح نظری مصالح
۱۳-۱-۱۳- وزن مخصوص حقیقی آزمایش شده یا فرض شده همراه با درج روش آزمایش مورد کاربرد .
۱۳-۱-۱۴- در صورت لزوم، درصد درشت‌دانه‌ها
۱۴- دقت و خطا

۱۴-۱- دقت و خطای این آزمایش هنوز تعیین نشده است، روش جهت‌مقایسه نتایج بدست‌آمده از این روش با شیوه دیگری که اعداد حقیقی تعیین‌شده دانسیته خشک‌مخلو و وزن واحد حجم را مشخص کنید هنوز پیدا نشده است. تغییرات و تنوع مصالح، خصوصیات ذاتی روش کار اجازه نمی‌دهد که ارزیابی آماری خطای آزمایش بصورت صحیح برای دقت آزمایش تعیین شود.

پیوسته‌ها

(اطلاعات الزامی)

A1 - کالیبراسیون وسیله ماسه‌پاش و ماسه

- ۱-۱- در این ضمیمه روش کالیبراسیون وسیله ماسه‌پاش و ماسه مورد استفاده شرح داده می‌شود.
A1-۱-۲- با این کالیبراسیون میانگین دانسیته ماسه مصرفی برای محاسبه حجم چاله دانسیته و تعیین وزن واحد حجم خاک و سنگ، مشخص می‌شود.
A1-۲- خلاصه روش آزمایش

A1-۱-۲- با استفاده از وسیله ماسه‌پاش مخصوص، ماسه مصرفی را داخل قالب (mold) کالیبراسیون که هم‌اندازه و هم‌شکل چاله دانسیته مورد آزمایش می‌باشد، بریزید و دانسیته ماسه را در شرایط مخصوص تعیین کنید.

A1-۳- مشخصات و کاربرد

- A1-۱-۳- این روش کالیبراسیون برای اندازه‌گیری دانسیته ماسه مورد

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- مصرف در ظرف مخصوص ماسه پاش برای اندازه گیری حجم چاله دانسیته و تعیین وزن واحد حجم صحرائی، بکار می رود.
- ۸۱-۳-۲-۱- محموله جدید ماسه به انبار تحویل داده شود.
- ۸۱-۳-۲-۲- در حد فاصل ۱۴ روز وقتی چند آزمایش وزن واحد حجم به طور روزانه مورد درخواست باشد.
- ۸۱-۳-۲-۳- وقتی آزمایش در فواصل زمانی مختلف انجام شده بایستی ماسه را قبل از شروع آزمایش کالیبره کرد.
- ۸۱-۳-۲-۴- هر تغییری که در وسایل، پرسنل، یا اندازه و شکل چاله دانسیته پیش آید. (بیند ۷-۲-۷ تا ۹-۲-۷ ملاحظه شود).
- ۸۱-۳-۲-۵- اگر تغییر قابل ملاحظه ای در رطوبت محیط، یا ماسه در رطوبت ماسه موجود آید. ماسه بایستی تا حد ممکن خشک باشد.
- ۸۱-۱- اغلب ماسه ها قدرت جذب رطوبت از محیط را دارند. مقادیر خیلی کم رطوبت جذب شده سبب تغییر قابل توجهی در دانسیته واقعی ماسه میشود. در محلهایی که شدیداً مرطوب و یا مناطقی که تغییرات رطوبت زیاد است، اندازه گیری و کنترل دانسیته واقعی در مدت زمان کمتر از ۱۴ روز انجام میگردد. فاصله زمانی مناسب از کنترل رطوبت ماسه در زمانهای مختلف و مقایسه نتایج بدست می آید.
- ۸۱-۳-۲-۶- اگر اجباراً ماسه های استفاده شده (بازیافت) در کارهای روزانه مصرف میشود، در این حالت کالیبراسیون بدینصورت انجام میگردد که مجموع جرمهای ماسه بدست آمده از ظرف ذخیره بایستی معادل جرم ماسه ظرف مورد مصرف باشد. این کنترل بایستی در محلی نزدیک به ظرف ماسه انجام شود.
- ۸۱-۴- ابزار کار

- ۸۱-۴-۱- خط کش فلزی - ایما د خط کش فلزی عبارت از: پهنای اینچ (۵۰ میلیمتر)، ضخامت حداقل ۱/۸ اینچ (۳ میلیمتر) و طول آن ۱/۵ برابر طول قالب کالیبراسیون
- ۸۱-۴-۲- قالب - قالب یا ظرف کالیبراسیون بایستی هم اندازه و هم شکل چاله دانسیته باشد حجم قالب به روش استاندارد D۲۲۵۳ تعیین میگردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸۱ - ۴-۳- وسایل کمی - سطل ها ، سینی ها ، کاغذ ضخیم ، برس ها و ملاقه
برای بازیافت ماسه .

۸۱ - ۵- خطای کارهای فنی

۸۱ - ۵-۱- تداوم جریان ماسه (بند ۷-۲-۷ تا ۹-۲-۷ ملاحظه شود)

۸۱ - ۵-۲- لوزیدن ماسه ریخته شده :

۸۱ - ۵-۲-۱- لوزش ماسه ریخته شده چه در حین آزمایش و چه بعد از
اتمام آزمایش سبب متراکم شدن ماسه و ایجاد خطای آزمایش میگردد .
برای آنکه نتایج آزمایش در حد مطلوب باشد ، جریان ماسه بایستی
بطور آزاد و بدون آنکه ضربه ای به آن زده شود انجام پذیرد .

۸۱ - ۵-۲-۲- زیادی مصالح بالای قالب کالیبراسیون بایستی به آرامی
حذف شود .

۸۱ - ۵-۲-۳- قالب کالیبراسیون را در محل سفتی قرار دهید در هنگام
کالیبراسیون سطوح لوزش نداشته باشد .

۸۱ - ۵-۳- ماسه بازیافت شده

۸۱ - ۵-۳-۱- بطور کلی عمل بازیافت ماسه مطلوب و اقتصادی نیست .

۸۱ - ۵-۳-۲- اگر لازم است ماسه را بازیافت کنید ، بعد از هر آزمایش
ماسه بیکار رفتن را بایستی از الکتروانید تا عاری از مواد رسی
یا مواد خارجی شود . بعد از سه بار استفاده از ماسه آنرا دور
بریزید .

۸۱ - ۶- شرایط نگهداری

ماسه را در مخازن یا ظروف در بسته طوری نگهدارید که در شرایط خشک و
یکنواخت باقی بماند . یک بشکه ۵۵ گالنی با نصب شیر مناسبی در
پایین آن مخزن نگهداری خوبی میباشد . اگر رطوبت محیط محصل
نگهداری مرتبا تغییر میکند وسیله گومک مناسبی برای ظرفها یا
مخازن ماسه پیش بینی کنید .

۸۱ - ۷- روش کار

۸۱ - ۷-۱- جرم قالب را اندازه گیری کنید .

۸۱ - ۷-۲- قالب کالیبراسیون را در جای سفتی قرار دهید .

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۸۱-۲-۷- با وسیله ماسه پاش قالب کالیبراسیون را کمی بیشتر از حد لازم پر کنید. با حرکت دورانی سطح ماسه را در قالب تسطیح کنید. در موقع آزمایش، نوک لوله ماسه پاش به اندازه ۲ اینچ از سطح ریزش ماسه بایستی فاصله داشته باشد. با حفظ فاصله سقوط ماسه و اجتناب از لرزش به نتایج یکسانی دستخواهید یافت. (بند ۸۱-۵-۲ توجه شود)

۸۱-۳-۷- اگر ظرفیت مخزن ماسه پاش آنقدر کوچک باشد که با یک بار تخلیه نتواند قالب را پر کند. این عمل را دو یا سه بار انجام دهید. (روش بند ۷-۲-۸ در این مورد ملاحظه شود)

۸۱-۴-۷- ماسه زیادی را از بالای قالب کالیبراسیون بوسیله خط کش فلزی حذف کنید (بند ۸۱-۵-۲ توجه شود).

۸۱-۵-۷- جرم ماسه و قالب کالیبراسیون را تعیین کنید.

۸۱-۶-۷- جرم ماسه داخل قالب کالیبراسیون را محاسبه و یادداشت نمایید.

۸۱-۷-۷- دانسیته ماسه را محاسبه کنید.

۸۱-۸-۷- روش مندرج در بند ۸۱-۷-۱ تا ۸۱-۷-۷ را مجدداً تکرار نمایید.

۸۱-۹-۷- یکدستی نتایج آزمایش از تقسیم دو عدد بدست آمده بر یکدیگر مشخص می‌شود. اگر نتیجه حاصل تقسیم عددی دوبار آزمایش بین ۰/۹۹ تا ۱/۰۱ باشد، میانگین دو عدد را محاسبه و بعنوان عدد دانسیته میانگین یادداشت نمایید. و اگر نتیجه خارج از محدوده فوق باشد به بند ۸۱-۷-۱ مراجعه شود.

۸۱-۱۰-۷- نتیجه میانگین دانسیته ماسه با عدد قبلی مقایسه شود. اگر نتایج در حد مطلوب و رضایتبخش نبود به مفاد بند ۸۱-۷-۱ مراجعه شود.

۸۱-۱۰-۷- کلیه وسایل و تجهیزات مورد استفاده را دقیقاً کنترل نمایید. اگر هیچگونه مسئله‌ای وجود نداشته، آزمایش را مجدداً تکرار نمایید. اگر نتایج باز هم مطلوب نبود به مفاد بند ۸۱-۷-۱ مراجعه شود.

۸۱-۱۱-۷- تمامی ماسه مورد کالیبراسیون را بخوبی مخلوط نموده و مجدداً آزمایش را تکرار کنید. اگر نتایج باز هم مطلوب نبود تمامی ماسه را دور بریزید و مجدداً از مخزن اصلی ماسه تازه تهیه نمایید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

A1 - ۸- محاسبات

A1 - ۸- ۱- دانسیته ماسه را بصورت زیر تعیین کنید.

اینچ - پاوند $P_s = M/V$

(SI) $P_s = (M/V) / 100$

Ps - دانسیته ماسه: $lbm / ft^3 (Mg/m^3)$

M - جرم ماسه داخل قالب کالیبراسیون، (Kg) lbm

V - حجم قالب کالیبراسیون، $ft^3 (m^3)$

A2 - راهنمای حفر چاله آزمایش، ابعاد آن و انتخاب وسایل کار

A2 - ۱- در این ضمیمه راهنمایی لازم جهت انتخاب ابعاد چاله و نوع وسایل مناسب با توجه به حداکثر اندازه دانه‌های مصالح محل آزمایش (یا مصالح بخش کنترلی) ارائه میگردد. این راهنمایی‌ها برای انجام آزمایش مشروطه فوق و همچنین روش آزمایش ۱۸-۴۸ (تعیین حجم چاله بوسیله جایجای آب) قابل استفاده میباشد. راهنمایی لازم در جدول A2 - ۱ و A2 - ۲ و معادل واحد متریک اعداد این دو جدول در جدول A2 - ۳ درج شده است. انواع شکل چاله دانسیته در شکل A2 - ۱ نشان داده شده است.

A2 - ۲- این راهنمایی‌ها بر اساس نمونه معرف و شرایط عملی کار تهیه شده، برای اطلاع بیشتر در مورد شرح و بحث شکل و ابعاد چاله و حداقل حجم حفاری به ضمیمه XI روش آزمایش ۱۸-۴۸ مراجعه شود.

A2 - ۳- مطالب مندرج در جدول A2 - ۱ برای چاهک نوع A و B (شکل A2 - ۱) میباشد. این نوع چاله موقعی اجراء میشود که مصالح غیر زهکشی بوده یا مصالح غیر چسبنده دارای دانه‌بندی و ذرات زاویه‌دار باشد و حفاری با دیواره قائم ممکن نباشد.

A2 - ۴- مطالب مندرج در جدول A2 - ۲ برای چاهک نوع C (شکل A2 - ۱) بکار میرود. این نوع چاهک موقعی حفر میشود که نوع A و B مقدور نباشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

در این حالت دیواره چاهک شیب بیشتری دارد و زاویه این شیب برابر با زاویه استقرار مصالح است.
 A2-5- این راهنمایی ها موقعی کاربرد دارد که محدودیت های گفته شده در بند های A-5 و A-6 رعایت شود.

جدول A2-1- ابزار آزمایش و حداقل حجم حفاری^A

توجه - حداکثر اندازه ذره بیش از 1/8 اینچ باید بر اساس مرحله به مرحله تعیین شود.

حداکثر اندازه ذره		حداقل حجم لازم	ابزار و قالب فلزی	حداقل عمق لازم ^C
(اینچ) ^B		(فوت مکعب)	پیشنهادی	(اینچ)
3		1	قالب مربعی 24 اینچ	18
5		2	قالب مربعی 30 اینچ	22
8		8	حلقه قطر 4 فوت	24
12		27	حلقه به قطر 6 فوت	24
18		90	حلقه به قطر 9 فوت	26

A چاه آزمایش از نوع A و B (شکل A2-1 را ببینید)
 B حداکثر اندازه ذره موجود در مصالح کلیتاً حداکثر اندازه ذره بخش کنترلی اگر وزن واحد حجم کل در محل مد نظر نباشد.
 C این عمق برای بدست آوردن حداقل حجم لازم مصالح وقتی که 3 ابزار و قالب فلزی پیشنهادی استفاده می شود ، مورد نیاز است.

جدول A2-7 - ابزار و حداقل حجم حفاری A

توجه - حداکثر اندازه ذره در بیش از ۸ اینچ باید بر اساس مرحله به مرحله تعیین شود.

حداکثر اندازه ذره حداقل حجم لازم ابزار و قاب پیشنهادی حداقل عمق لازم قطر تقریبی

حفر شده	C	(اینچ)	(اینچ)	(فوت مکعب)	B	(اینچ)
۳۰	۱۰	قالب مربعی ۳۳ اینچ	۱	۳		
۳۵	۱۲	قالب مربعی ۴۰ اینچ	۲	۵		
۵۴	۱۸	حلقه به قطر ۶۳ اینچ	۸	۸		

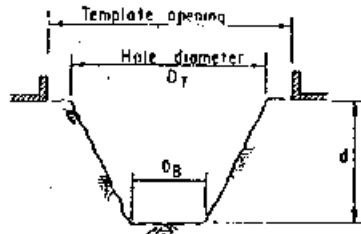
A - چاله آزمایش از نوع C (شکل A2-1 را ببینید).
 B - حداکثر اندازه ذره موجود در مصالح کلیاً حداکثر اندازه ذره بخش کنترلی اگر وزن واحد حجم کل در محل مدنظر نباشد.
 C - این عمق برای بدست آوردن حداقل حجم لازم مصالح وقتی که از ابزار و قاب پیشنهادی استفاده می شود مورد نیاز است.

TYPICAL FOR: TYPE A

20 inch Sand cone
 24 and 30 inch Square frame
 4 ft Diameter ring

$$Vol = \frac{d}{3} (B^2 + C + \sqrt{B^2 C})$$

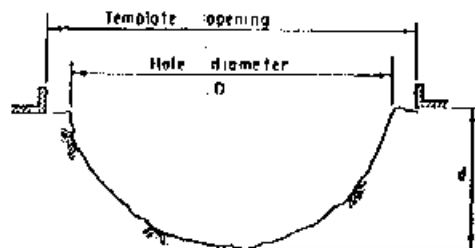
B = Area of top = $\frac{\pi}{4} D_T^2$
 C = Area of bottom = $\frac{\pi}{4} D_B^2$



TYPICAL FOR: TYPE B

6 ft and 9 ft Diameter ring

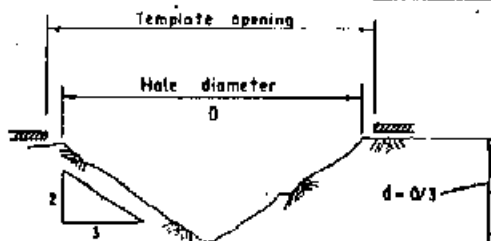
$$Vol = \frac{\pi}{24} d (3D^2 + d^2)$$



TYPICAL FOR: TYPE C

Cohesionless Soils
 "worst case"

$$Vol = \frac{\pi}{12} D^2 d$$



شکل A2-1 - شماتیک چاله آزمایش

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

جدول ۳-۲ - معادل سیستم متریک برای جدول ۱-۲ و ۲-۲

اینچ میلیمتر

۷۵	۳
۱۲۵	۵
۲۰۰	۸
۲۵۰	۱۰
۳۰۰	۱۲
۳۵۰	۱۸
۶۰۰	۲۲
۷۵۰	۳۰
۸۲۵	۳۳
۸۷۵	۳۵
۹۰۰	۳۶
۱۰۰۰	۴۰
۱۲۵۰	۵۴
۱۵۵۰	۶۲

فوت متر

۱/۲	۴
۱/۸	۶
۳/۷	۹

فوت مکعب متر مکعب

۱/۰	۰/۰۳
۲	۰/۰۶
۸	۰/۲۳
۲۷	۰/۷۶
۹۰	۲/۵۵

ASTM :D ۴۹۷۲ - ۹۲

روش آزمایش استاندارد برای تعیین PH خاکها

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش اندازه گیری PH خاکها برای کاربردهائی غیر از آزمایش مربوط به خوردگی را شامل می گردد. چنین اندازه گیری هائی در کشاورزی، محیط زیست، و زمین های منابع طبیعی مورد استفاده قرار می گیرند. این اندازه گیری درجه اسیدی یا قلیائی مواد خاکی معلق در آب و محلول کلرید کلسیم $0.1M$ را تعیین می کند. اندازه گیری در هر دو مایع ضروری می باشد تا PH خاک کاملاً تعیین شود. این تغییر پذیری در تعیین قابلیت حل کانی های خاک، قابلیت تحرک یون ها در خاک و ارزیابی قابلیت زیست محیط خاک - گیاه، مفید می باشد. بحث مفصلتری درباره سودمندی این پارامتر اینجا تضمین نمی گردد، در هر حال، در چندین بحث درباره موضوع می تواند کشف گردد. چندتائی از چنین بحث های بعنوان مرجع (۱) تا (۶) در پایان متن ارائه شده اند.

۱-۲- مقادیر ارائه شده در واحدهای SI بعنوان استاندارد در نظر گرفته می شود.

۱-۳- این استاندارد ممکن است مواد، عملیات و تجهیزات خطرناکی را بکار برد. این استاندارد تمام موارد ایمنی مربوط به کاربرد آنرا بیان نمی کند. در مسئولیت استفاده کننده از این استاندارد است تا تجربه های مناسب تندرستی و ایمنی را برقرار نماید و قبل از استفاده قابلیت اجرائی محدودیت های تعدیل کننده را مشخص نماید.

۲- منابع

۲-۱- استانداردهای ASTM:

۶۷۰ C تمرین برای تدارک دیدن اظهارات دقت و خطای مربوط به روش های آزمایش کانی های ساختمانی

۵۱ G روش آزمایش مربوط به PH خاک برای استفاده در آزمایش خوردگی

۳- خلاصه روش آزمایش

۱-۳- اندازه گیری PH خاکها در هر دوی تعلیق های آب و محلول کلرید کلسیم یا پتانسیومتر با کاربرد سیستم الکترودی حساس PH (روش A) یا کاغذ حساس PH (روش B) اجرا می گردد. پتانسیومتر بوسیله محلول بافر با PH مشخص کالیبره می گردد. کاغذ حساس PH دارای دقت اندازه گیری کمتری است و باید فقط برای تخمین تقریبی PH خاک مورد استفاده قرار گیرد. برای این اندازه گیری باید الکتروود مورد استفاده قرار گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴ - اهمیت و کاربرد

۴-۱ - PH خاک در تعیین قابلیت حل کانی های خاک، قابلیت تحرک یون در خاک، و ارزیابی قابلیت زیست محیط خاک - گیاه متغیر، مفید می باشد.

۴-۲ - اندازه گیری های PH در هر دو آب و محلول کلرید کلسیم اجرا می شود، زیرا کلسیم قدری از آلومینیم قابل تعویض را جایگزین می کند. نیروی یونی پائین در اثر قراردادن محلول نمک با غلظت نزدیک به آنچه در محلول خاک انتظار می رود با تعادل تبادل مقابله می نماید. مقادیر PH بدست آمده در محلول کلرید کلسیم به مقدار جزئی پائین تر از مقادیر اندازه گیری شده در آب می باشد که این امر ناشی از آزاد شدن بیشتر یونهای آلومینیم و سپس هیدرولیز شدن آنهاست. بنابراین هر دوی اندازه گیری ها مورد نیاز می باشد تا بطور کامل ماهیت PH خاک تعیین گردد.

۴-۳ - بمنظور این روش آزمایش، خاک آزمایشی باید از الک نمره ۱۰ (سوراخ های شبکه الک ۲ میلی متر) عبور داده شود. اندازه گیری خاکها یا قسمتی از خاکها که دارای اندازه ذرات بزرگتر از ۲ میلی متر هستند. با این روش معتبر نیست چنانچه از خاک یا قسمتهایی از خاک استفاده شود که اندازه ذرات آنها بزرگتر از ۲ میلی متر باشد باید در گزارش بیان شود زیرا ممکن است نتایج به طور قابل توجهی متفاوت باشد.

۴-۴ - تمام آب مورد استفاده برای این روش باید مقطر و دی یونیزه باشد.

۵ - مزاحمتها

۵-۱ - در این روش آزمایش وجود مزاحمت هایی در اندازه گیری PH به علت اثر تعلیق یا پتانسیل ته نشینی امکان پذیر است. استفاده کننده های علاقمند در بحث مفصلی درباره مکانیزم این اثر می توانند آنرا در مراجع (۵) و (۶) بیابند.

۵-۲ - این اثر، اصلی ترین دلیل است که به علت آن نمی توان در روش آزمایش ۵۱ G اندازه گیری PH را خارج از اندازه گیری مربوط به تحلیل خوردگی انجام داد. روش آزمایش ۵۱ G بدون اضافه کردن هیچ فاز آبی به خاک، PH (پارامتر آبی) را اندازه گیری می نماید. این نتایج در بررسی PH ذرات خاک بطور افراط آمیز آنرا به تخمین های بالای فعالیت یون های هیدروژن در محلول هدایت می کند و بنابراین برای تحلیل کلی غیر قابل قبول می باشد.

۵-۳ - اثر تعلیق با توجه دقیق به ۹-۱ می تواند تخفیف یابد.

۶ - دستگاه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۶-۱- روش A - PH متر - پتانسیومتر مجهز به سیستم الکتروود شیشه‌ای کالومل دار^(۱) - راهنمایی‌های سازنده مربوط به کاربرد PH متر را دنبال کنید. یک سیستم الکتروود کلرید نقره / نقره یا مشابه نیز قابل قبول می‌باشد.

۶-۲- روش B، کاغذ PH - کاغذ PH که نسبت به حدود تغییرات PH از ۱ تا ۱۲ حساس باشد و با تحلیل تا دقت ۰/۲ واحد PH است دقت داشته باشد.

۷- معرّف‌ها

۷-۱- **خلوص معرّف‌ها** - در تمام آزمایشها معرّف‌های درجه بندی شیمیائی باید مورد استفاده قرار گیرد. منظور این است که تمام معرّف‌ها باید مطابق با مشخصات کمیته معرّف‌های تجزیه‌ای انجمن شیمی آمریکا باشد. سایر درجات می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد مشروط بر اینکه ابتدا مطمئن گردید که معرّف باندازه کافی خالص می‌باشد تا استفاده آنرا بدون کاهش دادن دقت اندازه‌گیری، مجاز دانست.

۷-۲- **خلوص آب** - آب باید آب مقطر، دی‌یونیزه باشد، اما لزومی ندارد عاری از دی‌اکسید کربن باشد، قبل از آزمایش کردن خاک، PH آب باید کنترل شود. اگر خارج از حد ۶/۵ تا ۷/۵ واقع شود، آنرا باید دور ریخت و آب دیگری برای آزمایش تهیه گردد.

۷-۳- **محلول بافر اسید پتاسیم فتالات (M ۰/۰۵)** - ۱۰/۲۱ گرم (یکساعت در ۱۰۵°C خشک شود) از فتالات پتاسیم را در آب حل کنید و تا یک لیتر رقیق نمایید. PH این محلول در ۲۰°C باید ۴/۰ باشد. محلول را در برابر تبخیر و در برابر آلودگی یا کپک‌ها محافظت نمایید. در صورتیکه کپک ملاحظه شد، محلول را تعویض نمایید.

اثر درجه حرارت عبارتست از

PH °C

۴/۰ ۳۷ تا ۵

این روشن می‌سازد که PH محلول در دمای ۵ تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد بیش از حد تغییر نمی‌کند.

۷-۴- **محلول ذخیره کلرید کلسیم (M ۱/۰)** - ۱۴۷ گرم از $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ را در آب در ظرف حجم سنج بالون ژوزه یک لیتری حل کنید، خنک کنید و با آب رقیق کنید تا به حجم برسد و مخلوط کنید. ۱۵ میلی‌لیتر از این محلول را تا ۲۰۰ میلی‌لیتر در یک ظرف حجم سنج رقیق کنید.

(۱) کالومل (CalomeL) ترکیبی از کلرین و جیوه می‌باشد و در پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷-۵ - محلول کلرید کلسیم (۱M / ۰) - ۲۰٪ میلی لیتر از محلول کلروکلسیم ۱/۰M ذخیره را با آب تا حجم ۲ لیتر رقیق کنید. PH این محلول باید بین ۵ و ۷ باشد.

۷-۶ - محلول بافر فسفات (۲۵M / ۰) - ۳/۴۰ گرم از KH_2PO_4 و ۳/۵۵ گرم از Na_2HPO_4 را در آب حل کنید و تا یک لیتر رقیق کنید. نمک‌ها را قبل از استفاده ۲ ساعت در $130^{\circ}C$ خشک کنید. PH این محلول در $20^{\circ}C$ باید ۶/۹ باشد. اثر دما بشرح زیر می باشد.

PH	$^{\circ}C$
۷/۰	۰
۶/۹	۱۰
۶/۹	۲۰
۶/۸	۳۰
۶/۸	۴۰

۸- کالیبراسیون PH متر

۸-۱ - با استفاده از اسید پتاسیم فتالات و محلولهای بافر فسفات، PH متر را کالیبره نمایید. برای تنظیم PH متر باید از دستور سازنده‌ها پیروی شود.

۹- طرز عمل

۹-۱ - هنگامیکه اندازه گیری‌ها با الکتروود PH انجام می شود، الکتروود را داخل قسمت تعلیق ته نشین شده قرار دهید تا اثر تعلیق را معتدل نماید.

۹-۲ - برای هر دو روش، با خاکی در هوا خشک شده، که از الک نمره ۱۰ (سوراخ‌های ۲ میلی متر) الک شده باشد شروع کنید تا بخش درشت تر خاک حذف گردد. خشک کردن خاک در هوا مورد نیاز می باشد تا الک کردن انجام پذیرد و مقدار آب موجود در زمان اندازه گیری کنترل شود.

۹-۳ - PH در آب مقطر - برای هر دو روش، تقریباً ۱۰ گرم از خاک در هوا خشک شده را وزن کنید. خاک را داخل ظرف شیشه‌ای قرار دهید و تقریباً ۱۰ میلی لیتر آب مقطر اضافه نمایید. بطور کامل مخلوط نمایید و برای یک ساعت بدون حرکت قرار دهید.

۹-۴ - روش A - PH را روی PH متر قرائت کنید.

۹-۵ - روش B - PH را روی کاغذ PH قرائت کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۹ - ۶ - PH در محلول کلرید کلسیم ۱M / ۰ - برای هر دو روش تقریباً ۱۰ گرم از خاک در هوا خشک شده را وزن کنید. خاک را داخل ظرف شیشه‌ای قرار دهید و تقریباً ۱۰ میلی لیتر از محلول $0.1M, CaCl_2$ اضافه کنید. بطور کامل مخلوط کنید و برای یکساعت بدون حرکت قرار دهید.

۹ - ۷ - روش PH - A را روی PH متر قرائت نمایید.

۹ - ۸ - روش PH - B را روی کاغذ PH قرائت نمایید.

۹ - ۹ - مخلوط در زمان اندازه‌گیری PH باید تقریباً در دمای اطاق ($25^{\circ}C$ تا ۱۵) باشد.

۱۰ - گزارش

۱۰ - ۱ - PH را تا یک رقم اعشار گزارش نمایید. مشخص نمایید کدامیک از اندازه‌گیری‌های PH در آب و کدام در محلول کلرید کلسیم می‌باشد. همچنین مشخص نمایید اندازه‌گیری‌ها با روش A انجام گردیده یا با روش B. اگر از ذراتی با اندازه غیر از الک شده از الک نمره ۱۰ مورد استفاده قرار گیرند، چون نتایج ممکن است بطور قابل ملاحظه‌ای متفاوت باشد، در گزارش باید بیان گردد.

۱۱ - دقت و خطا

۱۱ - ۱ - دقت

۱۱ - ۱ - ۱ - دقت داخل آزمایشگاه - انحرافات استاندارد داخل آزمایشگاهی برای روش A، ۰/۰۳۱ و واحدهای PH برای مخلوط آب و ۰/۱۳۹ (واحدهای PH) برای مخلوط کلرید کلسیم می‌باشد. بنابراین، نتایج دو آزمایش بطور مناسب ترتیب داده شده در همان آزمایشگاه یا آزمایشگاههای مختلف نباید بیشتر از ۰/۰۶۵ (واحدهای PH) برای مخلوط آب و ۰/۳۸۹ واحدهای PH برای مخلوط کلرید کلسیم متفاوت باشد. انحرافات استاندارد داخل آزمایشگاهی برای روش B برای مخلوط آب ۰/۱۸۹ (واحدهای PH) و برای مخلوط کلرید کلسیم ۰/۲۱۲ (واحدهای PH) می‌باشد. بنابراین نتایج دو آزمایش بطور مناسب ترتیب داده شده در همان آزمایشگاه یا آزمایشگاههای مختلف نباید برای مخلوط آب بیشتر از ۰/۰۵۳ (واحدهای PH) و برای مخلوط کلرید کلسیم ۰/۰۶۰ واحدهای PH باشد.

۱۱ - ۱ - ۱ - دقت ارائه شده روش A توسط مرکز فنی ملی بخش کشاورزی ایالات متحده تعیین گردید. آنها در ارزیابی‌شان برای مخلوط آب، ۱۷۴ تکرار و در آزمایش کردن مخلوط کلرید کلسیم ۳۲ تکرار بکار بردند.

۱۱ - ۱ - ۱ - ۲ - دقت ارائه شده روش B توسط آژانس بهداشت محیط زیست ارتش ایالات متحده تعیین گردید. آنها در ارزیابی‌شان در آزمایش کردن هر مخلوط، ۲۵ تکرار بکار بردند.

۱۱ - ۱ - ۲ - دقت بین آزمایشگاهی - انحراف استاندارد بین آزمایشگاهی برای هیچیک از دو روش تعیین نشده است. کمیته فرعی D 18.06 بطور فعال در جستجوی اطلاعات می‌باشد تا دقت بین آزمایشگاهی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

این روش آزمایش را تعیین نماید.

۱۱-۲ - خطا - مرجع قابل قبول ارزشمندی برای این روش آزمایش وجود ندارد، بنابراین خطا نمی تواند تعیین گردد.

۱۲ - لغات کلیدی

۱۲-۱ - خاک، PH، اسیدی، قلیائی، واکنش

۸۹- D5۰۳۰: ASTM روش آزمایش استاندارد برای تعیین دانسیته خاک و سنگ در مخلوسه روش جایجایی آب در یک چاله آزمایش

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش با استفاده از برکردن چاله آستر شده آزمایش از آب برای تعیین حجم چاله آزمایش، شامل تعیین دانسیته در محل و وزن مخصوص خاک و سنگ می‌باشد. در این روش آزمایش از کلمه سنگ استفاده شده، بکارگیری این کلمه اشاره به این دارد که بطور نمونه هوا و آزمایش شونده دارای ذرات بزرگتر از $(75 \text{ mm})^2 \text{ in}$ می‌باشند.

۱-۲- این مناسبترین روش آزمایش برای چاله‌های آزمایش با یک حجم حدوداً "بین ۳ تا ۱۰ فوت مکعب ($0.8-2/8 \text{ m}^3$) می‌باشد بطور معمول حداکثر اندازه ذرات مواده مورد آزمایش بیشتر از $(125 \text{ mm}) \Delta \text{in}$ بوده است چنانچه این روش آزمایش، مطلوب باشد ممکن است برای حفاریهایی با اندازه بزرگتر استفاده شود.

۱-۳- این طرز عمل بکارگیری صفحه پایه یا قطره‌های داخلی ۳ فوت (۹- متر) یا بیشتر اجرا می‌شود. در این روش آزمایش سایر اشکال و دیگر مصالح ممکن است استفاده گردد در صورتی که شرایط مورد لزوم این آزمایش و راهنمایی‌هایی که در ضمیمه A برای حداقل حجم چاله آزمایش داده شده است، را شامل گردد.

۲-۱- ممکن است روش آزمایش D۴۹۱۴ بعنوان روشی دیگر استفاده گردد، گرچه معمولاً بکارگیری آن فقط برای اندازه‌گیری حجم چاله آزمایش حدوداً "بین ۰.۶ فوت مکعب ($0.3-0.17 \text{ m}^3$) عملی می‌باشد.

۲-۲- بطور معمول روش آزمایش D۱۵۵۶ یا D۲۱۶۷ جهت تعیین حجم گمانه‌های آزمایش کوچکتر از 1 ft^3 (0.3 m^3) استفاده می‌شود.

۳-۱ دو روش بصورت زیر توضیح داده می‌شوند:

۳-۱-۱ روش A: دانسیته در محل و وزن مخصوص مصالح گسل (بخش ۱۰)

۳-۱-۲ روش B: دانسیته در محل و وزن مخصوص جزء کنترل (بخش ۱۱)

۴-۱ انتخاب روش

۴-۱-۱ روش A وقتی استفاده می‌شود که وزن مخصوص مصالح کل در محل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

کردن با آب، تغییر شکل ندهند یا از هم جدا نشوند.

۵-۱ اطلاعات بسیار مفیدی باید تهیه شود بطوریکه چه بخواهید یا چه نخواهید حجم تعیین شده، وقتی که این روش آزمایش استفاده شود نشان دهنده شرایط در محل است، برای مرتب کردن اندازه یکنواخت ذرات بخور نسبی Fin (۷۵ mm) یا بیشتر است. دستخوردگی حین حفاری در اثر کمبود چسبندگی و فضاهای متخلخل بیسن ذرات بوسیله آستر جبران می شود که ممکن است اندازه گیری حجم کودال آزمایش را تحت تاثیر قرار دهد.

۶-۱ این روش آزمایش معمولاً به مصالح با شرایط غیر اشباع محدود می شود و برای مصالحی که ترم یا شکننده (به سادگی خرد می شوند) هستند یا برای یکشرایط مرطوب مثل تراوش آب به داخل گمانه حفاری، توصیه نمی شود. دقت در آزمایش ممکن است نتایج حاصلی را که به سادگی تغییر شکل می دهند یا در مصالحی که ممکن است در طی آزمایش در حفاری گمانه، در اثر ایستادن یا قدم زدن نزدیک گمانه دچار تغییر حجم شوند تحت تاثیر قرار دهند.

۷-۱ مقادیر بر حسب واحدهای اینچ-پوند بعنوان استاندارد در نظر گرفته می شوند. مقادیر داده شده در برآشت فقط جهت اطلاع می باشند.

۷-۱-۱ در حرف مهندسی، غیر از محاسبات دینامیکی ($F=Ma$)، استفاده از جرم و نیرو بجای یکدیگر مرسوم می باشد، با این کنار دو سیستم مجزا از واحدها، سیستم مطلق و سیستم وزنی، با یکدیگر ترکیب می شوند. از نظر علمی استفاده از ترکیب دو سیستم واحد در سیستم استاندارد مناسب نیست. این روش آزمایش با استفاده از واحدهای اینچ-پوند (سیستم نقلی) نوشته شده است که پیوند (lbf) واحد نیرو (وزن) را بیان می کند. لذا تبدیلات در سیستم SI داده شده اند. استفاده از ترازوهای وسایل سنجش که بر حسب پیوند جرم (lbm) نشان می دهند، بیادداشت جرم جفتی بر حسب lbm/ft^3 ، عدم تطابق با این استاندارد به حساب نمی آید.

۸-۱ ممکن است این استاندارد شامل مواد، عملیات و تجهیزات خطرناکی باشد. این استاندارد موارد ایمنی مربوط به کاربرد آتشسوزی بیان نمی کند. لذا وظیفه استفاده کننده از این استاندارد است که موارد ایمنی و اصول بهداشتی را رعایت کرده و محدودیت های عملی آنرا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قبل از استفاده از آن مشخص نماید. برای یک حالت خطرناک خاص به بخش ۷ مراجعه شود.

۲- منابع مرجع:

۱-۲ استانداردهای ASTM:

C1۲۷ روش آزمایش برای چگالی ویژه و جذب آب مصالح درشتدانه

C1۲۸ روش آزمایش برای وزن مخصوص، جاری شدن، و درصد هوا

(تخله سنجی) بتن

C۵۶۶ روش آزمایش برای تعیین درصد رطوبت کل مصالح درشتدانه بوسیله خشک کردن

D۶۵۳ اصطلاحات مربوط به خاک و سنگ و سیالات داخل آنها

D۶۹۸ روشهای آزمایش برای تعیین روابط دانسیته رطوبت برای خاکها و

مخلوطهای دانه‌ای با استفاده از کوبه ۵/۵۱b (۲/۴۹Kg) و ارتفاع سقوط

۱۲in (۳۰۵ mm)

D۱۵۵۶ روشهای آزمایش برای تعیین دانسیته خاک در محل به وسیله

روش مخروط مانه‌ای

D۱۵۵۷ روشهای آزمایش برای تعیین روابط دانسیته رطوبت خاکها و

مخلوطهای دانه‌ای با استفاده از کوبه ۱۰۱b (۴/۵۴ Kg) و ارتفاع سقوط

۱۸in (۴۵۷ mm)

D۲۱۶۷ روش آزمایش برای تعیین دانسیته و وزن مخصوص خاک در محل

با استفاده از روش بالن لاستیکی

D۲۲۱۶ روش برای تعیین آزمایشگاهی درصد رطوبت خاک، سنگ و

مخلوطهای دانه‌ای

D۲۲۵۲ روشهای آزمایش برای تعیین حداکثر شاخص دانسیته خاکها با

استفاده از میز مرتعش

D۲۲۵۴ روشهای آزمایش برای تعیین حداقل شاخص دانسیته و محاسبه

دانسیته نسبی

D۴۵۴۴ روش آزمایش برای دانسیته خاک در محل بوسیله روش اسلیو

D۴۷۱۸ دستورالعمل تصحیح وزن مخصوص و درصد رطوبت خاکهایی که

دارای ذرات با اندازه بزرگتر باشند.

D۲۷۵۳ تشخیص برای ارزیابی انتخاب و مشخص کردن ترازو هسا و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

وسایل سنجش برای استفاده در آزمایش سنگ و خاک
D۴۹۱۴ : روش آزمایش برای تعیین دانسیته خاکها در محل بوسیله روش

جایجایی ساسه در چانه آزمایش

E۱ مشخصات برای حرارت سنجهای ASTM

E۱۱ مشخصات برای الکهای توریسی برای مقادیر آزمایش

۳- اصطلاحات

۳-۱ جزء موارد زیر در بند ۳-۲، کلیه تعاریف مطابق با اصطلاحات
D۶۵۳ میباشند.

۳-۲ شرح عبارتهای :

۳-۲-۱ جزء کنترل - یک بخش از نمونه خاک که شامل ذرات کوچکتر از
اندازه الک طرح باشد

۳-۲-۱-۱ بخش این جزء جهت مقایسه وزنهای مخصوص در محل با وزنهای
مخصوص بدست آمده از آزمایشهای آزمایشگاهی استاندارد، بکار
برده میشود.

۳-۲-۲ ذرات فوق اندازه - بخشی از نمونه خاک که شامل ذرات بزرگتر از
اندازه الک طرح میباشد.

۴- خلاصه روش آزمایش :

۴-۱ سطح زمین محل آزمایش آماده میگردد و یک صفحه پایه (حلقه فلزی)

در موقعیتش جاگیری و تثبیت میگردد. یک آستر در داخل صفحه پایه

قرار داده میشود و حجم فضای بین یکتراز انتخاب شده داخل صفحه پایه

و سطح زمین بوسیله بر کردن فضا با آب اندازه گیری میشود. جرم یا

حجم مقدار آب مورد نیاز برای بر کردن صفحه پایه در تراز انتخاب

شده تعیین شده پس آب پوشش برداشته میشوند. مصالح از حدود

مرزهای صفحه پایه به شکل یک چاله، حفاری میشوند، یک پوشش در

چاله آزمایش و صفحه پایه قرار داده میشود، آب از بالای تراز

انتخاب شده به داخل چاله و صفحه پایه ریخته میشود، جرم یا حجم آب

در داخل چاله و صفحه پایه و در مرحله بعد حجم گمانه تعیین میشود.

دانسیته تر مصالح در محل از جرم مصالحی که از چاله آزمایش

برداشت و اندازه گیری شده، محاسبه میگردد. درصد رطوبت تعیین

میشود و وزن مخصوص خشک مصالح در محل محاسبه میگردد.

۴-۲ وزن مخصوص یک جزء از مصالح میتواند بوسیله تفریق جرم و حجم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

در اتم فوق اندازه از مقادیر اولیه و محاسبه مجدد وزن مخصوص تعیین شود.

۵ - مفهوم و کاربرد

۵-۱ این روش آزمایش جهت تعیین وزن مخصوص مصالح متراکم شده در ساخت سدهای خاکی، خاکریز جاده‌ها و ساخت خاکریزها بکار می‌رود. این روش می‌تواند به عنوان مبنایی برای قبول مصالح متراکم شده بنا بر وزن مخصوص تعیین شده یا درصد ماکزیمم وزن مخصوص تعیین شده به روش آزمایش، آزمایشگاهی استانداردهمانند روشهای آزمایش D698 یا D1557 و در محدوده‌های بیان شده در بند ۴-۱ در کنترل ساخت مورد استفاده قرار گیرد.

۵-۲ این روش آزمایش می‌تواند در تعیین وزن مخصوص در محل‌نهبشته‌های طبیعی خاک، سنگدانه‌ها، مخلوطهای خاک یا دیگر مصالح مشابه بکار برده شود.

۶- وسایل

۶-۱ ترازو یا وسیله‌سنجش باید دارای ظرفیت و قابلیت قرائت مناسبی برای جرم، و تکنیکهای اصولی برای ابعاد چاله آزمایش خاصی در محدوده حجمی ۳ تا ۱۰۰ فوت مکعب ($2/83 - 0.8$ متر مکعب) و برآورده کردن شرایط مشخصه D4753 باشد.

۶-۲ ترازو یا وسیله‌سنجش: یک ترازو (یا وسیله‌سنجش) برای تعیین درصد رطوبت مصالح کوچکتر از نمره ۴ که دارای حداقل ظرفیت تقریباً "g" ۱۰۰۰ می‌باشد و یک ترازو یا قابلیت قرائت "g" ۰/۱ کسه شرایط مورد نیاز مشخصه D4753 را برآورده نماید.

۶-۳ گرمخانه خشک‌کننده، که با ترموستات کنترل می‌شود. ترجیحاً "از نوع forced draft" که قابلیت نگهداری یکنواخت حرارت در 5 ± 110 درجه سانتیگراد در کل محفظه خشک‌کننده را دارا باشد.

۶-۴ الک‌ها، الک‌نمره ۴ ($4/75$ میلیمتر) و الک ۳ اینچ (75 میلیمتر) مطابق با ملزومات مشخصه E11.

۶-۵ حرارت‌سنج، در محدوده صفر تا ۵۰ درجه سانتیگراد دارای درجه‌بندهی ۰/۵ درجه مطابق با ملزومات مشخصه E1.

۶-۶ صفحه فلزی پایه یک صفحه‌پایه دایره‌ای که الگویی برای حفاری فراهم می‌نماید. احتمالاً ابعاد و شکل و مواد این صفحه مطابق با

اندازه چاله آزمایشی که حفاری می‌شود فرق می‌کند. این صفحه پایه باید به اندازه کافی طیب باشد تا بتغییر شکل نداده و خم نشود.
 توجه ۱: صفحه پایه نشان داده شده در شکل ۱، یک طرحی را که بسیاری این منظور مناسب دانسته شده را نمایش می‌دهد.



شکل ۱- حلقه فلزی به قطر ۶ فوت (۱/۸ متر) برای تعیین وزن مخصوص در محل

۶-۶ از آنجائیکه قرار دادن دقیق صفحه پایه به طور تراز بخصوص برای حلقه‌های با قطر بزرگتر یا مساوی ۶ فوت (۱/۸ متر) ممکن است مشکل باشد، ارتفاع این صفحه طوری باید باشد که با شیب حدوداً ۵ درصد مطابقت کند.

از آنجائیکه تراز آب‌باید از بالای صفحه پایین‌تر باشد نیازی نیست که صفحه تراز شود. حلقه‌های بزرگتر نباید به حد کافی مرتفع باشند تا از هر گونه هدر رفتن آب‌ناشی از عمل موج‌چلوگیری نمایند.

۶-۶ پوشش‌ها: حدود ۴ تا ۶ میلی‌متر ضخامت دارند، دو قطعه‌ای که هر کدام به اندازه کافی بزرگ هستند تا چاله آزمایش را پوشش کنند و طولشان از محیط اطراف صفحه پایه حدود ۳ فوت (۱ متر) به سمت بیرون ادامه دارد. هر نوع ساده، ورقه پلاستیکی و غیره بشرطی می‌توانند استفاده شوند که انعطاف کافی جهت مطابقت با سطح زمین را داشته باشند. ۶-۶ وسیله اندازه‌گیری آب، شامل یک ظرف ذخیره‌سازی، شلنگ یا لوله تحویل، و یک آب‌سنج، وسیله سنجش یا دیگر وسایل اندازه‌گیری مناسب می‌باشد. ممکن است آب بوسیله جرم یا حجم اندازه‌گیری شود. تجهیزات

شرکت سپاهمی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

باید توانایی کنترل بحویل دادن آبرو داشته باشد بطوریکه هیچ گونه بردقتی در پر کردن و اندازه گیری آب، بیش از 1+ درصد از کل جرم یا حجم تحویلی اتفاق نیفتد.

۶-۱ شاخص تراز مرجع آب- یک تراز مرجع آب باید بطریقی بنا شود که تراز آب در صفحه پایه برای دو اندازه گیری یکسان باشد. یک اندازه گیر قلابی شکل ممکن است ساده ترین و عمیق ترین وسیله باشد، اگر چه هر وسیله ای مثل یک سیله با یک انتهای نقطه ای که بتواند به صفحه پایه محکم بسته شود یک تراز نجاری و وسیله سنجش بشمار میرود. بزرگ تراز نجاری روی یک تیر در امتداد صفحه پایه یا توشیح مشابه دیگری یا وسیله دیگری ممکن است استفاده شود. هر روشی که بخدمت گرفته شود، این وسیله باید توانایی جابجایی و جایگذاری مجدد را داشته باشد بطوری که تراز مرجع آبرو دقیقاً در همان موقعیت اندازه بگیرد. ممکن است در اطراف این وسیله، در صورتی که سطوح آب داخل صفحه پایه صاف نباشد، نیاز به برخی محافظتها باشد.

۶-۲ زانویی لاستیکی، پمپ، سطلها، شنکها یا دیگر وسایل مناسب جهت حرکت دادن آب به داخل و از صفحه پایه یا چاله یا هر دوی آنها، و هر ظرف ذخیره سازی یا منبع

۶-۳ وسایل متفرقه، کیسه شن که برای جلوگیری از حرکت صفحه پایه در هنگام آزمایش استفاده می شود، بیلو بیله ها، کنگها، قلم چکش، میله ها، دستگیره ها، کچها برای کندن چاله آزمایش، سطلها یا قوطی های بدون درز با درپوش، ظروف استوانه ای شکل، بشکه ها یا دیگر ظروف مناسب برای نگهداشتن نمونه آزمایشی بدون تغییر رطوبت، پارچه برای جمع کردن خاک اضافی، کفه های چور و ظروف چینی مناسب برای خشک کردن رطوبت نمونه، تخته ها، قطعه ها و غیره، برای یکبار گرفتن، بعنوان یک خط مشی کاری وقتی امکان جریان یا تغییر شکل خاکهای آزمایشی باشد، بالابرها، بندها، زنجیرها و سایر تجهیزات مناسبی که ممکن است برای بارهای سنگین دستی مورد نیاز باشد، تراز و میله نقشه برداری و سایر تجهیزات مناسب برای کنترل شیب صفحه پایه در محل، نوار لوله یا ملاط یا هر دوی آنها برای جلوگیری از پارگی ورقه های پلاستیکی بوسیله قطعه سنگهای نوک تیز.

۷- ایمنی در برابر خطر.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۷-۱ این روش آزمایش شامل بارهای سنگین دستی می‌باشد
- ۸- کف‌های فنی
- ۸-۱ موادی که ممکن است در طی آزمایش جاری شده یا تغییر شکل دهند، باید تشخیص داده شده و در مورد آنها احتیاط کرد.
- ۸-۲ کف‌هایی ممکن است در محاسبه وزن مخصوص برای مصالحی که تحت تاثیر رطوبت اضافی مصالح هستند، رخ دهد. این خطاها ممکن است در مصالحی با نفوذپذیری بالا مثل ماسه‌ها و شن‌های پایین چاله آزمایش در نزدیکی یازیر تراز آب زمینی، مهم باشند. نیروهای شناوری آب آزاد در زیر یا پشت پرش ممکن است اثر مخالفی روی تعیین حجم بگذارد.
- ۸-۳ سطوح و تجهیزات این آزمایش باید در طی دوره‌های آب و هوایی مختلف مثل هوای بارانی، برفی، یاباد شدید محافظت شود. اگر درصد رطوبت در محل مورد نیاز باشد ممکن است لازم باشد که سطح آزمایش از نور مستقیم خورشید محافظت شود.
- ۸-۴ ممکن است در طی انجام این روش آزمایش، ظروف متعددی مورد نیاز باشد، تمامی ظروف باید، جهت اجتناب از درهم شدن، بطور مناسبی بر چسب زده شوند.
- ۸-۵ چنانچه جرم کل آب یا نمونه خاک یا هر دوی آنها، بیش از ظرفیت وسیله سنجش مورد استفاده باشد، تعیین جمععی جرم انجام می‌شود. باید دقت نمود تا مطمئن شد که جرم کل به نحو مناسبی تعیین شده است.
- ۹- استاندارد نمودن و کالیبره کردن
- ۹-۱ اگر حجم آب مورد استفاده بایک وسیله اندازه گیری آب تعیین شود، این وسیله باید مطابق مقررات بند ۶ کالیبره شود.
- ۱۰- روش A - دانسیته و وزن مخصوص مصالح کل در محل
- ۱۰-۱ روش A جهت تعیین وزن مخصوص کل استفاده می‌شود (بند ۴-۱ ملاحظه شود)
- ۱۰-۲ حجم نمونه سفارش شده را تعیین کرده و صفحه پایه مناسب را با دانه بندی خاک مطابق با اطلاعات در ضمیمه A انتخاب کنید. سایر تجهیزات مورد نیاز را سوار کنید.
- ۱۰-۳ جرم ظروف خالی، درپوش و پوش ظرف (اگر استفاده شود) که حاوی مصالح حفاری خواهد بود، را تعیین کنید. ظروف را شماره گذاری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نموده و با عنوان استفاده‌شان علامتگذاری کنید. جرم ظروف را بنویسید و یا لیست جداگانه‌ای تهیه فرمائید.

۴-۱-۱ مقدار آب مورد استفاده را تهیه نمائید حجم چاله حفاری آزمایش را بوسیله پر کردن چاله از آب تعیین کنید و یا با جرم یا حجم آب اندازه بگیرید. اندازه‌گیری جرم آب معمولاً فقط برای حلقه‌های با قطر ۳ تا ۴ فوت (۱ تا ۱/۳ متر) استفاده می‌شود. اگر حجم آب اندازه‌گیری می‌شود بند ۴-۱-۱ اجرا شود. اگر جرم آب اندازه‌گیری می‌شود بند ۴-۱-۱ اجرا شود.

۴-۱-۱-۱ اگر جرم آب محرفی، اندازه‌گیری شود ظروف آب باید با جرم آب تعیین شده قبل و بعد از آزمایش آماده گردد. برای چاله‌های آزمایش با حجم ۳ تا ۶ فوت مکعب (۰/۱۷ - ۰/۰۸ متر مکعب) ظروفی مانند ظرفهای ۵ گالنی استفاده کنید بطوریکه این جرم می‌تواند روی یک تراز یا وسیله سنجش از نوعی که بطوری معمول در آزمایشگاه یافت می‌شود اندازه‌گیری شود.

حجم چاله‌های بزرگتر آزمایش می‌تواند با استفاده از آب موجود در بشکه‌ها یا ظروف استوانه‌ای ۵۵ گالنی، تعیین شود، اگر به این وسایل مجهز باشیم، یک منبع و یک وسیله سنجش مناسب، برای اندازه‌گیری جرم در دسترس می‌باشد.

۴-۱-۱-۱-۱ دوسری ظروف آب مورد نیاز می‌باشد، تعیین حجم چاله‌ها آزمایش به دو اندازه‌گیری مجزا جرم آب نیاز دارد: (الف) اندازه‌گیری جرم آب استفاده شده برای پر کردن فضای بین سطح خاک (قبل از اینکه چاله حفر شود) و تراز آب مرجع در صفحه پایه، و (ب) اندازه‌گیری جرم آب مورد استفاده برای پر نمودن چاله آزمایش بالای همان تراز آب مرجع. اختلاف بین این دو جرم اندازه گرفته شده همان جرم آب موجود در چاله آزمایش می‌باشد.

۴-۱-۱-۱-۲ جرم آب (و تعداد ظروف) مورد نیاز برای پر کردن صفحه پایه را تخمین بزنید، جرم تخمینی ممکن است همیشه ضریب حجم صفحه پایه در دانسیته آب، محاسبه گردد. ظروفی که استفاده می‌شود با عنوان استفاده‌شان شماره گذاری نمائید، برای مثال "تصحیح صفحه پایه، ظروف را با آب پر کنید و جرم ظروف و آب را اندازه‌گیری و یادداشت کنید.

۴-۱-۱-۱-۳ از روی حجم پیش‌بینی شده چاله آزمایش، جرم آب مورد نیاز

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

برای پر کردن چاله آزمایش را تخمین بزنید. جرم تخمینی آبی که در چاله آزمایش استفاده نمی‌شود، ممکن است با ضرب حجم پیش‌بینی شده چاله آزمایش در دانسیته آب محاسبه شود و سپس به جرم آب محاسبه شده در بند ۱-۴-۱، اضافه شود. این مقدار را حدود ۲۵٪ افزایش دهید تا مطمئن شوید که آب کافی در محل موجود می‌باشد. تعداد ظروف مورد نیاز را تعیین کنید آنها را شماره‌گذاری کرده و با عنوان استفاده‌شان علامت‌گذاری نمایند برای مثال "چاله آزمایش". ظروف را با آب پر کنید و جرم ظروف و آب را تعیین و ثبت کنید. قسمت (۵-۱) را انجام دهید.

۱-۴-۲ چنانچه حجم آب مصرفی تعیین شود، یک وسیله اندازه‌گیری آب برای اندازه‌گیری کاس‌های (لیترهای) آب مصرفی یک واکن با ری آبی، یک مخزن بزرگ آبی یا ظروف بزرگ آب مانند استوانه‌های ۵۵ گالنی بکار برید. وسیله اندازه‌گیری آب باید مطابق ملزومات بند ۶-۱ باشد.

۱-۴-۳ دو اندازه‌گیری مجزای حجم مورد نیاز استکه (الف) حجم آبی که فضای بین سطح خاک (قبل از اینکه چاله آزمایش حفر شود) و تراز آب مرجع در صفحه پایه را پر می‌کند اندازه بگیرید، و (ب) حجم آب مصرفی برای پر کردن چاله آزمایش تا رسیدن به همان تراز آب مرجع در صفحه پایه را اندازه بگیرید اختلاف بین این دو حجم یاد شده، حجم آب در چاله آزمایش می‌باشد.

۱-۴-۴ حجم تقریبی آب مورد نیاز معادل است با حجم چاله آزمایش بعلاوه دو برابر حجم محاسبه شده برای صفحه پایه. در یک حالت خاص با ضرب حجم مورد نیاز به فوکت‌کعب در عدد $7/48$ ، حجم بر حسب گالون بدست می‌آید. با افزایش دادن این حجم در حدود ۲۵ درصد، مطمئن شوید که در محل آب کافی در دسترس می‌باشد.

چنانچه از ظروف استفاده شود تعداد مورد نیاز آنها را تعیین کنید و آنها را از آب پر کنید. بهر حال واکن آبی با مخزن آب را با آب کافی پر کنید.

۱-۵ یک سطح مشخصه برای آزمایش انتخاب کنید، از موقعیتهایی که در آن درشت از زیر به سمت صفحه پایه حرکت می‌کنند دوری کنید.

۱-۶ آماده کردن محوطه سطحی که باید آزمایش شود:

۱-۶-۱ تمام مصالح سست را از یک سطح با مساحت بزرگ که صفحه پایه قرار می‌گیرد، جدا کنید سطح در دسترس را طوری آماده کنید که محکم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- باشد زیرا صفحه تراز می‌باشد.
- ۱-۶-۲ کارکنان بر روی یا نزدیک سطح انتخاب شده برای آزمایش نباید قدم بگذارند برای زمانی که مصالح آزمایش ممکن است جریان یافته یا تغییر شکل دهند بیکسکوی کار مهیا کنید.
 - ۱-۷-۲ جاکبری و قراردادن صفحه پایه روی سطح آماده شده:
 - ۱-۷-۱ جهت اجتناب از حرکت صفحه پایه هنگام انجام آزمایش آنرا بطور محکمی جاکبری نمایید. ممکن است جهت نگهداری مناسب آن استفاده از چند میخ، وزنه و یا دیگر موارد مشابه لازم باشد. ارتفاع را در چند موقعیت صفحه پایه بررسی نمایید. از آنجا که تراز آب مرجع پایین‌تر از بالای صفحه پایه‌نگه داشته می‌شود، لازم نیست که این صفحه بطور دقیق تراز شود، ولی شیب آن نباید از ۵٪ بیشتر باشد.
 - ۱-۷-۲ در حالی که صفحه پایه را جاکبری نموده و می‌نشانید، مصالح ست شده را بردارید. دقت کنید تا از باقی ماندن فضای متخلخل در زیر این صفحه جلوگیری گردد. در صورت لزوم ممکن است خلل و فرج زیر صفحه پایه، با استفاده از خاک خیسری رس شکل داده شده، ملاط یا دیگر مواد مناسب پر شود، این عمل خوری انجام شود که متعاقباً این مواد بعنوان قسمتی از مصالح از چاله آزمایش حفاری و خارج نشود.
 - ۱-۷-۳ سطح محدوده صفحه پایه را با زرسی نمایند، در صورت لزوم خرله نیزه را با نوار لوله یا دیگر مواد مناسب پوشانید تا از پاره شدن یا سوراخ شدن پوشش خمیری جلوگیری گردد.
 - ۱-۸-۱ حجم بین سطح خاک و تراز آب مرجع را اندازه بگیرید.
 - ۱-۸-۱ بی نظمی‌های سطح خاک در محدوده صفحه پایه باید در گزارش آورده شود برای این منظور، حجم آب مورد نیاز برای پر کردن فضای بین سطح خاک و تراز آب مرجع را تعیین کنید.
 - ۱-۸-۲ یک پوشش با ضخامت ۴ تا ۶ میلی‌متر در برتاسر صفحه پایه قرار دهید و آنرا با دست شکل دهید تا منطبق با بی‌نظمی سطح خاک و صفحه پایه گردد. این پوشش باید حدود ۳ فوت (۱ متر) خارج از صفحه پایه ادامه داده شود. پوشش نباید زیاد کشیده شود یا پیچ و تا. و یا چروک داشته باشد (شکل ۲ را ملاحظه نمایید).
 - ۱-۸-۳ تجهیزات را برای شاخص تراز آب مرجع سوار کنید. بطور معمول تراز آب مرجع پس از اینکه آب در صفحه پایه به یک تراز عملی برسد

قرار داده می‌شود.

۱-۴-۴. اگر حجم آب اندازه‌گیری می‌شود، شاخص وسیله اندازه‌گیری آب را روی صفر قرار دهید یا قرائت اولیه شاخص را یادداشت کنید. آب را از داخل ظروف یا از مخزن آب داخل صفحه پایه بریزید تا تراز آب به یک تراز عملی رسد. شیب صفحه پایه و هر ناهمواری موجود ممکن است باید در نظر گرفته شود تا از عدد رگشت ذره‌ای آب جلوگیری شود. شاخص تراز آب مرجع را قرار دهید (شکل ۳ ملاحظه شود). اگسسر جسم آب اندازه‌گیری می‌شود. قرائت نهایی وسیله اندازه‌گیری آب را ثبت کنید. اگر جرم آب اندازه‌گیری می‌شود باقی مانده آب را جسته و اندازه‌گیری بعدی جرم ذخیره نکنید.



شکل ۳- پوشش پلاستیکی جای داده شده در آماده‌سازی برای تعیین حجم اولیه دفتر پژوهش و تحقیقات علمی



شکل ۳- اندازه گیری تراز آب مروج بوسیله مروج تجاری

- ۱-۸-۴- تخت آبرو بوسیله مشاهده حبابها بازرسی کنید، تراز آب را در چند زمان مناسب نگاه کنید و غیره.
- ۱-۸-۸- علامتهای مناسبی بسازید ضوری که شاخص تراز آب بتوانند در یک موقعیت یکسان و در همان ارتفاع پایین حفاری چاله آزمایش قرار گیرد. شاخص تراز آب مروج را بردارید.
- ۱-۸-۶- آب در صفحه پایه را بردارید، و پوشش را هم بردارید.
- ۱-۹-۱- حفر چاله آزمایش:
- ۱-۹-۱- ابزار دستی (بیل، اسکنه، چتر، میله، غیره) بکار برید، بسخس مرکزی چاله آزمایش را حفر نمایید. تجهیزات سنگینی همچون backhoe یا یکبالابر آبی یا مکانیکی، ممکن است برای برداشتن تکه های بزرگ نیاز باشد.
- ۱-۹-۱-۱- در صورتی که امکان تغییر شکل مصالح در داخل چاله آزمایش وجود داشته باشد اجازه حرکت تجهیزات سنگین را در آزمایش ندهید.
- ۱-۹-۲- کلبه مصالح را از چاله آزمایش به ظرف (ظروف) انتقال دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

دقت کنید هیچ مصالحی از دست نرود.
توجه ۲: برای صفحات پایه، با ابعاد کوچکتر جایی که ممکن است ظروف
مصالح از این صفحه بیرون بزنند ممکن است یک ورقه پلاستیکی یا
پارچه‌ای در زیر ظروف قرار داده شود تا فرارگیری و جمع کردن مصالح مثل
آسان شود.

۱۰-۹-۳ برای اجتناب از هدر رفتن رطوبت، ظرف (ظروف) را زمانی که
استفاده نمی‌شود پوشانیده نگه دارید. از یک ساک پلاستیکی عایق برای
نگهداری مصالح در داخل ظروف استفاده کنید.

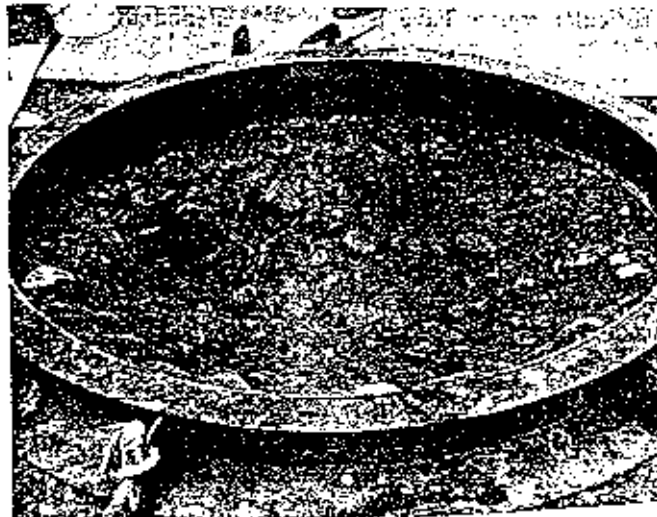
۱۰-۹-۴ اطراف قسمت حفاری را تمیز کنید بطوریکه تا حد امکان
ابعاد چاله آزمایش در تماس با خاک - صفحه پایه به ابعاد سوراخ
صفحه پایه نزدیک باشد. از دست‌خوردگی صفحه پایه و یا مصالح زیر
یا خارج از این صفحه جلوگیری نمایید.

۱۰-۹-۵ کندن را تا عمق مورد نیاز ادامه دهید. به دقت کلیه مصالحی
را که در طی این عمل متراکم یا غیر متراکم شده است بردارید.

۱۰-۹-۶-۱ در صورتی که در حین حفاری از داخل چاله آزمایش تکه
(یا تکه‌هایی) حدوداً "بزرگتر یا مساوی ۱/۵ برابر حداکثر ذره موجود
پیدا شد، ابعاد و حداقل حجم چاله آزمایش شرح داده شود (ضمیمه A1
مشاهده گردد)، تکه (تکه‌ها) را کنار گذاشته و بطور خاصی علامت‌گذاری
کنید جرم و حجم تکه (تکه‌ها) باید اندازه‌گیری شده و از جرم و حجم مصالح
برداشته شده از چاله آزمایش کم شود.

در نظر بگیرید که برای تکه (تکه‌های) بزرگتر یا عنوان "فوق اندازه" و ضامن
از روش نوشته شده در بخش ۱۱ پیروی می‌کنند، بجز وزن واحد حجم "کسل"
که شامل تکه (تکه‌های) بزرگتر خواهد شد، نیازی به محاسبه ندارد.
مقادیر جزء کنترل، تعیین می‌گردد سپس این مقادیر برای کل مصالح از
چاله آزمایش محسوب می‌شود.

۱۰-۹-۶-۲ چنانچه مقداری از این تکه‌ها پیدا شود که جرمشان حدود ۵
درصد یا بیشتر از جرم خاک حفاری تعیین شود آزمایش با یک چاله
آزمایش بزرگتر مطابق با راهنمایی‌هایی در ضمیمه A1 تکرار می‌گردد.



شکل ۴- چاله آزمایش در حین حفاری

۱-۹-۶ اطراف چاله باید تا حد امکان به حالت قائم نزدیک باشد اما شیب داخلی بیش از نیاز نباشد (شکل ۴ ملاحظه گردد). مصالح کسسه چسبندگی زیادی ندارند شکل مخروطی تری برای چاله آزمایش نتیجه سه می دهد.

۱-۹-۷ نیمرخ چاله تمام شده باید طوری باشد که آب بطور کامل بخش حفر شده را پر کند. اطراف چاله آزمایش تا حد امکان صاف و یکنواخت و بیش آسبگی و پس رفتگی باشد.

۱-۹-۸ پایین چاله آزمایش باید از هر گونه مصالح غیر متراکم پاکیزه باشد.

۱-۹-۹ سطح مصالح داخل حفره پایه را با زرسی نمائید. هر گونه لبه تیزی را با نوار نوله یا دیگر مواد مناسب جهت جلوگیری از پاره شدن یا سوراخ شدن پوشش پلاستیک ببوشانید ممکن است ملاء یا مصالح مناسب دیگری جهت پیر کردن تورفتگی ها برای رفع لبه های تیز، بیش آسبگی ها، فرورفتگی هایی که صاف یا محو نمی شود بکار برده شود. حجم مصالح مصرفی باید قابل اندازه گیری باشد و روش تهیه آن نیز تعیین شود.

۱-۹-۱۰ در صورتی که ملاء استفاده شود جرم ملاء را اندازه بگیرید و

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

حجم آنرا بر حسب فوت مکعب مطابق با روش آزمایش C128 اندازه بگیرید.

۱-۱۰-۱- اندازه گیری حجم چاله آزمایش :

۱-۱-۱- پوشش را داخل چاله آزمایش قرار دهید. پوشش، با ضخامت حدود ۴ تا ۶ میلیمتر باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا پس از اینکه به دقت داخل چاله شکل گرفته و قرار داده شد حدود ۳ فوت (متر) خارج از محیط صفحه پایه کشیده شود. آنرا اجازه دهید شل باشد. پوشش نباید خیلی سفت کشیده شود و نیز نباید دارای تا یا چروک باشد. سوراخ بودن پوشش را قبل از استفاده از آن، بازرسی نمایید.

۱-۱۰-۲- بر صورتی که حجم آب اندازه گیری می شود شاخص وسیله اندازه گیری آب را روی صفر قرار دهید یا قرائت اولیه شاخص را یادداشت نمایید. آب را از داخل ظروف یا از مخزن آب به داخل چاله آزمایش، تا رسیدن آب به شاخص تراز آب مرجع، خالی کنید. وقتی که کاملاً پر شد قرائت نهایی شاخص وسیله اندازه گیری آب را ثبت کنید.

اگر جرم آب اندازه گیری می شود جهت اندازه گیری بعدی، جرم آب باقی مانده را کنار بگذارید. در صورت لزوم کالن های (لیسترهای) آب مصرفی را محاسبه کنید.

۱-۱-۳- شفت آب را بوسیله مشاهده حبابها بررسی کنید. تراز آب را در چند زمان مناسب نگاه کنید، غیره.

۱-۱-۴- چنانچه جرم آب اندازه گیری می شود، دمای آب در چاله آزمایش را تعیین و ثبت کنید.

۱-۱-۵- آب را از چاله آزمایش خالی کنید، و پوشش را بردارید. پوشش را در مورد سوراخهایی که ممکن است در حین آزمایش اجازه فرار آب را بدهند، بازرسی کنید. اندازه گیری دیگری از حجم، نیاز به مقدار آب تلف شده دارد.

۱-۱-۱- محاسبه حجم چاله آزمایش :

۱-۱۱-۱- در صورتی که جرم آب اندازه گیری می شود، تعیین جرم بصورت زیر است:

۱-۱۱-۱-۱- جرم ظرف (ظرفها) و باقی مانده آب پس از پر کردن صفحه پایه (فضای بین سطح خاک و تراز آب مرجع) را تعیین و ثبت کنید.

۱-۱۱-۱-۲- جرم کل آب مصرفی برای پر کردن صفحه پایه تا تراز آب

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

مرجع را محاسبه و یادداشت‌نمائید.

۱-۱۱-۱-۳ جرم ظروف (ظروف) و آب باقی‌مانده پس از برگردن چاله
آزمایش و صفحه پایه تا تراز آب مرجع را اندازه‌گیری و یادداشت
نمایید.

۱-۱۱-۱-۴ جرم آب مصرفی را برای برگردن چاله آزمایش و صفحه پایه
تا تراز آب مرجع را محاسبه و ثبت کنید.

۱-۱۱-۱-۵ جرم آب مصرفی برای برگردن چاله آزمایش را محاسبه و ثبت
کنید.

۱-۱۱-۱-۶ از دانسیته آب، معادل $62/4$ یوندر فوت مکعب، (این مقدار
برای دمای بین 18 تا 24 درجه سانتیگراد می‌باشد) استفاده کنید و حجم
آب مصرفی برای برگردن چاله آزمایش را محاسبه و ثبت کنید. اگر
از ملاط یا سایر مواد استفاده شود این مقدار مساوی حجم چاله
آزمایش می‌باشد چنانچه از ملاط استفاده شود حجم محاسبه شده ملاط را به
حجم آب مصرفی اضافه کنید تا حجم چاله آزمایش تعیین گردد.

۱-۱۱-۲ در صورتی که حجم آب اندازه‌گیری می‌شود تعیین حجم بصورت
زیر است :

۱-۱۱-۲-۱ حجم آب مصرفی برای برگردن صفحه پایه (فضای بین سطح خاک
و تراز آب مرجع) را محاسبه و یادداشت‌نمائید.

۱-۱۱-۳-۲ حجم آب مصرفی برای برگردن چاله آزمایش و صفحه پایه
را محاسبه و یادداشت‌نمائید.

۱-۱۱-۳-۳ حجم آب مصرفی برای برگردن چاله آزمایش را محاسبه و
ثبت کنید.

۱-۱۱-۳-۴ آب مصرفی برای برگردن چاله آزمایش را بر حسب فوت
مکعب محاسبه و ثبت کنید. در صورتی که از ملاط استفاده نشود، این
مقدار حجم چاله آزمایش می‌باشد. در صورتی که از ملاط استفاده کردد،
حجم محاسبه شده ملاط (بیند $10-9-9$ ملاحظه گردد) را به حجم آب
مصرفی اضافه کنید تا حجم چاله آزمایش تعیین شود.

۱-۱۲-۱ تعیین وزن مخصوص خشک:

۱-۱۲-۱-۱ جرم کل مصالح حفاری و ظروف را تعیین کنید.

۱-۱۲-۱-۲ جرم کل ظروف مصرفی برای نگهداری مصالح حفاری را محاسبه
و ثبت نمائید. تعداد ظروف را یادداشت‌کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۱-۱۲-۱-۳ جرم مصالح حفاری را محاسبه و یادداشت نمایید.
- ۱-۱۲-۱-۴ جرم حجمی مرطوب مصالح حفاری را محاسبه کنید.
- ۱-۱۲-۱-۵ در صورتی که درصد تراکم یا درصد دانسیته نسبی جزء کنترل مورد نیاز باشد، مصالح را با استفاده از الک شماره مناسب جدا کنید و از روند در روش B پیروی نمایید.
- ۱-۱۲-۱-۶ اگر روش B استفاده نگردد، یک نمونه درصد رطوبت معرف مصالح حفاری شده فراهم کنید. درصد رطوبت کمتر از مطابق با روش D2216 یا روش آزمایش C666 تعیین و ثبت کنید.
- توجه ۳: جهت تعیین سریع درصد رطوبت خاکهای دارای کتسور از ۱۵٪ ریزدانه (ذرات کوچکتر از الک شماره ۲۰۰) ممکن است یک منبع مناسب گرما مانند یک صفحه گرم‌گازی یا الکتریکی، استفاده گردد. در صورتی که یک منبع گرمایی دیگری به جای گرمخانه با حرارت کنترل شده استفاده می‌شود، جهت تسریع در خشک‌کردن و اجتناب از گرمای بیش از حد محلی، نمونه آزمایشی را به هم بزنید. ممکن است مصالح، بدلیل گرمای بیشتر مصالح خشک در نظر گرفته شوند، یا باعث کمتر از ۱٪ درصد اضافی ضایعات جرم گردد.
- ۱-۱۲-۱-۷ دانسیته خشک و وزن مخصوص خشک مصالح را محاسبه و ثبت نمایید.
- ۱-۱- روش B - دانسیته در محل و وزن مخصوص جزء کنترل
- ۱-۱-۱ این روش زمانی که درصد تراکم یا درصد دانسیته نسبی جزء کنترل مورد نیاز باشد استفاده می‌گردد (۱-۴ ملاحظه گردد)
- ۱-۱-۲ دانسیته مرطوب کل مصالح را در محل، بوسیله روش زیر بدست آورید. که برای روش A، در بند (۱-۳) تا (۱-۱۲-۱-۴) بیان شده است.
- ۱-۱-۳ برای بدست آوردن دانسیته مرطوب جزء کنترل، جرم و حجم ذرات فوق اندازه را تعیین کنید و از جرم کل و حجم کل کم کنید تا جرم و حجم جزء کنترل بدست آید. دانسیته جزء کنترل را از جرم و حجم این جزء محاسبه نمایید.
- ۱-۱-۴ بصورت معمولی دانسیته مرطوب جزء کنترل تعیین می‌گردد و دانسیته خشک آن با استفاده از درصد رطوبت جزء کنترل محاسبه می‌شود.
- ۱-۱-۲-۲ علاوه، درصد رطوبت ذرات فوق اندازه، درصد رطوبت کل مصالح و درصد ذرات فوق اندازه، ممکن است تعیین شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۴-۱۱ پس از بدست آوردن جرم مرطوب کل مصالحی که از چاله آزمایش برداشته می‌شود، مصالح با استفاده از الک خاصی به جزء گنتسورل و ذرات فوق اندازه تقسیم می‌گردند. این کار را بسرعت انجام دهید تا تلفات رطوبت کم باشد. اگر آزمایشی برای کنترل ساخت باشد، چسبزه کنترل را برای آزمایشهای بعدی در یک ظرف عایق در برابر هوا قرار دهید.

۵-۱۱ ذرات فوق اندازه را بشوئید و آب آزاد روی سطح این ذرات بوسیله خشک کردن، زهکشی یا یکروش مشابه کاهش دهید.

۶-۱۱ جرم مرطوب ذرات فوق اندازه بعلاوه ظرف از پیش تعیین جرم شده را تعیین نموده و ثبت کنید.

۷-۱۱ جرم مرطوب ذرات فوق اندازه را محاسبه و یادداشت نمایید.

۸-۱۱ جرم مرطوب جزء کنترل را محاسبه و ثبت کنید.

۹-۱۱ حجم ذرات فوق اندازه را با استفاده از یک مقدار چگالی ویژه این ذرات محاسبه و یادداشت نمایید. در صورتی که آزمایشهای قبلی برای چگالی ویژه ذرات فوق اندازه از یک منبع خاص انجام شده است و مقدار آن بطور نسبی ثابت است ممکن است چگالی ویژه فرض شود. در غیر این صورت یک نمونه معرفه فراهم نمایید و چگالی ویژه را مطابق با روش آزمایش C۱۲۷ تعیین کنید بجز اینکه خشک کردن گرمخانه‌ای و دوره خیساندن ۲۴ ساعتی استفاده نمی‌شود. چگالی ویژه بسیار وابسته به شرایط رطوبت ذرات فوق اندازه در هنگام اندازه گیری جرمشان می‌باشد. در صورت استفاده از این روش آزمایش، چگالی ویژه باید روی ذرات فوق اندازه در شرایط مرطوب، مطابق بندهای ۱۱-۵ تا ۱۱-۷ تعیین گردد. اگر چگالی ویژه در این خشک شده یا اشباع با سطح خشک استفاده می‌شود آنگاه جرم ذرات فوق اندازه برای این روش را به ترتیب روی مصالح خشک شده در اونی یا SSD تعیین نمایید.

۱۰-۱۱ حجم جزء کنترل را محاسبه و ثبت کنید.

۱۱-۱۱ دانسیته مرطوب جزء کنترل را محاسبه نمایید.

۱۲-۱۱ درصد رطوبت جزء کنترل را مطابق روش آزمایشی C۵۶۶ یا روش D۲۲۱۶ (توجه ۲ ملاحظه گردد) تعیین و ثبت گردد.

۱۳-۱۱ دانسیته خشک و وزن مخصوص خشک جزء کنترل را محاسبه و ثبت کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۱۱-۱۴ در صورت تمایل، در حد رطوبت ذرات فوق اندازه را مطابق با روش آزمایش C566 یا روش D2216 (توجه ۴ ملاحظه گردد). تعیین و یادداشت نمایید.

اگر آزمایشهای قبلی برای درصد رطوبت ذرات فوق اندازه از یک منبع خاص انجام شده است و این مقدار بطور نسبی ثابت باشد، ممکن است درصد رطوبتی فرض شود.

۱۱-۱۵ در صورت تمایل درصد ذرات فوق اندازه را تعیین کنید.

۱۱-۱۵-۱ جرم خشک جزء کنترل را محاسبه و ثبت کنید.

۱۱-۱۵-۲ جرم خشک ذرات فوق اندازه را محاسبه و ثبت کنید.

۱۱-۱۵-۳ جرم خشک نمونه کل را محاسبه و ثبت کنید.

۱۱-۱۵-۴ درصد ذرات فوق اندازه را محاسبه و ثبت کنید.

۱۱-۱۶ در صورت تمایل، درصد رطوبت کل مصالح را محاسبه و ثبت کنید.

۱۱-۱۷ در صورت تمایل، دانسیته خشک و وزن مخصوص خشک کل مصالح را محاسبه و ثبت کنید.

۱۲- محاسبات - گروه A

۱۲-۱ جرم آب مصرفی برای پر کردن چانه آزمایش و صفحه پایه را به صورت زیر محاسبه کنید:

$$M_0 = M_1 - M_2 \quad (1)$$

که در آن:

M_0 = جرم آب مصرفی برای حجم صفحه پایه و چانه آزمایش بر حسب پوند (کیلوگرم)

M_1 = جرم آب و ظروف برای صفحه پایه و چانه آزمایش (قبل از آزمایش)، پوند (کیلوگرم) و

M_2 = جرم آب و ظروف برای حجم صفحه پایه و چانه آزمایش (بعد از آزمایش)، پوند (کیلوگرم)

۱۲-۲ جرم آب مصرفی برای پر کردن صفحه پایه را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$M_6 = M_7 - M_2 \quad (2)$$

که در آن:

M_6 = جرم آب برای حجم صفحه پایه، پوند (کیلوگرم)

M_7 = جرم آب و ظروف برای حجم صفحه پایه (قبل از آزمایش)، پوند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

(کیلوگرم) و

M_f = جرم آب و ظروف برای حجم صفحه پایه (بعد از آزمایش)، پوند (کیلوگرم)

۳-۱۲ محاسبه جرم آب مصرفی برای پر کردن چانه آزمایش بصورت زیر است:

$$M_Y = M_5 - M_f \quad (3)$$

که در آن:

M_Y = جرم آب در چانه آزمایش، پوند (کیلوگرم)

M_5 = جرم آب مصرفی برای حجم چانه آزمایش و صفحه پایه، پوند (کیلوگرم)

M_f = جرم آب برای حجم صفحه پایه، پوند (کیلوگرم)

۳-۱۲ محاسبه حجم آب مصرفی برای پر کردن چانه آزمایش بصورت زیر است:
جرم آب اندازه گیری شده:

$$V_f = M_Y / P_w \quad (\text{اینچ} - \text{پوند}) \quad (4a)$$

$$V_f = (M_Y / P_w) / 1000 \quad (\text{SI}) \quad (4b)$$

که در آن:

V_f = حجم آب در چانه آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب)

M_Y = جرم آب در چانه آزمایش، پوند (کیلوگرم) و

P_w = دانسیته آب، پوند بر فوت مکعب (گرم بر سانتیمتر مکعب)
یا: حجم آب اندازه گیری شده:

$$V_f = V_f \times 0.13368 \quad (\text{اینچ} - \text{پوند}) \quad (5a)$$

$$V_f = V_f / 1000 \quad (\text{SI}) \quad (5b)$$

که در آن:

V_f = حجم آب در چانه آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب)

V_f = حجم آب در چانه آزمایش، گالن (لیتر) برابر است با $V_f - V_1$

V_1 = حجم آب مصرفی برای پر کردن چانه آزمایش و صفحه پایه، گالن (لیتر)

V_f = حجم آب مصرفی برای پر کردن صفحه پایه، گالن (لیتر)

0.13368 = ثابت تبدیل گالن به فوت مکعب

1000 = ثابت تبدیل لیتر به متر مکعب.

۵-۱۲ محاسبه حجم ملاط بصورت زیر است:

$$V_5 = M_{11} / P_m \quad (6)$$

که در آن:

V_5 = حجم ملاط در چانه آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

M_{11} = جرم ملاط در چاله آزمایش، پوند (کیلوگرم) و
 P_m = جرم جسی ملاط، پوند بر فوت مکعب (مگا گرام بر متر مکعب)
 ۶-۱۲ محاسبه حجم چاله آزمایش بصورت زیر است:

$$V_6 = V_4 + V_5 \quad (7)$$

یا در صورتی که ملاط مصرف نشود:

$$V_6 = V_4 \quad (8)$$

که در آن:

V_6 = حجم چاله آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب)

V_4 = حجم آب در چاله آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب)

V_5 = حجم ملاط در چاله آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب)

۷-۱۲ محاسبه جرم مصالح مرطوب برداشته شده از چاله آزمایش بصورت زیر است:

$$M_{10} = M_8 - M_9 \quad (9)$$

که در آن:

M_{10} = جرم مصالح مرطوب برداشته شده از چاله آزمایش، پوند (کیلوگرم)

M_8 = جرم مصالح مرطوب برداشته شده از چاله آزمایش علاوه جرم ظروف، پوند (کیلوگرم) و

M_9 = جرم ظروف برای M_8 ، پوند (کیلوگرم).

۸-۱۲ محاسبه دانسیته مرطوب مصالح حفاری شده از چاله آزمایش بصورت زیر است:

$$P_{wet} = M_{10} / V_6 \quad (\text{اینچ-پوند}) \quad (10a)$$

$$P_{wet} = (M_{10} / V_6) / 1000 \quad (SI) \quad (10b)$$

که در آن:

P_{wet} = دانسیته مرطوب مصالح حفاری شده از چاله آزمایش، پوند بر فوت مکعب (مگاگرم بر متر مکعب)

M_{10} = جرم مصالح برداشته شده از چاله آزمایش، پوند (کیلوگرم)

V_6 = حجم چاله آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب)

۹-۱۲ محاسبه دانسیته خشک مصالح حفاری شده از چاله آزمایش بصورت زیر است:

$$P_d = P_{wet} / (1 + W/100) \quad (11)$$

که در آن:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

P_d = دانسیته خشک مصالح حفاری شده از چاله آزمایش، پوند بر فوت مکعب
(مگاگرم بر متر مکعب)

P_{wet} = دانسیته مرطوب مصالح حفاری شده از چاله آزمایش، پوند بر فوت مکعب
(مگاگرم بر متر مکعب)

W = درصد رطوبت مصالح حفاری شده از چاله آزمایش، %

۱۰-۱۲ محاسبه وزن واحد حجم خشک مصالح حفاری شده از چاله آزمایش به صورت زیر است:

$$\%d = P_d \times (1 \text{ پوند جرمی} / 1 \text{ پوند نیرو}) \quad (12a)$$

که در آن:

$\%d$ = وزن مخصوص خشک مصالح حفاری شده چاله آزمایش، پوند نیرو بر فوت مکعب
(کیلو نیوتن بر متر مکعب)

P_d = دانسیته خشک مصالح حفاری شده چاله آزمایش، پوند جرمی بر فوت مکعب
(مگاگرم بر متر مکعب)

فرض کنید در سیستم اینچ-پوند، یک پوند نیرو = یک پوند جرمی

$$\%d = P_d \times 9/8.07 \quad (SI) \quad (12b)$$

که در آن:

$9/8.07$ = ثابت تبدیل مگاگرم به کیلو نیوتن

۱۱-۱۲ در صورت تمایل، تبدیل وزن مخصوص خشک در واحدهای اینچ-پوند به واحدهای SI بصورت زیر است:

(۱۳) وزن مخصوص بر حسب پوند بر فوت مکعب = وزن مخصوص بر حسب کیلو نیوتن بر متر مکعب $\times 0.1571$

که در آن:

0.1571 = ثابت تبدیل پوند بر فوت مکعب به کیلو نیوتن بر متر مکعب

۱۳- محاسبات روش B:

۱-۱۳ جرم مرطوب ذرات فوق اندازه را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$M_{12} = M_{12} - M_{13} \quad (13)$$

که در آن:

M_{12} = جرم مرطوب ذرات فوق اندازه، پوند (کیلوگرم)

M_{12} = جرم مرطوب ذرات فوق اندازه و ظرف، پوند (کیلوگرم) و

M_{13} = جرم ظرف، پوند (کیلوگرم)

۲-۱۳ جرم مرطوب جزء کنترل را بصورت زیر محاسبه کنید:

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

$$M1A = M10 - M14 \quad (15)$$

که در آن:

- $M1A$ = جرم مرطوب جزء کنترل، پوند (کیلوگرم)
- $M10$ = جرم مصالح مرطوب برداشته از چاله آزمایش، پوند (کیلوگرم) و
- $M14$ = جرم مرطوب ذرات فوق اندازه، پوند (کیلوگرم)
- ۳-۱۳ حجم ذرات فوق اندازه را بر اساس چگالی ویژه حقیقی بصورت زیر محاسبه کنید:

$$Vos = M14 / Gm \quad (16a) \quad \left(\frac{2}{3} \text{ پوند بر فوت مکعب} \right)$$

$$Vos = [M14 / Gm \quad (\text{گرم بر سانتیمتر مکعب})] / 1000 \quad (SI) \quad (16b)$$

که در آن:

- Vos = حجم ذرات فوق اندازه، فوت مکعب (متر مکعب)
- $M14$ = جرم مرطوب ذرات فوق اندازه، پوند (کیلوگرم)
- Gm = چگالی ویژه ذرات فوق اندازه
- $2/3$ پوند بر فوت مکعب = دانسیته آب
- ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب = دانسیته آب
- $1/1000$ = ثابت تبدیل گرم بر سانتیمتر مکعب به کیلوگرم بر متر مکعب
- ۳-۴ حجم جزء کنترل را بصورت زیر محاسبه نمایند:

$$Vc = V\phi - Vos$$

که در آن:

- Vc = حجم جزء کنترل، فوت مکعب (متر مکعب)
- $V\phi$ = حجم چاله آزمایش، فوت مکعب (متر مکعب) و
- Vos = حجم ذرات فوق اندازه، فوت مکعب (متر مکعب)
- ۳-۵ دانسیته مرطوب جزء کنترل را بصورت زیر محاسبه نمایید:

$$Pwet(c) = M1A / Vc \quad (17a) \quad \left(\frac{2}{3} \text{ پوند} \right)$$

$$Pwet(c) = (M1A / Vc) / 1000 \quad (SI) \quad (17b)$$

که در آن:

- $Pwet(c)$ = جرم حجمی مرطوب جزء کنترل، پوند بر فوت مکعب (کیلوگرم بر متر مکعب)
- $M1A$ = جرم مرطوب جزء کنترل، پوند (کیلوگرم)
- Vc = حجم جزء کنترل، فوت مکعب (متر مکعب)
- ۳-۶ دانسیته خشک جزء کنترل را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$Pd(c) = Pwet(c) / (1 + Wf/100) \quad (19)$$

$Pd(c)$ = دانسیته خشک جزء کنترل، پوند بر فوت مکعب (مگاگرم بر متر مکعب)
 $Pwet(c)$ = دانسیته مرطوب جزء کنترل، پوند بر فوت مکعب (مگاگرم بر متر مکعب)

Wf = درصد رطوبت جزء کنترل، بر حسب درصد

۱۳-۲ وزن مخصوص خشک جزء کنترل را بصورت زیر محاسبه نمایند.

$$\gamma_d(c) = Pd(c) \times (1 + \frac{Wp}{100}) \quad (20a)$$

در سیستم اینچ-پوند، Wp پوند نیرو و 1 پوند جرمی در نظر بگیرید.

$$\gamma_d(c) = Pd(c) \times 9/8.07 \quad (SI) \quad (20b)$$

که در آن:

$9/8.07$ = ثابت تبدیل مگاگرم به کیلو نیوتن.

$\gamma_d(c)$ = وزن مخصوص خشک جزء کنترل، پوند بر فوت مکعب (کیلو نیوتن بر متر مکعب) و

$Pd(c)$ = دانسیته خشک جزء کنترل، پوند بر فوت مکعب (کیلو نیوتن بر متر مکعب).

۱۳-۸ در صورت تمایل، وزن مخصوص خشک را با استفاده از معادله ۱۳ از واحدهای اینچ-پوند به واحدهای SI تبدیل نمایید.

۱۳-۹ جرم خشک جزء کنترل را بصورت زیر محاسبه نمایید:

$$M19 = M18 / (1 + Wf/100) \quad (21)$$

که در آن:

$M19$ = جرم خشک جزء کنترل، پوند (کیلوگرم)

$M18$ = جرم مرطوب جزء کنترل، پوند (کیلوگرم)

Wf = درصد رطوبت جزء کنترل، بر حسب درصد

۱۰-۱۳ جرم خشک ذرات فوق اندازه را به نحو مناسبی با استفاده از عبارات زیر محاسبه نمایید.

$$M17 = M15 - M10 \quad (22a)$$

$$M17 = M12 / (1 + Wos/100) \quad (22b)$$

که در آن:

$M17$ = جرم خشک ذرات فوق اندازه، پوند (کیلوگرم)

$M10$ = جرم مصالح مرطوب برداشته شده از چانه آزمایش، پیوند (کیلوگرم)

$M12$ = جرم مرطوب ذرات فوق اندازه، پوند (کیلوگرم)

$M15$ = جرم خشک ذرات فوق اندازه و ظروف، پوند (کیلوگرم)

Wos = درصد رطوبت ذرات فوق اندازه، بر حسب درصد

۱۱-۱۳ جرم خشک نمونه کل را بصورت زیر محاسبه کنید:

$$M20 = M19 + M17 \quad (23)$$

که در آن:

$M20$ = جرم خشک نمونه کل (جزء کنترل بعلاوه ذرات فوق اندازه)، پوند

(کیلوگرم)

$M19$ = جرم خشک جزء کنترل، پوند (کیلوگرم)

$M17$ = جرم خشک ذرات فوق اندازه، پوند (کیلوگرم)

۱۲-۱۳ درصد ذرات فوق اندازه را بصورت زیر محاسبه نمایید.

$$\text{درصد فوق اندازه} = (M17/M20) \times 100 \quad (24)$$

که در آن:

$M17$ = جرم خشک ذرات فوق اندازه، پوند (کیلوگرم)

$M20$ = جرم خشک نمونه کل (جزء کنترل بعلاوه ذرات فوق اندازه)، پوند

(کیلوگرم)

۱۳-۱۳ درصد رطوبت مصالح کل را بصورت زیر محاسبه نمایید:

$$W = (M10 - M20) / M20 \quad (25)$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

که در آن:

$W =$ درصد رطوبت مصالح حفاری از چاله آزمایش %

$M1 =$ جرم مصالح مرطوب بر داشته از چاله آزمایش، پوند (کیلوگرم)

$M2 =$ جرم خشک سوننه کل (جزء کنترل بعلاوه ذرات فوق اندازه)، پوند

(کیلوگرم)

۱۳-۱۴ دانسیته خشک و وزن مخصوص خشک مصالح کلا با استفاده از معادلات

۱۰a و ۱۳b محاسبه نمایند.

۱۳-۱۵ در صورت نیاز، وزن مخصوص خشک بر حسب واحدهای انیچ- پوند را

با استفاده از معادله ۱۳ به واحدهای SI تبدیل کنید.

۱۴- گزارش:

۱-۱۴ اطلاعات زیر را گزارش کنید:

۱-۱-۱۴ محل آزمایش،

۲-۱-۱۴ ارتفاع محل آزمایش،

۳-۱-۱۴ حجم حفره آزمایش،

۴-۱-۱۴ دانسیته مرطوب در محل، دانسیته مرطوب کل، یا جزء کنترل یا

هر دو،

۵-۱-۱۴ دانسیته خشک در محل، دانسیته خشک کل، یا جزء کنترل یا هر

دو،

۶-۱-۱۴ وزن مخصوص خشک در محل، وزن مخصوص خشک کل، یا جزء کنترل یا هر دو،

۷-۱-۱۴ درصد رطوبت در محل و درصد رطوبت کل یا جزء کنترل یا هر دو،

و روش (روشهای) استفاده شده برای آزمایش

۸-۱-۱۴ شرح دستگاه آزمایش

۹-۱-۱۴ توضیحات روی آزمایش، بصورت قابل اجرا

۱۰-۱-۱۴ تشریح نظری مصالح

۱۱-۱-۱۴ چگالی ویژه حقیقی و روش آزمایش مورد استفاده و

۱۲-۱-۱۴ درصد ذرات فوق اندازه، در صورت لزوم.

۱۵ - دقت و خطا

۱-۱۵ تاکنون دقت و خطای این روش آزمایش تعیین نشده است. روش

کاملی بدست نیامده است که مقادیر مطلق دانسیته و وزن مخصوص در

محل را بدست بدهد تا بتواند در مقابل روشهای آزمایش مقایسه گردد.

تغییر پذیری مصالح و طبیعت متغیر این روشهای آزمایش اجازه تهیه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نسخه ای تکراری از موارد مورد نیاز نتایج آزمایش را نمره‌دهد تا ارزیابی آماری خوبی برای خطاء انجام شود.

(ضمیمه)

اطلاعات ضروری

A1 - راهنمایی‌هایی برای حفره آزمایش یا ابعاد آزمایش و انتخاب تجهیزات.

A1 - 1 این ضمیمه شامل راهنمایی برای انتخاب ابعاد حفاری و شروع تجهیزات که بکار می‌روند بر اساس حداکثر اندازه ذره موجود (یا جزء کنترل) که آزمایش می‌شود، می‌باشد.

این راهنمایی‌ها، روشهای این آزمایش، و روش آزمایش D4914 یا هر دو را بکار می‌برد. این راهنمایی‌ها در جداول A1-1 تا A1-2 داده شده است. A1-2 این راهنمایی‌ها بر اساس تهیه یک نمونه معرف از مصالح آزمایش شده و شرایط کاری عملی می‌باشد. جهت بحث کردن از شکل و ابعاد چاله‌های آزمایش، و برای حداقل حجم حفاری، ضمیمه X1 را ملاحظه فرمائید.

A1-3 راهنمایی‌های نشان داده شده در جدول A1-1، برای چاله آزمایش از نوع A و B را شامل می‌شود (شکل A1-1). معمولاً این چاله‌های آزمایش برای مصالح بدون زهکشی آزاد هستند و برای مصالح غیر چسبنده‌ای که دانه‌بندی و زوایای ذرات آن طوری باشد که امکان دهد دیواره‌های جدار حفاری تقریباً بصورت قائم بایستند.

A1-4 راهنمایی‌های نشان داده شده در جدول A1-2 چاله آزمایش نوع C را شامل می‌شود (شکل A1-1). این نوع چاله آزمایش وقتی نوع A و B نتوانند حفر شوند، می‌تواند حفاری گردد. بدین علت، شیب دیواره‌های کناری، بسیار صافتر خواهد بود، که تقریباً زاویه خواب مصالح خواهد بود.

A1-5 این راهنمایی‌ها فقط وقتی قابلیت اجرایی دارند که محدودیت‌های بیان شده در بند A1-5 و A1-6 برای مصالح ناپایدار یا نرم وجود داشته باشد.

جدول A1-1 انواع چاله آزمایش A و B (شکل A1-1 را ملاحظه فرمایید)

ابزار آزمایش و حداقل حجم حفاری

حداقل عمق ابزار و سوراخ حداقل حجم لازم حداکثر اندازه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

لازم (اینچ) B	صفحه پایه پیشنهادی	فوت مکعب (ذره) (اینچ) A			
18	قاب مربعی ۱۲۲ اینچ	۱/۰	۳		
۱۲	قاب مربعی ۱۳۰ اینچ	۲	۵		
۲۴	حلقه به قطر ۴ فوت	۸	۸		
۲۴	حلقه به قطر ۶ فوت	۲۷	۱۲		
۲۶	حلقه به قطر ۹ فوت	۹۰	۱۸		

در موردی که حداکثر اندازه ذره خیلی بزرگتر از ۱۸ اینچ باشد، بر اساس بخش به بخش تعیین گردد.

A : حداکثر اندازه ذره موجود در مصالح کلیاً حداکثر اندازه ذره جزء کنترل در صورتی که به وزن مخصوص کل در محل و ایستگاه نباشد.
 B : وقتی که از ابزار و سوراخ صفحه پایه پیشنهادی استفاده کرد این شق برای بدست آوردن حداقل حجم مورد نیاز مصالح لازم است.
 جدول A1 - ۲ چانه آزمایش نوع C (شکل A1 - ۱ ملاحظه گردد)
 ابزار آزمایش و حداقل حجم حفاری

قطر تقریبی حفره		حداقل عمق ابزار و سوراخ		حداقل حجم لازم		حداکثر اندازه حفاری (اینچ)	
		مورد نیاز		صفحه پایه		(فوت مکعب) ذره	
		B (اینچ)		پیشنهادی		A (اینچ)	

۳۰	۱۰	قاب مربعی ۱۲۲ اینچ	۱/۰	۳	
۲۵	۱۲	قاب مربعی ۱۳۰ اینچ	۲	۵	
۵۴	۱۸	حلقه به قطر ۱۶۲ اینچ	۸	۸	

در موردی که حداکثر اندازه ذره خیلی بزرگتر از ۸ اینچ باشد باید بر اساس بخش به بخش تعیین شود.

A : حداکثر اندازه ذره موجود در مصالح کلیاً حداکثر اندازه ذره جزء کنترل در صورتی که به وزن مخصوص کل در محل و ایستگاه نباشد.
 B : وقتی که از ابزار و سوراخ صفحه پایه پیشنهادی استفاده کرد این عمق برای بدست آوردن حداقل حجم مورد نیاز مصالح لازم است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

جدول ۱۸-۳. معادل‌های متری برای جدول A1 - A1a - ۲

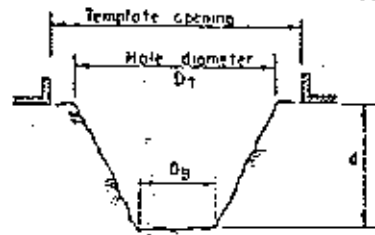
اینچ	میلیمتر
۳	۷۵
۵	۱۲۵
۸	۲۰۰
۱۰	۲۵۰
۱۲	۳۰۰
۱۸	۴۵۰
۲۲	۶۰۰
۳۰	۷۵۰
۳۳	۸۲۵
۳۵	۸۷۵
۳۶	۹۰۰
۴۰	۱۰۰۰
۵۴	۱۳۵۰
۶۲	۱۵۵۰
فوت	متر
۲	۱/۲
۶	۱/۸
۹	۲/۷
فوت مکعب	متر مکعب
۱/۰	-/۰۳
۲	-/۰۶
۸	-/۲۲
۲۷	-/۷۶
۹۰	۲/۵۵

TYPICAL FOR:

- 20mb Sand cone
- 24 and 30 inch Square frame
- 4ft Diameter ring

$$\text{Vol} = \frac{d}{3} (B+C+VBC)$$

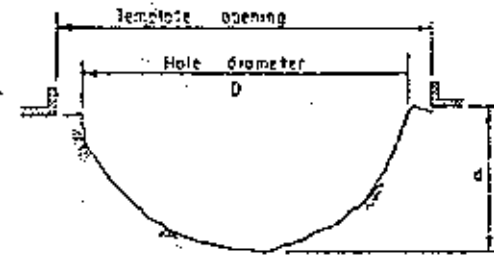
B = Area of top = $\frac{\pi}{4} D_1^2$
 C = Area of bottom = $\frac{\pi}{4} D_2^2$



TYPICAL FOR:

- 6 ft and 9 ft Diameter ring

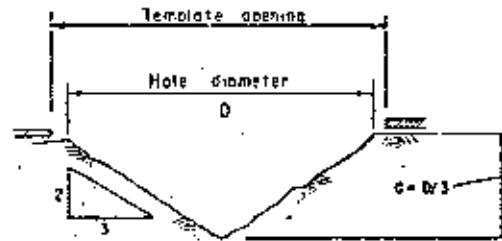
$$\text{Vol} = \frac{\pi}{24} d (30^2 + 4d^2)$$



TYPICAL FOR:

- Cohesionless Soils
- worst case

$$\text{Vol} = \frac{\pi}{24} D^2 d$$



شکل A1 - 1 - تصویر چانه آزمایش

ضمیمه

(اطلاعات غیر اجباری)

X1 - RATIONAL

X1 - 1 حجم لازم حفاری

X1 - 1 - حداقل حجم حفاری نشان داده شده در جدول A1 - (A1) - 2 برای فراهم کردن یک نمونه معرف از مصالح آزمایش شده مورد نیاز می باشد. برای این روش آزمایش یک نمونه معرف بر اساس جرم لازم برای فراهم نمودن یک آنالیز دانسیته از خاک، در حدود دقت محدوده های خاصی می باشد.

برای خاکهای با حداکثر اندازه ذره 3 اینچ (75 میلیمتر)، جرم لازم (و حجم) برای نمونه بر اساس 10 برابر جرم حداکثر اندازه ذره می باشد.

این درصد، دانسیته را با دقت 1 درصد نتیجه می دهد.

برای خاکهای با حداکثر اندازه ذره بزرگتر از 3 اینچ جرم لازم برای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

نمونه بر اساس ۴ برابر جرم حداکثر اندازه ذره می‌باشد. این درصد دانه بندی را با دقت $2/5$ درصد نتیجه می‌دهد. این حجمها بعنوان نمونه‌ای از حجم‌های مورد استفاده در عمل پیشنهاد شده‌اند.

XI-۲- نوع و ابعاد تجهیزات

XI-۲-۱ انواع اصلی ابزار مورد استفاده جهت تعیین وزن مخصوص در محل، وسیله مخروط - ماسه‌ای، بالن لاستیکی، قاب فلزی مربعی شکل، و حلقه فلزی می‌باشد. هر نوعی فقط برای ابعاد حفاری خاصی عملی می‌باشد. وسیله مخروط ماسه‌ای فقط برای قطر حفره آزمایش، با اندازه حدوداً " ۲۰ اینچ (۵۰۰ میلیمتر) کاربرد دارد. زیرا مشکل فیزیکی در حمل انواع بزرگتر وجود دارد.

قاب مربعی، از حدود ۱۸ اینچ (۴۵۰ میلیمتر) تا مربع حدود ۳۶ اینچ (۹۰۰ میلیمتر) کاربرد است. ساختن قابهای مربعی از صفحه پایه دایروی ساده‌تر می‌باشد.

حلقه‌هایی بعنوان صفحه پایه برای حفاری چاه‌های آزمایش برگزیده می‌شوند که قطرشان بزرگتر یا مساوی ۳ فوت (۰/۹ متر) باشد زیرا قابهای مربعی لازم است سخت باشند و می‌توانند سنگین‌تر باشند و بسیار مشکل‌تر نسبت به صفحات پایه دایره‌ای حمل شوند. بعلاوه آراستن حفاری با گوشه‌ها مشکل می‌باشد زیرا باعث وجود درازت با ابعاد بزرگتر در مصالح، یک قاب مربعی بزرگتر از ۳۳ اینچ (۸۴۵ میلیمتر) مورد نیاز می‌باشد. پوشش برای روش جانبجایی ماسه باید حدود ۰/۵ میلیمتر ضخامت، و برای روش جانبجایی آب باید حدود ۴ تا ۶ میلیمتر ضخامت داشته باشد. جمع شدن یک پوشش با ضخامت ۴ تا ۶ میلیمتر در گوشه‌های قاب مربعی شکل ممکن است موجب نتایج نادرستی در اندازه‌گیری حجم گردد.

XI-۲-۲ ابعاد صفحه پایه و ابزار، نشان داده شده در جدول A1-1 و A1-2، جهت تهیه حجمی حدوداً " معادل حجم لازم، انتخاب شده است. مادامی که حداقل حجم حفاری مصالح بتواند تهیه گردد سایر ابعاد نیز ممکن است (برای مثال، قاب مربعی ۲۷ اینچ) استفاده شود.

XI-۳- حداقل حجم آزمایش:

XI-۳-۱ در جدول A1-۲ حداقل حجم بدست آمده از طریق چاه آزمایش با استفاده از صفحه پایه نشان داده شده و حداقل عمق لازم بر اساس فرضیات زیر می‌باشد:

XI-3-1- در مصالح حفاری شده‌ای که بصورت غیر اتفاقی شامل مقدار زیادی ذرات با اندازه حداکثر باشد، ذرات با این اندازه را جدا کنید.

XI-3-2- خواه صفحه پایه مربع باشد خواه دایره‌ای، حفاری اساساً در پلان دایره‌ای می‌باشد زیرا ممکن است وجود ذرات با اندازه حداکثر مانع حفر گوشه‌ها گردد.

XI-3-3- دیواره‌های اطراف شیبدار خواهند بود. مواجه شدن با ذرات حداکثر در دیواره‌ها طواف در حین حفاری مستلزم کاهش قطر حفاری خواهد بود.

برای ذره با اندازه حداکثر ۳ اینچ، مصالح زیادی می‌تواند در یک شیب افق به قائم ۱ به ۳ یا شیب تندتر حفر شود، در حالی که برای ذرات با اندازه‌های حداکثر ۵ و ۸ اینچ (۱۲۵ و ۲۰۰ میلیمتر) دیواره‌های اطراف می‌تواند با شیب افق به قائم ۱ به ۲ یا شیب تندتر حفر شود.

XI-3-4- قطر حفاری کوچکتر از سوراخ صفحه پایه خواهد بود چرا که ممکن است درست‌تر صفاحه پایه یک‌دوره بزرگ باشد. جهت جلوگیری از پیش آمدگی در حفاری، این ذرات نباید برداشته شوند، مگر آنکه آنها بیشتر از دوسوم قطرشان، در داخل حفاری بیرون زده باشند.

XI-3-5- برای حفر مصالح دارای حداکثر اندازه ذره بزرگتر از ۸ اینچ (۲۰۰ میلیمتر) حجم قسمت حفر شده بصورت مخروط ناقص نشان داده شده در شکل A1-1 پذیرفته می‌گردد. قطر حفاری معادل قطر صفحه پایه منتهی‌ای حداکثر اندازه ذره فرض می‌شود.

XI-3-6- برای حفر مصالح دارای حداکثر اندازه ذرات ۱۲ اینچ و بزرگتر، حجم حفاری بصورت یک قطعه کره فرض می‌شود. قطر حفاری معادل قطر صفحه منتهی‌ای دو سوم حداکثر اندازه ذره پذیرفته می‌شود.

XI-3-7- در جدول (A1-3) حداقل حجم، مخروطی نشان داده شده در شکل (A1-1) با عمق حفاری معادل حدوداً یک سوم قطر حفره فرض شده است. برای مصالح غیر چسبنده و بطور نسبی با دانه بندی یکنواخت در بدترین وضعیت، فرض می‌شود که شیب دیواره‌ها و اطراف نمی‌تواند بیشتر از زاویه ایستایی مصالح باشد.

XI-3-8- بر اساس این فرضیات حداقل حجم حفاری نشان داده شده در جدول A1-1 و A1-2 بطور محافظه کارانه می‌باشد. دیواره‌های با شیب

تندتر یا حفره‌های آزمایش با قطر بزرگتر حجم‌های بزرگتری را نتیجه می‌دهد. در این حالات یک دستگاه کوچکتر از آنچه در جداول A1 - A و A2 - A نشان داده شده ممکن است استفاده شود. اگر یک‌جمله آزمایش امتحانی حفر شود، می‌توان نشان داد که دستگاه کوچکتر می‌تواند حداقل حجم لازم را فراهم نماید. اگر چه هرگز عمق حفر شده نباید کوچکتر از یک سوم قطر حفره باشد. حجم این حفاری باید ۵۰ برابر بزرگتر از حجم حداکثر اندازه ذره باشد و قطر حفره باید حداقل ۴ برابر بزرگتر از حداکثر قطر ذره باشد.

XI - ۲ متوسط جایابی

XI - ۲-۱ در مورد صفحه پایه نشان داده شده در جداول A1 - A و A2 - A، جایابی ماسه با استفاده از یک وسیله "ریختن ماسه" که برای قابلهای مربعی بزرگتر از ۳۳ اینچ (۸۷۵ میلی‌متر)، و جایابی آب‌برای حلقه‌های با قطر بزرگتر یا مساوی ۴۰ اینچ (۱۰۰۰ میلی‌متر)، عملی به نظر می‌رسد.

XI - ۲-۲ اگر از ابعاد دیگری استفاده شود، ممکن است روش جایابی ماسه، در مورد قابلهای مربعی بزرگتر از ۳۶ اینچ (۹۰۰ میلی‌متر) عملی باشد در حالی که جایابی آب برای حلقه‌های با قطر بزرگتر یا مساوی ۳۶ اینچ (۹۰۰ میلی‌متر) بسیار کاربردی‌تر می‌باشد.

یک سوراخ ۳۶ اینچی (۹۰۰ میلی‌متری)، تقریباً "حد ابعادی است که بتوان در حالی که خارج از صفحه پایه استفاده ایم، ماسه را بطور پیوسته و یکنواخت داخل قسمت حفر شده بریزیم."

XI - ۵ - عمق حفاری

XI - ۵-۱ در مورد مصالح با حداکثر اندازه ذره ۵ اینچ (۱۲۵ میلی‌متر) یا کمتر، عمق حفاری در جدول A1 - A در افزایشهای ۶ اینچ (۱۵۰ میلی‌متر) می‌باشد، در حالی که خاکهای چسبنده معمولاً در لایه‌های با حداکثر نسبت ضخامت ۶ اینچ (۱۵۰ میلی‌متر) متراکم می‌شوند. حداقل عمق ۱۲ اینچ (۳۰۰ میلی‌متر) می‌باشد بطوریکه حداقل دو لایه را برای تعیین شامل می‌شود. اگر تعیین وزن مخصوص در محل برای مصالح درجا انجام گیرد حداقل

عمق نشان داده شده، برای بدست آوردن حداقل حجم لازم می باشد.
عمقهای بیشتر، نه ضرورتاً " افزایشهای ۶ اینچ (۱۵۰ میلیمتر) ممکن است
استفاده شود.

XI-5-2 ممکن است عمقهای کمتر برای مصالح در جا استفاده شود، اما
فقط قطر حفاری بزرگتر است بطوریکه حداقل حجم مصالح، بدست می آید.
ممکن است انجام آزمایش برای لایه های مصالح رسوبی با ضخامت محدود
لازم باشد.

XI-5-3 برای مصالح در جدول A1-1 با حداکثر اندازه ذرات ۱۲ اینچ
(۳۰۰ و ۳۰۰ میلیمتر) حداقل عمق حفاری خواسته شده ۲۴ اینچ (۶۰ میلیمتر)
نشان داده شده است.

تقریباً اینکه این خاکها به صورت طبیعی در لایه های ۱۲ اینچ (۹۰۰ میلیمتر)
قرار می گیرند. برای مصالح با حداکثر اندازه ذره ۱۸ اینچ (۴۵۰ میلیمتر)،
حداقل عمق ۳۶ اینچ (۹۰۰ میلیمتر) برای بدست آوردن حجم لازم، ضروری
می باشد.

XI-5-4 در جدول A1-2 حداقل عمقهای حفاری معادل حدوداً " یک سوم
قطر حفاره ای می باشد که قبلاً" بحث شده ارتفاع بالای حفاری باید بگونه ای
باشد که معرف لایه آزمایش شده باشد.

روش استاندارد آزمایش تعیین شاخص مقاومت بار نقطه‌ای سنگ (ASTM: D 5731-95)

۱- هدف

این روش آزمایش شامل راهبردها، ملزومات و روشهای تعیین شاخص مقاومت بار نقطه‌ای سنگ می‌باشد. نمونه‌های مغزه‌ای، بلوکی یا کلوخه‌ای سنگ را می‌توان با این روش آزمایش نمود. به دلیل قابل حمل بودن دستگاه می‌توان این آزمایش را در صحرا یا آزمایشگاه انجام داد. این یک آزمایش شاخص است و برای طبقه‌بندی و تعیین خصوصیات سنگ استفاده می‌گردد.

۱-۲- این روش آزمایش در مورد سنگهای سخت کاربرد دارد (مقاومت فشاری بالای ۱۵ مگاپاسکال یا ۲۲۰۰ پوند بر اینچ مربع یا ۱۵۳ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع).

۱-۳- مقادیر در سیستم SI به عنوان استاندارد پذیرفته می‌شوند.

۱-۴- این استاندارد تمام موارد ایمنی را که ممکن است لازم باشد تفهیم نمی‌کند و این به عهده استفاده کننده از استاندارد است که موارد کامل ایمنی و بهداشتی را رعایت کرده و قبل از آزمایش قابلیت کاربرد و حدود تنظیم شده را مشخص نماید.

۲- مدارک مرجع

۱-۲- استانداردهای ASTM

D6۵۳، لغات و اصطلاحات مربوط به خاک و سنگ و درصد آب نمونه.

D۲۲۱۶، روش آزمایشگاهی تعیین درصد رطوبت خاک و سنگ.

D۲۹۳۸، روش تعیین مقاومت فشاری تک محوری مغزه‌های سنگ بکر.

۳- اصطلاحات

۳-۱- تشریح اصطلاحات مربوط به این آزمایش

۳-۲- شاخص مقاومت بار نقطه‌ای: یک مشخصه مقاومتی است (بند ۹-۱ را ببینید) که با قراردادن نمونه سنگ تحت

یک بار افزایشی متمرکز تا لحظه شکست نمونه بوسیله یک جفت فک مخروطی به دست می‌آید.

۴- خلاصه‌ای از روش انجام آزمایش

۴-۱- این آزمایش شاخص، با قراردادن نمونه تحت یک بار افزایشی متمرکز تا لحظه شکست انجام می‌گیرد. بار متمرکز تک محوری توسط فکهای مخروطی شکل اعمال می‌شود. بار در لحظه شکست، جهت تعیین شاخص مقاومت بار نقطه‌ای و برآورد مقاومت فشاری تک محوری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵- اهمیت و کاربرد

۵-۱- آزمایش فشاری تک محوری (روش استاندارد $D2938$) برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری نمونه سنگ استفاده می‌گردد، ولی این آزمایش گران و وقت‌گیر است و نیاز به آماده‌سازی نمونه دارد. در مواقعی که آزمایشات متعدد برای کسب اطلاعات اولیه و مقدماتی نیاز است، به جای این آزمایش می‌توان از آزمایشهای جایگزین همانند آزمایش بار نقطه‌ای در صحرا استفاده کرد تا زمان و هزینه آزمایش مقاومت فشاری کاهش یابد.

۵-۲- آزمایش مقاومت بار نقطه‌ای به عنوان یک آزمایش شاخص مقاومتی برای طبقه‌بندی ماده سنگ استفاده می‌گردد. نتایج آزمایش نباید به منظور طراحی و یا تجزیه و تحلیل استفاده گردد.

۵-۳- این آزمایش برای تعیین شاخص بار نقطه‌ای نمونه سنگی ($Is(50)$) به کار برده می‌شود. همچنین برای تعیین شاخص ناهمسانگردی مقاومت بار نقطه‌ای ($Iu(50)$) که عبارتست از نسبت مقاومت‌های بار نقطه‌ای روی محورهای مختلف که حداکثر و حداقل مقدار را دارند نیز به کار می‌رود.

۵-۴- نمونه‌های سنگی چه به شکل مغزه (آزمایش قطری و محوری)، چه به شکل بلوک (آزمایش بلوکی) و چه کلوخه‌ای نامنظم (آزمایش کلوخه‌ای) با استفاده از بار متمرکزی که توسط یک جفت فک مخروطی اعمال می‌شود، مورد آزمایش قرار می‌گیرند. در این آزمایش آماده‌سازی نمونه بسیار مختصر و یا اصلاً مورد نیاز نیست.

۶- تجهیزات

۶-۱- کلیات: یک ماشین بار نقطه‌ای (شکل ۱)، شامل سیستم بارگذاری (مثل جک بارگذاری)، فکها، سیستم اندازه‌گیری بار (P) (بار مورد نیاز برای شکستن نمونه) و وسیله‌ای برای اندازه‌گیری جابجایی بین دو رأس فکها (D) می‌باشد. تجهیزات باید نسبت به ضربه و لرزش مقاوم باشند تا دقت قرائتها تحت تأثیر منفی تکرار آزمایش قرار نگیرد.

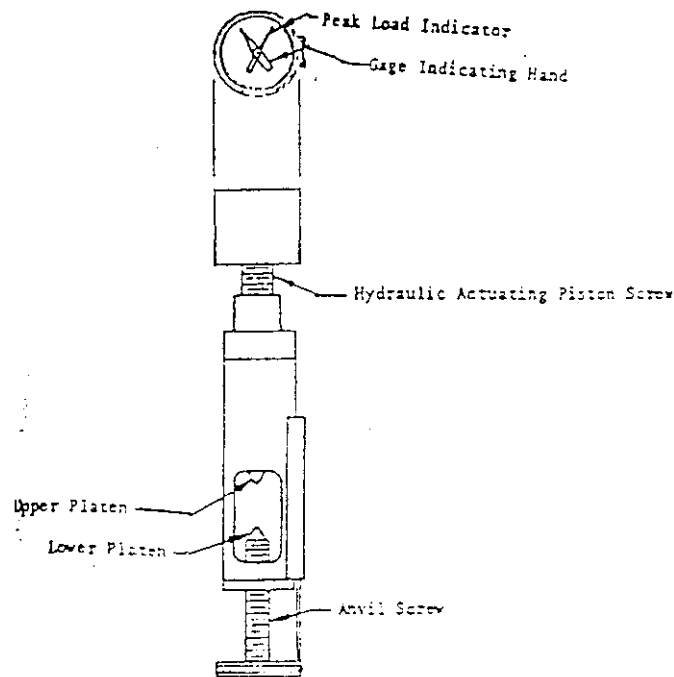


FIG. 1 An Example of a Loading System (The Point Load Strength Index Test)

۲-۶- سیستم بارگذاری

۱-۲-۶- سیستم بارگذاری شامل یک جک بارگذاری به همراه فکهایی قابل تنظیم است که امکان انجام آزمایش روی نمونه‌های سنگی با ابعاد مختلف را فراهم می‌سازد. عموماً این محدوده بین ۳۰ تا ۸۵ میلیمتر است و بنابراین فاصله برای نمونه‌های کوچک و بزرگ، قابل تنظیم است.

۲-۲-۶- ظرفیت بارگذاری باید برای شکستن بزرگترین و مقاومترین نمونه‌ها کافی باشد.

۳-۲-۶- ماشین آزمایش باید طوری طراحی و ساخته شود که در صورت تکرار اعمال بار حداکثر، دچار تغییر شکل دائمی نشده و محدودیت فکها در طول آزمایش تا $\pm 0.2\%$ میلیمتر حفظ شود. در این سیستم اجازه استفاده از نشیمنگاه گرد یا سایر اجزاء غیر صلب داده نمی‌شود. ضروری است که صلیبیت سیستم بارگذاری در مواقعی که نمونه‌های با شکل هندسی نامنظم مورد آزمایش قرار می‌گیرند، از لغزش جلوگیری کند.

۴-۲-۶- فکه‌های مخروطی مورد استفاده در آزمایش در شکل (۲) نشان داده شده است. دو فک که زاویه مخروطی ۶۰ درجه و شعاع انحنا ۵ میلیمتر دارند باید با یکدیگر مماس شوند. فکه‌ها باید از ماده‌ای با سختی $HRC 58$ مثل کاربید تنگستن یا فولاد سخت باشند تا در حین آزمایش آسیبی نبینند.

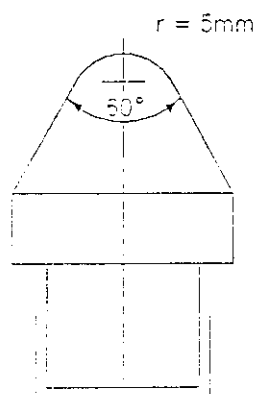


FIG. 2 Platen Dimensions (Point Load Strength Index Test)

۳-۶- سیستم اندازه گیری بار

۳-۶-۱- در طول شکستن نمونه یک سیستم اندازه گیری بار مثل *Load cell* یا گیج فشار هیدرولیکی برای اندازه گیری بار لحظه شکست مورد نیاز می باشد. سیستم باید مطابق با بند ۳-۶-۲ تا ۳-۶-۴ باشد.

۳-۶-۲- اندازه گیری بار لحظه شکست (P) باید با دقتی معادل $\pm 0.5\%$ صورت گیرد و یا بهتر است با توجه به ابعاد و مقاومت نمونه از سیستم اندازه گیری با مقیاس کامل (*full-scale*) استفاده شود.

۳-۶-۳- شکست اغلب به طور ناگهانی اتفاق می افتد و برای ثبت بار شکست در هر آزمایش نیاز به یک عقربه نشان دهنده بار حداکثر می باشد.

۳-۶-۴- سیستم باید این قابلیت را داشته باشد که بتوان با توجه به مقاومت برآورده شده برای سنگ وسایل اندازه گیری را تعویض نمود (معمولاً مقاومت بار نقطه‌ای به مقدار زیادی کمتر از مقاومت فشاری سنگ است).

۴-۶- سیستم اندازه گیری جابجایی

۴-۶-۱- این سیستم که ممکن است ورنیه یا مقیاس فرائت مستقیم باشد به جک بارگذاری وصل می شود تا فاصله بین دو فک را با توجه به بندهای ۴-۶-۲ و ۴-۶-۳ اندازه گیری کند.

۴-۶-۲- اندازه گیری D با توجه به ابعاد و مقاومت نمونه آزمایش با دقتی معادل $\pm 0.2\%$ فاصله بین فکها انجام می گیرد.

۴-۶-۳- وسیله اندازه گیری باید درحالتیکه فکها به هم مماس هستند مقدار صفر را نشان دهد. در اینصورت دستگاه تنظیم است.

۴-۶-۴- وسیله‌ای مثل کولیس یا خط کش فولادی برای اندازه گیری عرض نمونه (W) با دقت $\pm 0.5\%$ در موافقیکه آزمایش

قطری انجام می‌گیرد لازم است.

۵-۶- اقلام مختلف: اره الماسی، قلم یا اسکنه، پارچه حوله‌ای، مداد و کاغذ.

۷- نمونه‌های آزمایش

۷-۱- نمونه‌گیری: نمونه‌های سنگی براساس نوع سنگ و مقاومت تخمینی گروه‌بندی می‌شوند. اگر نمونه‌ها مغزه‌ای یا بلوکی باشند حداقل ۱۰ نمونه انتخاب می‌گردد. در مورد نمونه‌های با شکل نامنظم حداقل ۲۰ نمونه آزمایش می‌شود. برای رسیدن به طبقه‌بندی دقیقتر نمونه‌های مغزه‌ای پیشنهاد می‌گردد.

۷-۲- ابعاد: ابعاد نمونه‌ها نباید کمتر از ۳۰ میلیمتر و بیشتر از ۸۵ میلیمتر باشد و ابعاد پیشنهادی حدود ۵۰ میلیمتر است.

۷-۳- شکل و اندازه: شکل و اندازه نمونه برای آزمایش قطری، محوری، بلوکی یا کلوخه‌ای باید مطابق آنچه در شکل (۳) آمده است باشد. جوانب نمونه باید از نامنظمی‌های شدید که ایجاد تمرکز تنش می‌کند عاری باشد. در این آزمایش آماده‌سازی نمونه ضروری نیست.

۷-۴- درصد رطوبت: با استفاده از روش آزمایش D_{2216} درصد رطوبت هر نمونه پس از آزمایش محاسبه می‌گردد. چراکه مقدار آن روی مقاومت بار نقطه‌ای تأثیر دارد.

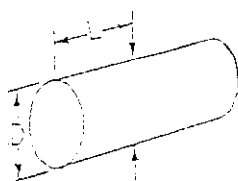
۷-۵- نمونه‌های علامتگذاری و اندازه‌گیری شده: نمونه‌ها باید کاملاً علامتگذاری و اندازه‌گیری شوند.

۷-۵-۱- علامتگذاری: جهت دلخواه بارگذاری توسط خطوط تیره روی نمونه علامتگذاری مشخص می‌شود. این خطوط برای قرار دادن مرکز نمونه در دستگاه کاربرد دارد. از این خطوط همچنین به عنوان خطوط مرجع برای اندازه‌گیری ضخامت و قطر نمونه استفاده می‌گردد.

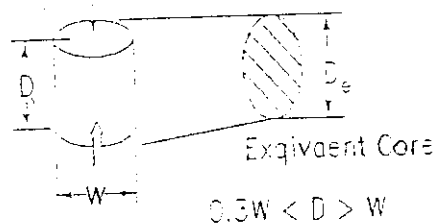
۷-۵-۲- اندازه‌گیری: اندازه‌گیری هر بعد نمونه در سه موقعیت مختلف انجام شده و میانگین آنها محاسبه می‌گردد.

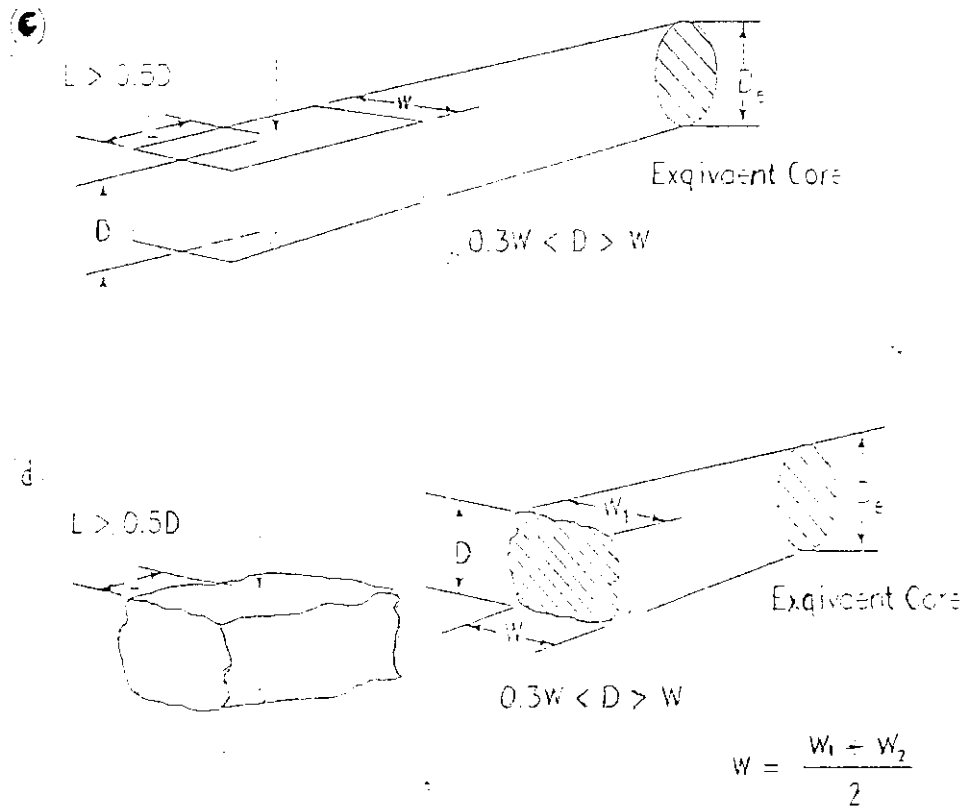
(a)

$$L > 0.5D$$



(b)





NOTE—Legend: L = length, W = width, D = depth or diameter, and D_e = equivalent core diameter (see 9.1).

FIG. 3 Load Configurations and Specimen Shape Requirement for (a) the Diametral Test, (b) the Axial Test, (c) the Block Test, and the Irregular Lump Test

۸- روش انجام آزمایش

۸-۱- آزمایش قطری

۸-۱-۱- نمونه‌های مغزه‌ای با نسبت طول به قطر بزرگتر از یک برای آزمایش قطری مناسب هستند.

۸-۱-۲- نمونه را داخل دستگاه قرار دهید و فکها را ببندید تا در امتداد قطر با نمونه تماس برقرار کنند. مطمئن شوید که

فاصله (L) بین نقاط اتصال فکها به نمونه تا نزدیکترین انتهای آزاد آن حداقل ۵/۰ برابر قطر مغزه باشد. (شکل ۳-ا)

۸-۱-۳- مقادیر D و L را اندازه‌گیری و یادداشت کنید. (شکل ۳)

۸-۱-۴- بار را به طور پیوسته افزایش دهید، بطوریکه نمونه در مدت ۱۰ تا ۶۰ ثانیه بشکند. بار لحظه شکست P را

یادداشت کنید. اگر سطح شکست فقط از یک نقطه بارگذاری (نوک فک) بگذرد نتیجه آزمایش مردود می‌باشد. (شکل ۳-د)

۸-۱-۵- روش ارائه شده در بندهای ۸-۱-۲ تا ۸-۱-۴ برای تمام نمونه‌های سنگی تکرار می‌شود.

۸-۲- آزمایش محوری

۸-۲-۱- نمونه‌های مغزه‌ای با نسبت طول به قطر $\frac{1}{3}$ تا ۱ برای آزمایش محوری مناسب هستند. (شکل ۳-b) نمونه مناسب را می‌توان توسط اَره یا اسکنه برش داد و آماده کرد.

۸-۲-۲- نمونه را در داخل ماشین آزمایش قرار دهید و فکها را طوری ببندید که عمود بر سطح انتهایی نمونه باشد. (در مورد سنگهای همسانگرد در امتداد محور مغزه است، اما در مورد سنگهای ناهمسانگرد به بند ۸-۴ رجوع شود).

۸-۲-۳- فاصله بین نقاط تماس فکها (D) را اندازه‌گیری کنید (شکل ۳). عرض نمونه در جهت عمود بر محور بارگذاری (W) را نیز با دقت ± 5 درصد اندازه‌گیری کنید.

۸-۲-۴- به آرامی بار را افزایش دهید، بطوریکه نمونه در مدت ۱۰ الی ۶۰ ثانیه بشکند و بار لحظه شکست (P) را ثبت کنید. اگر سطح شکست تنها از یک نقطه بارگذاری گذشته باشد باید آزمایش را تکرار کرد. (شکل ۴-c)

۸-۲-۵- مراحل ۸-۲-۲ تا ۸-۲-۴ را برای سایر نمونه‌ها نیز تکرار کنید.

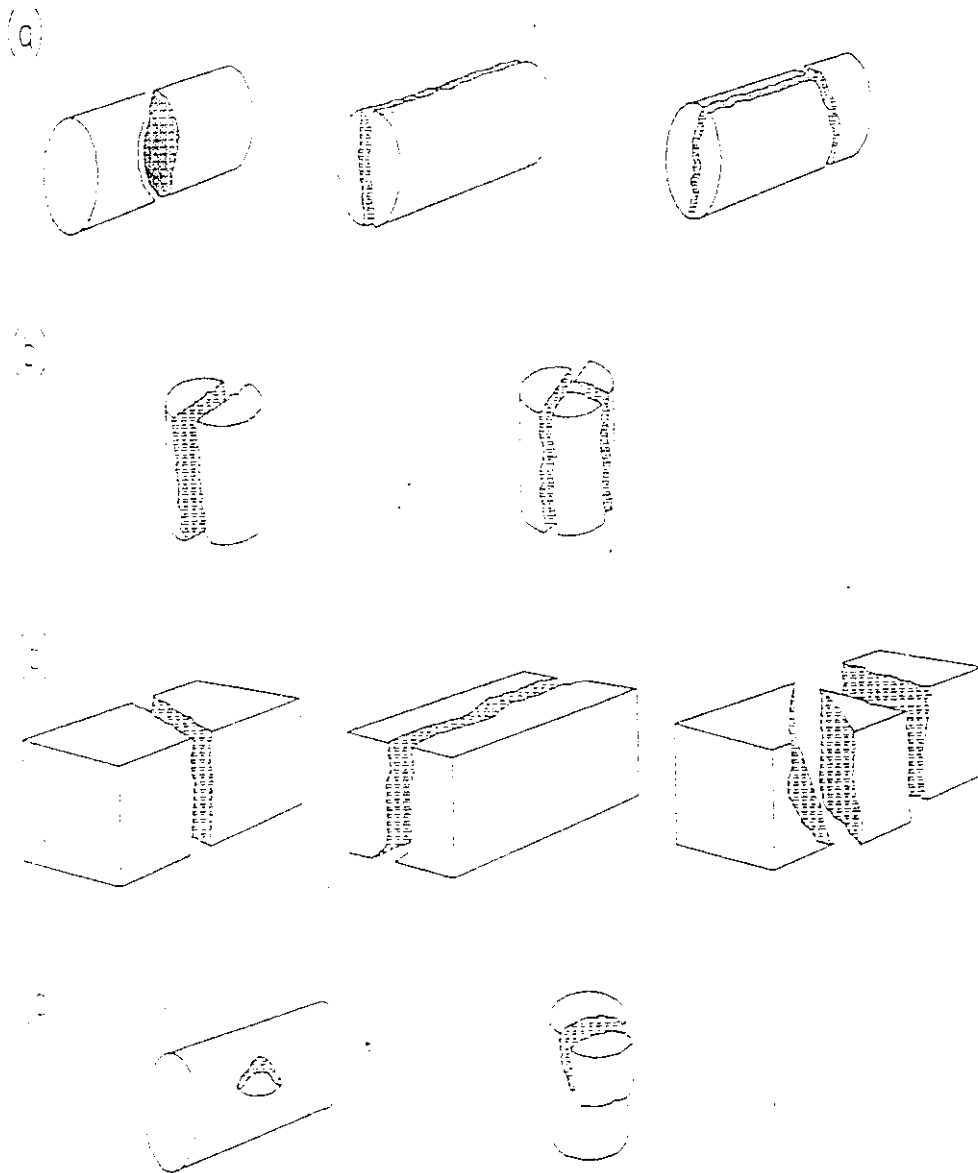
۸-۳- آزمایش نمونه‌های بلوکی و کلوخه‌ای

۸-۳-۱- بلوکها یا کلوخه‌های نامنظم سنگی از ۳۰ تا ۸۵ میلیمتر به طوری که در شکلهای (۳-c) و (۳-d) نشان داده شده است برای آزمایش بلوکی و کلوخه‌ای مناسب هستند. نسبت $\frac{D}{W}$ باید بین $\frac{1}{3}$ تا ۱ و ترجیحاً یک باشد. فاصله (L) باید حداقل $5W/5$ باشد.

۸-۳-۲- نمونه را در ماشین آزمایش گذاشته و فکها را طوری می‌بندیم که با کمترین بعد نمونه تماس حاصل کند و از لبه‌ها یا گوشه‌ها دور باشد. (شکل ۳-c و ۳-d)

۸-۳-۳- فاصله بین نقاط اتصال فکها (D) را یادداشت کنید. کوچکترین بعد بلوک یا کلوخه (W) را در جهت بارگذاری اندازه‌گیری کنید. اگر سطوح موازی نباشند، W را از رابطه $(W_1 + W_2)/2$ مطابق شکل (۳) بدست آورید. این عرض (W) برای محاسبه شاخص مقاومت بار نقطه‌ای بدون توجه به حالت واقعی شکست به کار می‌رود. (اشکال ۳ و ۴)

۸-۳-۴- بار را به آرامی اضافه کنید، بطوریکه شکست در مدت ۱۰ الی ۶۰ ثانیه اتفاق بیفتد و بار شکست (P) را یادداشت کنید. اگر سطح شکست فقط از یک نقطه بارگذاری عبور کند آزمایش را باید تکرار کرد (به مثالهای شکل (۴-d) و (۴-c) توجه کنید).



NOTE—(a) Valid diametral tests, (b) valid axial tests, (c) valid block tests, (d) invalid core test, and (e) invalid axial test (point load strength index test).

FIG. 4 Typical Modes of Failure for Valid and Invalid Tests

۸-۳-۵- مراحل ۸-۳-۲ تا ۸-۳-۴ را برای سایر نمونه‌ها نیز تکرار کنید.

۸-۴- سنگ ناهمسانگرد

۸-۴-۱- وقتی در یک نمونه سنگ حالت‌های شیلی، لایه‌ای، شیبستوز یا سایر ناهمسانگردی‌ها قابل رؤیت باشد، آزمایش باید در جهاتی که بیشترین و کمترین مقاومت را دارد انجام شود و به طور کلی در جهت موازی و عمود بر سطوح ناهمسانگرد صورت گیرد.

۸-۴-۲- اگر نمونه شامل مغزه‌های گرفته شده از سطوح ضعیف باشد ابتدا ممکنست یک سری آزمایش قطری انجام شود و سپس با حفظ فواصل قطعات شکسته شده می‌توان آزمایش محوری نیز انجام داد.

۸-۴-۳- بیشترین مقاومت وقتی بدست می‌آید که محور مغزه عمود بر سطوح ضعیف باشد، بنابراین در صورت امکان مغزه باید در این جهت گرفته شود. زاویه بین محور مغزه و خط عمود بر راستای حداقل مقاومت نباید از 30° تجاوز کند.

۸-۴-۴- برای اندازه‌گیری اندیس مقاومت بار نقطه‌ای (I_s) در راستای حداقل مقاومت، مطمئن شوید که بار در امتداد سطح ضعیف اعمال می‌گردد. همینطور برای آزمایش در جهت بزرگترین مقاومت، مطمئن شوید که جهت اعمال بار عمود بر جهت حداقل مقاومت باشد.

۸-۴-۵- اگر نمونه بلوکی یا کلوخه‌ای نامنظم باشد، دو سری آزمایش انجام می‌گیرد. یکی عمود بر سطوح ضعیف و دیگری در راستای سطوح ضعیف. در این مورد نیز مقاومت حداقل موقعی به دست می‌آید که شکستن در طول یک صفحه ضعیف منفرد اتفاق بیفتد.

۸-۵- اگر فکها به مقدار قابل ملاحظه‌ای داخل نمونه نفوذ کنند، بعد D که باید وارد محاسبات مقاومت بار نقطه‌ای گردد به مقدار D تغییر می‌یابد که در لحظه شکست اندازه‌گیری می‌شود و کمتر از مقدار اولیه پیشنهاد شده در (۸-۱-۳)، (۸-۲-۳) و (۸-۳-۳) می‌باشد. در مواقعی که نمونه بزرگ یا مقاوم باشد، خطا در مقدار فرضی D نسبت به مقدار واقعی قابل صرف نظر است. بعد در لحظه شکست، ممکن است همیشه جایگزین مقدار اولیه گردد و به آن ترجیح داده شود.

۸-۶- درصد رطوبت: براساس روش آزمایش $D2216$ درصد رطوبت هر یک از نمونه‌ها محاسبه و گزارش می‌گردد (بند ۱۰ ملاحظه گردد).

۹- محاسبات

۹-۱- شاخص مقاومت بار نقطه‌ای تصحیح نشده: مقاومت بار نقطه‌ای تصحیح نشده (I_s) از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$I_s = P/De^2 \quad \text{Mpa}$$

که در آن:

P : بار لحظه شکست بر حسب نیوتن

De : قطر معادل مغزه D برای آزمایش‌های قطری (به شکل ۳ مراجعه کنید) بر حسب متر و به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$De^2 = D^2 \quad \text{برای مغزه‌ها بر حسب میلیمتر مربع یا}$$

$$De^2 = \frac{4A}{\pi} \quad \text{برای آزمایش‌های محوری، بلوکی و کلوخه‌ای بر حسب میلیمتر مربع که در آن:}$$

$$A = WD \quad \text{حدافل مساحت مقطع در نقطه تماس فکها (شکل ۳).}$$

نکته: اگر فکها به مقدار مشخصی در نمونه نفوذ کنند، مشابه حالتیکه ماسه سنگهای سست آزمایش می‌شوند، مقدار D عبارتست از مقدار نهایی فاصله نقاط بارگذاری (D'). اندازه‌گیری قطر مغزه (D) یا عرض نمونه (W) عمود بر محور بارگذاری تحت تأثیر نفوذ فکها قرار نمی‌گیرد و باید مقادیر اولیه منظور گردد. مقدار تصحیح شده De از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$De^2 = D \times D' \quad (\text{برای مغزه‌ها}) = \frac{4}{\pi} W \times D' \quad (\text{برای سایر شکلها})$$

۹-۲ ضریب تصحیح اندازه نمونه

۹-۲-۱- در آزمایش قطری، I_s به صورت تابعی از D تغییر می‌کند و در آزمایش‌های محوری و بلوکی و کلوخه‌ای به صورت تابعی از De . بنابراین برای بدست آوردن یک مقدار شاخص برای مقاومت بار نقطه‌ای جهت استفاده در طبقه‌بندی مقاومتی سنگ‌ها، یک تصحیح اندازه روی نمونه اعمال می‌گردد.

۹-۲-۲- شاخص مقاومت بار نقطه‌ای تصحیح شده ($I_s(50)$) نمونه‌های سنگی عبارتست از مقدار I_s بدست آمده از آزمایش قطری روی نمونه‌ای به قطر ۵۰ میلیمتر.

۹-۲-۳- در مواقعیکه طبقه‌بندی دقیق سنگ مورد نیاز است، بهترین روش بدست آوردن $I_s(50)$ انجام آزمایش قطری روی نمونه‌ای به قطر ۵۰ میلیمتر یا نزدیک آن است. در اینصورت تصحیح اندازه مورد نیاز نمی‌باشد. به عنوان مثال با انجام آزمایشات قطری بر روی نمونه‌های NX (با قطر مغزه برابر با ۵۴ میلیمتر)، تصحیح اندازه ضروری نمی‌باشد. اما اکثر

آزمایشات بار نقطه‌ای در حقیقت روی سایر ابعاد و قطرها صورت می‌گیرد. در این حالات تصحیح اندازه که در قسمتهای ۴-۲-۹ و ۵-۲-۹ تشریح شده است باید اعمال گردد.

۴-۲-۹- راه مناسب دیگر اعمال تصحیح اندازه عبارت است از انجام آزمایش روی نمونه هایی با D یا De های مختلف و رسم نمودار رابطه بین P و De^2 می‌باشد اگر این نمودار در هر دو محور به صورت لگاریتمی باشد رابطه به صورت خطی خواهد بود (شکل ۵).

ممکن است نقاطی که از خط راست انحراف دارند مدنظر قرار نگیرند (اگرچه نباید حذف شوند). بنابراین مقدار $I_p(50)$ مربوطه به $De^2 = 2500 \text{ mm}^2$ یا $(De = 50 \text{ mm})$ را می‌توان از طریق درونیابی بدست آورد. بدین ترتیب اندیس مقاومت بار نقطه‌ای تصحیح شده به طوری که در بند ۵-۲-۹ تشریح شده است محاسبه می‌گردد.

۵-۲-۹- وقتی که بندهای ۳-۲-۹ و ۴-۲-۹ عملی نباشند (مثلاً موقعی که مغزه‌های تک اندازه در قطری غیر از ۵۰ میلیمتر آزمایش می‌شوند و یا اگر تعداد محدودی نمونه در دسترس است)، تصحیح اندازه با استفاده از رابطه زیر انجام می‌گیرد:

$$I_s(50) = F \times I_s$$

ضریب تصحیح اندازه (F) را می‌توان از جدول شکل (۶) و یا از رابطه زیر به دست آورد:

$$F = (De/50)^{0.45}$$

در مورد نمونه‌های با قطر نزدیک به ۵۰ میلیمتر خطای ناچیزی بوجود می‌آید که می‌توان ضریب تصحیح را به جای استفاده از روش ذکر شده در شکل (۵) از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$F = \sqrt{De/50}$$

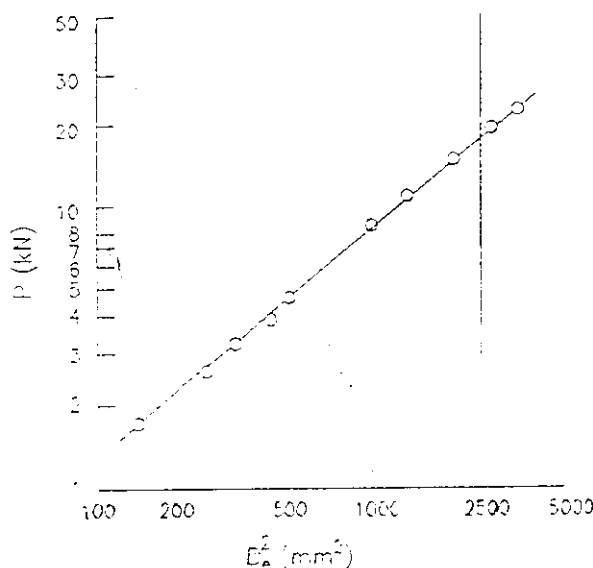


FIG. 5 Procedure for Graphical Determination of $I_{s(50)}$ from a Set of Results at D_s Values Other Than 50 mm (ISRM Suggested Methods)³

۳-۹- محاسبه مقدار میانگین

۳-۹-۱ مقدار میانگین $I_s(50)$ (به طوری که در بند ۳-۹-۲ توصیف شده) باید در موقع طبقه‌بندی نمونه‌ها با توجه به شاخصهای مقاومت بار نقطه‌ای و ناهمسانگردی مقاومت بار نقطه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۹-۲ مقدار میانگین $I_s(50)$ را باید با حذف دو مقدار حداقل و دو مقدار حداکثر از ۱۰ مورد آزمایش و سپس گرفتن معدل از سایر مقادیر به دست آورد. اگر تعداد آزمایشها کمتر باشد، فقط بالاترین و پائین‌ترین مقدار حذف شده و میانگین از سایر مقادیر باقیمانده گرفته می‌شود.

۳-۹-۴ شاخص ناهمسانگردی مقاومت بار نقطه‌ای: شاخص ناهمسانگردی مقاومت $I_a(50)$ عبارتست از نسبت میانگین $I_s(50)$ اندازه‌گیری شده در جهت عمود و موازی که از تقسیم بالاترین مقدار به کمترین مقدار مقاومت بار نقطه‌ای به دست می‌آید.

۳-۹-۵ تخمین مقاومت فشاری: مقاومت فشاری تک محوری با استفاده از شکل (۷) یا فرمول زیر برآورد می‌شود:

$$\delta_{uc} = C I_s(50)$$

که در آن:

δ_{uc} مقاومت فشاری تک محوری

C ضریبی که بستگی به رابطه خاص بین δ_{uc} و $I_s(50)$ دارد.

$I_s(50)$ شاخص مقاومت بار نقطه‌ای تصحیح شده می‌باشند.

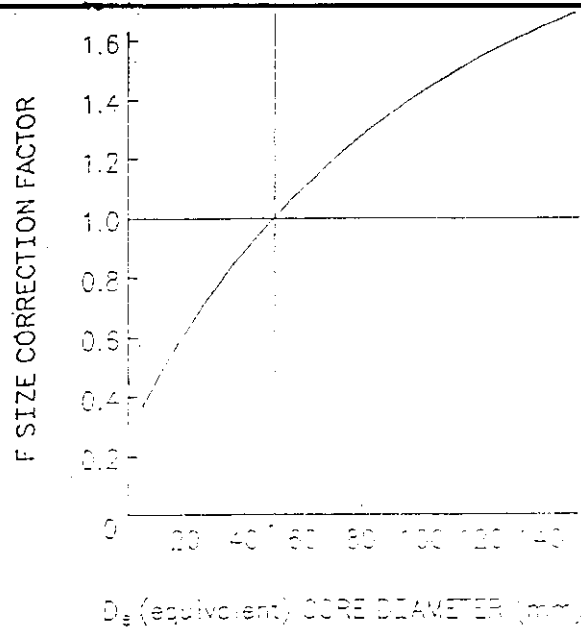
۳-۹-۵-۱ اگر مقدار دقیق C در دسترس نباشد، از مقادیر کلی C که در جدول (۱) آورده شده، استفاده می‌گردد.

اگر مقدار شاخص نمونه‌ای ۲۰ درصد زیر مقدار میانگین باشد، باید از نظر عیوب (*defects*) مورد بررسی قرار گیرد.

TABLE 1 Generalized Value of "C"⁴

Core Size, mm	Value of "C" (Generalized)
20	17.5
30	19
40	21
50	23
54	24
60	24.5

⁴ From ISRM Suggested Methods.³



6 Size Correction Factor Chart (ISRM Suggested Methods)³

۱- گزارش

۱-۱-۱۰ یک نمونه گزارش (نشان داده شده در شکل ۸) شامل موارد زیر می باشد:

۱-۱-۱-۱۰ مشخصات نمونه شامل نام نمونه، محل و در صورت امکان شرایط انبار. محل نمونه ممکن است شماره گمانه یا عمق نمونه گیری باشد.

۱-۱-۲-۱۰ توصیف فیزیکی نمونه شامل نوع سنگ، موقعیت و جهت ناپیوستگی‌ها مثل سطوح ضعیف آشکار، لایه بندی، تورق و مواد خارجی بزرگ (*Larg inclusions*) یا هرگونه غیرهمگنی.

۱-۱-۳-۱۰ تاریخ نمونه گیری و آزمایش

۱-۱-۴-۱۰ اشاره کلی به شرایط رطوبت نمونه‌ها در زمان آزمایش مثل درجه اشباع، وزن خشک شده در هوای اتاق و گرمخانه. در برخی مواقع لازم است که رطوبت واقعی طبق روش آزمایش D_{2216} محاسبه و گزارش گردد.

۱-۱-۵-۱۰ ضخامت متوسط و قطر متوسط نمونه‌های آزمایش

۱-۱-۶-۱۰ حداکثر بار اعمالی (P)

۱-۱-۷-۱۰ فاصله (D) یا (D) یا در صورت نیاز هر دو

۱-۱-۸-۱۰ جهت بارگذاری (موازی یا عمود بر سطوح ضعیف)

۱-۱-۹-۱۰ تعداد نمونه‌ها

۱-۱-۱۰-۱۰ محاسبه مقادیر شاخص مقاومت بارتقطه‌ای اصلاح نشده (Is) و اصلاح شده ($Is(50)$)

۱۰-۱-۱۱- مقدار تخمینی مقاومت فشاری تک محوری (σ_{uc})

۱۰-۱-۱۲- محاسبه مقدار شاخص ناهمسانگردی مقاومت ($I_s(50)$) و

۱۰-۱-۱۳- نوع و محل سطح شکست، شامل هرگونه عکس از نمونه قبل و بعد از آزمایش

۱۱- دقت و خطا

۱-۱۱- دقت: به خاطر طبیعت ماده سنگهای مورد آزمایش در این روش، نمونه‌هایی که دارای خواص فیزیکی یکسان

هستند برای آزمایش انتخاب نمی‌گردند. از آنجائیکه در این آزمایش نمونه تخریب می‌شود نمی‌توان آزمایشهایی با شرایط

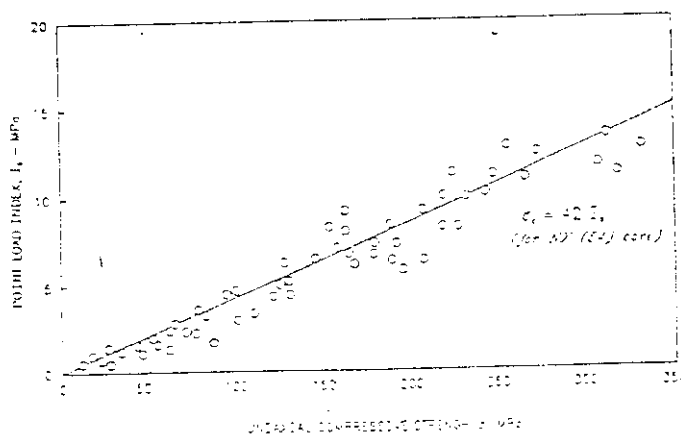
کاملاً یکسان انجام داد. بنابراین زیر کمیته $D18/12$ نمی‌تواند اختلاف بین آزمایشها را تعیین کند، چراکه این اختلافها ممکن

است در اثر تغییر شرایط نمونه و یا تغییر اپراتور یا شرایط آزمایش باشد.

۱۱-۲- خطا: برای این آزمایش مرجع قابل قبولی وجود ندارد، بنابراین نمی‌توان خطای آنرا تعیین نمود.

۱۲- واژه‌های کلیدی:

۱۲-۱- مقاومت فشاری، آزمایش شاخص، بار نقطه‌ای، سنگ



NOTE—1 MPa = 10.2 kg/cm² = 145 lb/in.² (SRM Suggested Methods)³.

FIG. 7 Relationship Between Point Load Strength Index and Uniaxial Compressive Strength

استاندارد آزمایش تعیین درصد ذرات شکسته در مصالح سنگی درشت دانه ASTM-D5821-2001

۱- هدف

۱-۱- این روش آزمایش تعیین درصد جرمی یا درصد عددی مصالح سنگی درشت دانه شکسته شده‌ای که منطبق بر شروط مشخصی باشند را در بر می‌گیرد.

۱-۲- در این استاندارد مقادیر بیان شده بر حسب واحدهای SI می‌باشند. مقادیر داخل پارانتر فقط برای اطلاع ارائه شده است.

۱-۳- در این استاندارد به همه موارد ایمنی که هنگام استفاده از این استاندارد بایستی مد نظر قرار گیرد اشاره نشده است. استفاده کننده از این استاندارد باید دستورالعمل‌های ایمنی و حفاظتی را تهیه و محدودیت‌های کاربرد آن را قبل از استفاده تعیین نماید.

۲- منابع مرجع

۱-۲- استانداردهای ASTM

C136 روش آزمایش دانه‌بندی مصالح سنگی ریزدانه و درشت دانه با الک

C702 دستورالعمل کاهش مقدار نمونه‌های صحرایی مصالح سنگی به اندازه مورد نیاز برای آزمایش

D8 اصطلاحات مربوط به مصالح مورد استفاده در راهسازی و روسازی

D75 دستورالعمل نمونه‌برداری از مصالح سنگی

E11 مشخصات الکهای سیمی مورد استفاده در آزمایشات

۳- اصطلاحات

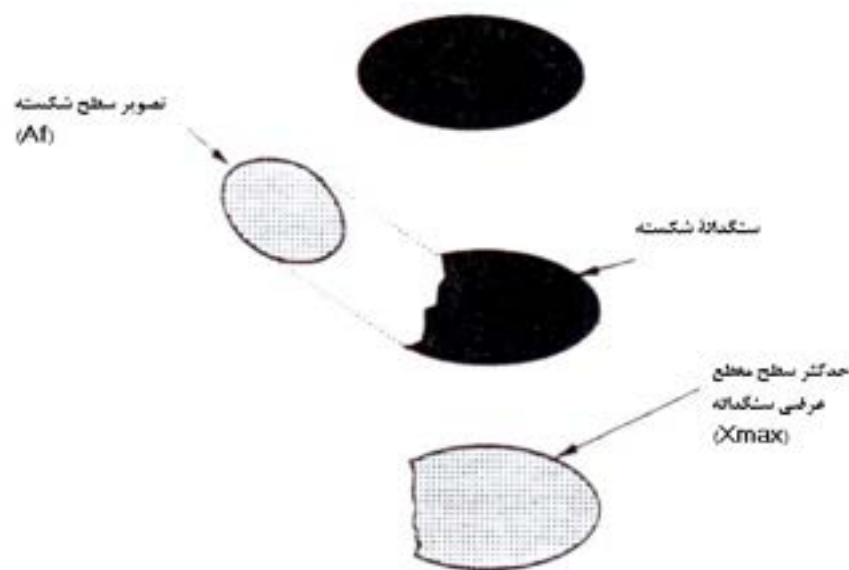
۱-۳- تعاریف:

۱-۱-۳- وجه شکسته: یک سطح گوشه‌دار، زبر یا شکسته یک سنگدانه که در اثر عملیات سنگ شکنی توسط وسایل مصنوعی یا بوسیله طبیعت ایجاد شود. (اصطلاحات استاندارد D8 را ملاحظه نمائید).

۱-۱-۱-۳- تشریح مطلب: برای این استاندارد یک وجه وقتی شکسته در نظر گرفته می‌شود که مساحت تصویر سطح مورد نظر حداقل به اندازه یک چهارم مساحت تصویر بزرگترین سطح مقطع سنگدانه بوده (حداکثر سطح

مقطع عرضی) و لبه‌های این وجه تیز و یا اندکی سائیده باشند. این شامل دندانه‌های کوچک نمی‌شود. (شکل ۱ را ببینید).

۳-۱-۲- سنگدانه شکسته: سنگدانه‌ای که حداقل کمترین تعداد سطوح شکسته مورد نظر را داشته باشد (معمولاً یک یا دو وجه).



یک سطح وقتی سطح شکسته در نظر گرفته خواهد شد که شرط $Af \geq 0.25X_{max}$ برقرار باشد
شکل ۱- شکل یک سنگدانه شکسته با یک وجه شکسته

۴- اهمیت و کاربرد

۴-۱- بعضی از مشخصات فنی در بردارنده الزاماتی برای درصد شکستگی مصالح سنگی درشت دانه می باشند. یکی از اهداف چنین الزاماتی حداکثر کردن مقاومت برشی با افزایش اصطکاک داخلی بین ذرات در مخلوط‌های مصالح سنگی غیرچسبنده یا چسبنده (اندود شده با قیر یا سیمان) می باشد. کاربرد دیگر آن تامین استحکام برای مصالح سنگی مصرفی در آسفالت سطحی و نیز افزایش اصطکاک و کیفیت بافت مصالح سنگی در رویه های روسازی می باشد. این روش آزمایش یک دستورالعمل استاندارد برای تعیین مورد قبول بودن مصالح سنگی درشت دانه با توجه به چنین شرایطی را ارائه می نماید.

۴-۲- مشخصات فنی با توجه به تعداد وجوه شکسته مورد نیاز برای یک سنگدانه شکسته با یکدیگر فرق دارند. همچنین از این نظر که که آیا درصد جرمی ذرات شکسته مورد استفاده قرار می‌گیرد یا درصد عددی آنها، با هم تفاوت دارند. اگر مشخصات فنی در موارد فوق معیاری را مشخص نکرده باشد، از معیار حداقل یک وجه شکسته و محاسبه درصد شکستگی بصورت جرمی استفاده کنید.

۵- وسایل:

۵-۱- ترازو: یک ترازوی دقیق که در محدوده اندازه‌گیری‌اش قابل قرائت تا حدود ۰/۱ درصد جرم نمونه آزمایش باشد.

۵-۲- الکها: الکهای مطابق با مشخصات E11

۵-۳- تقسیم کننده نمونه (دستگاه کوارتر): یک تقسیم کننده مناسب نمونه برای تقسیم کردن نمونه‌های صحرائی به مقدار مورد نظر برای آزمایش مطابق با دستورالعمل C702

۵-۴- کاردک: یک کاردک یا ابزار مشابه بمنظور دسته بندی کردن ذرات مصالح سنگی

۶- نمونه برداری

۶-۱- از مصالح سنگی مطابق دستورالعمل D75 نمونه برداری کنید.

۷- آماده کردن نمونه

۷-۱- نمونه را به اندازه کافی خشک کنید تا بتوان مصالح سنگی ریزدانه ودرشت دانه را طی عمل الک کردن به وضوح از یکدیگر جدا نمود. نمونه را با الک ۴/۷۵ mm (الک نمره ۴) یا با هر الکی که مشخص شده است، مطابق با روش C136 الک کنید تا از مصالح باقیمانده روی الک برای آزمایش استفاده شود. سپس قسمت باقیمانده روی الک را با استفاده از یک دستگاه تقسیم کننده مطابق دستورالعمل C702 به مقدار مناسبی برای آزمایش کاهش دهید.

۷-۲- جرم نمونه آزمایش باید حداقل به اندازه‌ای باشد که جرم درشت‌ترین دانه بیش از ۰/۱٪ جرم نمونه نباشد. و یا جرم نمونه باید حداقل برابر مقادیر ذیل باشد. از دو حالت ذکر شده کمترین مقدار ملاک عمل خواهد بود.

حداقل جرم نمونه آزمایش g (مقادیر بصورت تقریبی به پوند)	حداکثر اندازه اسمی سوراخهای مربعی الک mm (in)
۲۰۰ (۰/۵)	۹/۵ ($\frac{3}{8}$)
۵۰۰ (۱)	۱۲/۵ ($\frac{1}{2}$)
۱۵۰۰ (۳)	۱۹ ($\frac{3}{4}$)
۳۰۰۰ (۶/۵)	۲۵ (۱)
۷۵۰۰ (۱۶/۵)	۳۷/۵ ($1\frac{1}{2}$)
۱۵۰۰۰ (۳۳)	۵۰ (۲)
۳۰۰۰۰ (۶۶)	۶۳ ($2\frac{1}{2}$)
۶۰۰۰۰ (۱۳۲)	۷۵ (۳)
۹۰۰۰۰ (۱۹۸)	۹۰ ($3\frac{1}{2}$)

۳-۷- برای مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی ۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ) و بزرگتر، هنگامی که مقدار سنگدانه‌های شکسته برای مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر (الک نمره ۴) یا الک کوچکتر تعیین می‌گردد، نمونه آزمایش ممکن است روی الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) جدا شود. بخش رد شده از الک ۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ) ممکن است بعداً مطابق دستورالعمل C702 به حداقل ۲۰۰ گرم (۰/۵ پوند) کاهش داده شود. بدین ترتیب تعداد سنگدانه‌های شکسته‌ای که در حین انجام این آزمایش باید جدا شوند، کاهش می‌یابد. در این حالت درصد ذرات شکسته برای هر قسمت تعیین شده و یک درصد وزنی میانگین براساس جرم ذرات شکسته هر بخش محاسبه می‌شود تا مجموع درصد شکستگی ذرات در کل نمونه منعکس شود.

۸- روش آزمایش

۸-۱- برای حذف هرگونه مصالح ریز باقیمانده، نمونه را بر روی الکی که برای تعیین ذرات شکسته در نظر گرفته‌اید بشوید و سپس آن را تا رسیدن به یک جرم ثابت خشک کنید. جرم نمونه و هر جرم دیگر را با دقت ۰/۱ درصد جرم نمونه خشک اولیه تعیین کنید.

۸-۲- نمونه خشک شده برای آزمایش را روی یک سطح صاف و تمیز با اندازه مناسب که امکان بررسی دقیق هر ذره فراهم باشد، بگسترانید. بررسی کنید که آیا یک ذره با معیارهای شکستگی مطابقت دارد یا نه. سنگدانه را به گونه‌ای نگه دارید که وجوه آن مستقیماً در معرض دید قرار گیرد. اگر وجه دارای مساحتی برابر با حداقل یک چهارم مساحت بزرگترین مقطع عرضی سنگدانه باشد آن وجه را یک وجه شکسته در نظر بگیرید.

۸-۳- با استفاده از یک کاردک یا وسیله مشابه دیگری نمونه را به دو قسمت به شرح زیر جدا کنید:

۱- ذرات شکسته بر اساس اینکه تعداد وجوه شکسته مورد نیاز را دارا می‌باشد.

۲- ذراتی که با معیارهای مشخص شده مطابقت ندارند.

از اشکال ۲ تا ۷ برای کمک در تشخیص سنگدانه‌های شکسته استفاده کنید. توجه داشته باشید که برخی از سنگدانه‌های نشان داده شده در شکل‌های ۲ تا ۴ بیش از یک وجه شکسته دارند. اگر تعداد وجوه شکسته سنگدانه مورد نیاز در مشخصات فنی ارائه نشده باشد، تعیین درصد شکستگی براساس حداقل یک وجه شکسته انجام خواهد شد.

۸-۴- جرم یا تعداد ذراتی که در گروه ذرات شکسته قرار دارند و جرم یا تعداد ذراتی که با معیارهای مشخص شده مطابقت ندارند را تعیین کنید. برای محاسبه درصد ذرات شکسته از جرم استفاده کنید مگر اینکه درصد شکستگی بر حسب تعداد ذرات شکسته خواسته شده باشد.

۸-۵- اگر تعیین درصد شکستگی برای تعیین بیش از یک نوع شکستگی (براساس تعداد وجوه شکسته) انجام گیرد، (برای مثال ۷۰ درصد شکستگی در یک جبهه یا بیشتر و ۴۰ درصد شکستگی در دو جبهه یا بیشتر) آزمایش را برای هر نوع درصد شکستگی بر روی همان نمونه تکرار کنید.

۹- گزارش

۹-۱- درصد جرمی یا درصد عددی ذرات با تعداد وجوه شکسته مشخص را با دقت ۱ درصد طبق فرمول زیر

$$P = \left[\frac{F}{(F + N)} \right] \times 100$$

گزارش نمائید:

که در آن:

$P =$ درصد ذرات با تعداد وجوه شکسته مورد نظر.

$F =$ جرم یا تعداد ذراتی که حداقل تعداد وجوه شکسته لازم را دارند.

$N =$ جرم یا تعداد ذراتی که در گروه ذرات غیر شکسته قرار دارند و با معیارهای سنگدانه شکسته مطابقت ندارند.

۹-۲- معیار شکستگی را که نمونه براساس آن ارزیابی شده است، گزارش نمایید.

۹-۳- جرم کل نمونه مصالح سنگی درشت دانه آزمایش شده را بر حسب گرم گزارش نمایید.

۹-۴- الکی که نمونه آزمایش در ابتدای آزمایش بر روی آن باقی مانده است را گزارش نمایید.

۹-۵- مبنای تعیین درصد شکستگی با توجه به اینکه براساس جرم یا تعداد ذرات شکسته می باشد را گزارش نمایید.

۱۰- دقت و انحراف

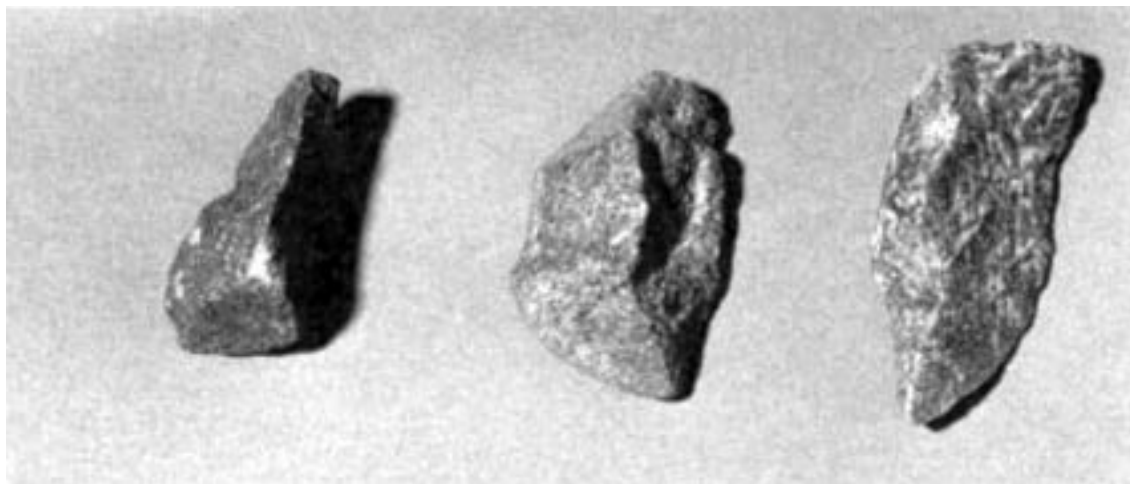
۱۰-۱- دقت: طی گزارش وزارت ترابری ایالت اونتاریو کانادا، در یک تحقیق رسمی که توسط ۳۴ اپراتور کارآموده بر روی دو نمونه شن نسبتاً شکسته (که درصد شکستگی آن تقریباً ۷۶ درصد بود) انجام گرفت انحراف استاندارد میانگین برابر ۵/۲ درصد بدست آمد. بنابراین در نوزده مورد از بیست مورد، تفاوت در نتایج دو آزمایش انجام شده توسط اپراتورهای کارآموده با مصالح یکسان نباید بیش از ۱۴/۷ درصد میانگینشان باشد.

تذکر ۱- وقتی این آزمایش توسط اپراتورهای ماهر و غیر ماهر انجام می گیرد انحراف استاندارد میانگین برابر ۷/۶ درصد می باشد.

۱۰-۲- انحراف: این روش آزمایش انحرافی ندارد زیرا که مقادیر بدست آمده فقط می تواند بر اساس اطلاعات این روش آزمایش تعیین شوند.

۱۱- لغات کلیدی

۱۱-۱- مصالح سنگی، مصالح سنگی خرد شده، شن خرد شده، ذرات خرد شده، وجوه شکسته و ذرات شکسته شده.



شکل ۲- سنگدانه شکسته (لبه‌های تیز، سطوح ناصاف)



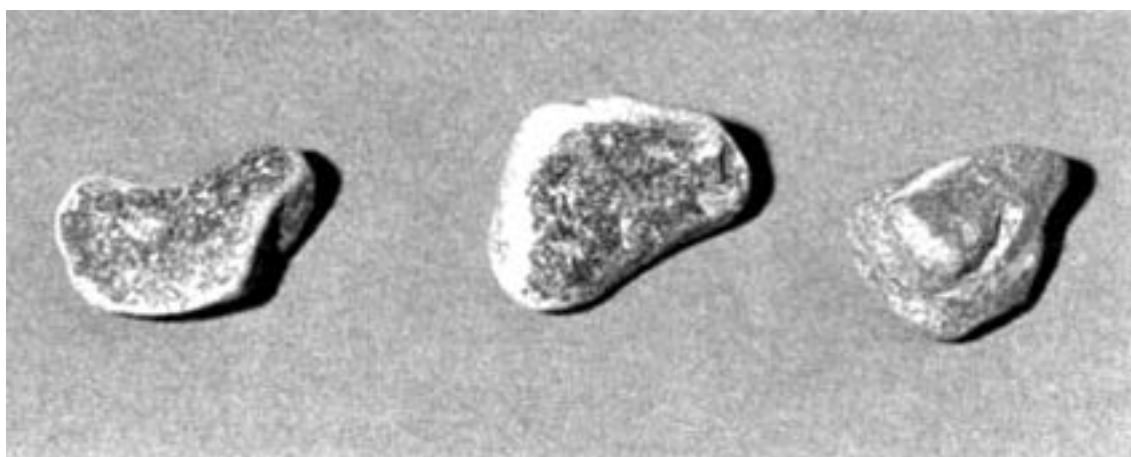
شکل ۳- سنگدانه شکسته (لبه‌های تیز، سطوح صاف)



شکل ۴- سنگدانه شکسته (لبه‌های مدور، سطوح ناصاف)



شکل ۵- یک سنگدانه شکسته در وسط و دو سنگدانه غیر شکسته در طرفین (که فقط لب پریدگی دارند)



شکل ۶- سنگدانه غیر شکسته (لبه‌های مدور، سطوح صاف)



شکل ۷- سنگدانه غیر شکسته (سنگدانه‌های گرد گوشه با سطوح صاف)

AASHTO : T ۲۷۸ - ۸۳

استاندارد ASTM: E ۳۰۳ - ۷۴

روش آزمایش استاندارد اندازه گیری خواص اصطکاکی سطح با استفاده از دستگاه آزمایش پاندول انگلیسی

۱- هدف

۱-۱) این روش شامل دستورالعمل اندازه گیری خصوصیات اصطکاکی سطح با استفاده از دستگاه آزمایش مقاومت لغزشی (سریندن) پاندول انگلیسی می باشد. روشی برای کالیبراسیون دستگاه آزمایش در ضمیمه آمده است.

۱-۲) این وسیله یک پاندول دینامیکی از انواع ضربه ایست که وقتی کناره اسلایدر لاستیکی بر روی سطح آزمایشی کشیده می شود انرژی از دست رفته را اندازه می گیرد. این دستگاه هم در آزمایشگاه و هم در محل برای سطوح صاف و اندازه گیریهای مقدار پرداخت، مورد استفاده قرار می گیرد.

۱-۳) مقدار اندازه گیری شده یا همان عدد پاندول انگلیسی^(۱)، نشان دهنده خصوصیات اصطکاکی سطوح مسطح و میزان پرداخت، نمونه های چرخ پرداخت سریع با ابزار و روشهایی که در اینجا بیان می شود می باشد و ضرورتاً با نتایج سایر اسباب اندازه گیری لغزان^(۲) ارتباط و یا هماهنگی ندارد.

۲- ابزار

۲-۱) دستگاه آزمایش پاندول انگلیسی (شکل ۱) - پاندول، اسلایدر^(۳) و پایه اسلایدر 30 ± 1500 گرم وزن دارند. فاصله مرکز ثقل پاندول از مرکز نوسان $0.2 \pm 16/2$ اینچ (5 ± 411 میلیمتر) می باشد. دستگاه آزمایش قابلیت تنظیم عمودی را دارد تا بتواند مسیر تماس لغزنده برای آزمایش روی سطوح صاف $4.7/8$ تا 5 اینچ (124 تا 127 میلیمتر) و برای آزمایش روی نمونه های چرخ پرداخت $2.15/16$ تا $3.1/4$ اینچ را (75 تا 78 میلیمتر) فراهم سازد. در شکل (۲) ترتیب اهرم و فنری را نشان می دهد که میانگین بار معمول اسلایدر به پهنای ۳ اینچ (76 میلیمتر) آن با سطح آزمایش، 100 ± 2500 گرم است. این

1 - BPN

2 - Slipperiness measuring equipment

3 - Slider

۱ - این روش با متد ASTM - E ۳۰۳ - ۷۴ یکی است با این تفاوت که اختلاف در تعداد حرکتهای آونگی مجاز و اضافه نمودن روش

دلخواه، تنظیم پهنای لغزنده دارد.

میزان از طریق روشی حاصل شده که شرح آن در ضمیمه آمده است.

۲-۲) اسلایدر - مجموعه اسلایدر شامل یک صفحه با پوشش آلومینیمی می باشد که یک نوار لاستیکی $1 \times 3 \times \frac{1}{4}$ اینچ ($25 \times 76 \times 6$ میلیمتری) برای آزمایش در سطوح مسطح و یا نوار لاستیکی $1 \times 1 \times \frac{1}{4}$ اینچی ($25 \times 25 \times 6$ میلیمتر) برای آزمایش نمونه های چرخ پرداخت تابدار به آن وصل است. لاستیک مورد نظر از لاستیک طبیعی با شرایطی است که آزمایشگاه تحقیقات راه^۱ ارائه نموده یا زرین مصنوعی است که در آشنو M ۲۶۱ تحت عنوان "تایر استاندارد برای آزمایشات خصوصیات اصطکاکی روسازی" آمده است.

۲-۲-۱) قبل از استفاده باید اسلایدرهای جدید را تنظیم کرد بدین صورت که تحت شرایط خشک، ۱۰ حرکت آونگی روی پوشش کاربرد سیلیس^۲ یا معادل آن صورت گیرد. دستگاه آزمایش تنظیم شده ای که تنظیم آن در بخش (۴) آمده حرکت های فوق را انجام خواهد داد.

۲-۲-۲) همچنانکه در شکل (۳) نشان داده شده است فرسایش لبه تماس اسلایدر نباید از $\frac{1}{8}$ اینچ ($1/6$ میلیمتر) نسبت به سطح عمود بر آن تجاوز نماید.

۲-۳) لوازم یدکی:

۲-۳-۱) دستگاه اندازه گیری مسیر تماس یک خط کش باریک است که برای اندازه گیری پهنای مسیر تماس، در فاصله بین $\frac{4}{8}$ و $\frac{5}{8}$ اینچی آن (۱۲۴ و ۱۲۷ میلیمتر) یا بین $\frac{2}{16}$ و $\frac{3}{16}$ اینچی آن (۷۵ و ۷۸ میلیمتر) که برای آزمایش خاص لازم است بصورت مناسبی علامت گذاری شده است.

۲-۳-۲) تهیه لوازم متفرقه ای نظیر ظرف محتوی آب، ترمومتر سطحی و برس توصیه می شود.

۳- نمونه آزمایشی

۳-۱) نمونه صحرایی - سطوح آزمایشی صحرایی باید عاری از ذرات سست باشد و با آب تمیز شسته شود. سطح آزمایش لازم است عمودی باشد بطوریکه با استفاده از پیچهای تنظیم بتوان دستگاه را در وضعیت کاری تراز نمود و سر بان دول با سطح تماس داشته باشد.

۳-۲) نمونه آزمایشگاهی - نمونه های آزمایشگاهی باید محکم نگه داشته شوند تا در اثر نیروی بان دول جابجا نشوند.

۱ - گیلز، سی. جی. سابی، باربارا رای، و کاردن کی، دبلو، اف، مساحت و کار با دستگاه آزمایش کننده سبار مقاومت لغزشی، مقاله فنی و

بزهشی راه شماره ۶۶ آزمایشگاه تحقیقات راه، دپارتمان تحقیقات علمی و صنعتی انگلستان، ۱۹۶۴.

۲ - مصالحي که برای این مقصود مناسب شناخته شده از شرکت M ۳، سنت پاول، مینسونا، تحت نام تجارتي نوع "B" سبتي واکی می توان

تهیه کرد.

۳-۲-۱) سطح آزمایش نمونه‌های مسطح آزمایشگاهی باید حداقل $3\frac{1}{4} \times 6$ اینچ (90×150 میلیمتر) باشد.

۳-۲-۲) سطح آزمایشی نمونه‌های چرخ پرداخت سریع آزمایشگاهی باید حداقل $3\frac{1}{4} \times 1\frac{3}{4}$ اینچ اینچ (90×45 میلیمتر) بوده و بصورت کمائی از دایره بقطر ۱۶ اینچ (۴۰۶ میلیمتر) که خمیده می‌شود، خواهد بود.

۴- آماده‌سازی ابزار

۴-۱) تراز کردن - پیچ تنظیم را بچرخانید تا حباب در مرکز تراز آبی قرار گیرد و بدین ترتیب وسیله را بدقت تراز کنید.

۴-۲) تنظیم صفر:

برای بالا بردن مکانیزم پاندول، دکمه بست آنرا که درست پشت میله پاندول قرار دارد شل کنید و یکی از دو حرکت سر پاندول را واقع در مرکز دستگاه بچرخانید تا اسلایدر بتواند در بالای سطح آزمایش، حرکت آونگی داشته باشد. دکمه قفل را محکم کنید. پاندول را در حالت آزاد قرار دهید و عقربه کشش را بر خلاف حرکت عقربه‌های ساعت بچرخانید تا زمانی که در مقابل پیچ تنظیم روی بازوی پاندول قرار گیرد. پاندول را آزاد کنید و درجه عقربه را یادداشت کنید. اگر شماره صفر نیست حلقه کلید را شل کنید و حلقه اصطکاکی را روی میله حامل به ملایمت بچرخانید و دوباره قفل کنید. آزمایش را تکرار کنید و حلقه اصطکاکی را تا زمانی که آونگ پاندول عقربه را روی صفر برساند، تنظیم کنید.

۴-۳) تنظیم پهنای لغزش:

۴-۳-۱) از طریق آویز آزاد پاندول، اسپیسر^(۱) را در زیر پیچ تنظیم دسته بالا بر قرار دهید. پاندول را پائین بیاورید، بطوریکه لبه اسلایدر سطح آزمایشی را لمس کند. سر پاندول را محکم سفت کنید، دسته بالا بر را بالا ببرید و اسپیسر را جابجا کنید.

۴-۳-۲) با بالا بردن دسته، اسلایدر را بالا ببرید، پاندول را به سمت راست حرکت دهید، اسلایدر را پائین بیاورید و بگذارید پاندول به آهستگی به سمت چپ حرکت کند تا لبه اسلایدر سطح آزمایشی را لمس کند. وسیله اندازه‌گیری مسیر تماس را کنار اسلایدر، موازی جهت آونگ قرار دهید تا پهنای مسیر تماس را مشخص کند. با استفاده از دسته بالا بر اسلایدر را بالا ببرید و پاندول را به سمت چپ حرکت دهید، سپس آهسته آنرا پائین بیاورید تا لبه اسلایدر روی سطح قرار گیرد. اگر پهنای مسیر تماس نمونه‌های مسطح آزمایش بین $\frac{7}{8}$ و ۱۵ اینچ (۱۲۴ و ۱۲۷ میلیمتر) نبود و یا روی نمونه‌های چرخ تابدار

پرداخت، بین $\frac{2.15}{16}$ و $\frac{3.1}{16}$ (۷۵ و ۷۸ میلیمتر) نبود از این انتها تا آن انتهای اسلایدر لاستیکی را اندازه بگیرید، اینکار را با بالا و پائین بردن ابزار از طریق پیچهای تراز کننده جلو انجام دهید. با دکمه های کنترل ارتفاع، نیز می توان پهنای لغزش را تنظیم کرد. اگر لازم بود سطح تراز ابزار را مجدداً تنظیم کنید. پاندول را آزاد کنید و عقربه کشش را خلاف جهت حرکت عقربه های ساعت بچرخانید تا مقابل پیچ تنظیم روی بازوی پاندول قرار گیرد.

۵- طرز کار (روش انجام آزمایش)

۵-۱) محوطه آزمایش را با مقدار کافی آب خیس کنید. با انجام حرکات رفت و برگشتی متعدد نتایج ثابتی بدست می آید. یادداشت فرائت های مربوط به این نتایج اجباری نیست.

نکته: همیشه طی اولین دفعه ای که پاندول حرکت آونگی برگشتی خود را انجام می دهد آن را بگیرید. زمانی که پاندول به نقطه شروع خودش برمی گردد اسلایدر را با دسته بالایش بالا ببرید تا تماسی بین اسلایدر و سطح آزمایش پیش نیاید. قبل از هر حرکت نوسانی، عقربه را برگردانید تا زمانی که مقابل پیچ تنظیم بایستد.

۵-۲) محل آزمایش را مجدداً مرطوب کنید و بدون تأخیر چهار^۱ بار دیگر حرکت نوسانی را انجام دهید. هر بار قبل از به حرکت درآوردن آونگ منطقه آزمایش را خیس کنید و نتایج را ثبت کنید.

نکته: باید دقت شود که اسلایدر طی حرکات آونگی موازی سطح آزمایش باقی بماند و چرخشی نداشته باشد بطوریکه تنها در یک لبه اولین تماس ایجاد شود. داده های موجود معرف آنست که کج شدن اسلایدر ممکن است سبب شود که عدد پاندول انگلیسی اشتباه خوانده شود. نصب یک فنر کوچک مسطح موجب رفع مشکل خواهد شد. فنر داخل شکاف گیره فنر قرار می گیرد و مجموعه فوق را با میخ پرچی که در شکل (۴) نشان داده شده است محکم کنید. انتهای آزاد فنر می تواند روی صفحه پشتیبان اسلایدر قرار گیرد تا از کج شدن اسلایدر جلوگیری کند.

۵-۳) طبق بخش ۴-۳ پهنای تماس اسلایدر را مجدداً کنترل کنید.

۵-۴) طبق بخش ۴-۲ پیچ تنظیم صفر را مجدداً کنترل کنید.

۶- گزارش

۶-۱) گزارش شامل مورد زیر خواهد بود:

۶-۱-۱) مقادیر جداگانه بصورت عدد پاندول انگلیسی (BPN) یا مقادیر پرداختی، و میانگین عدد

پاندول انگلیسی یا مقدار پرداخت برای هر سطح آزمایشی.

۶-۱-۲) درجه حرارت رویه آزمایشی

۶-۱-۳) نوع، سن، وضعیت، بافت و محل سطح آزمایشی

۴-۱-۶) نوع و سن اسلایدر لاستیکی

۷- صحت و دقت

۷-۱) با تکرار آزمایشات، انحراف استانداردهایی به مقادیر زیر بدست آمده است :

۱/۰ واحد BPN

اسلایدرهای لاستیکی انگلیسی

۱/۲ واحد BPN

اسلایدرهایی که مطابق با شرایط آشنو M۲۶۱ است

در هر دو مورد $\frac{3}{4}$ تغییرپذیری به برتری ابزارهای آزمایشی بست داده شده است. از آنجا که هیچ ارتباط قابل ذکری بین انحراف استاندارد و میانگین ریاضی سری مقادیر آزمایشی وجود ندارد بنظر می رسد که انحرافات استاندارد بدون توجه به میانگین سطوح اصطکاکی تحت آزمایش به این آزمایش مربوط می شود.

۷-۲) خطای آزمایش به طریق زیر تعیین می شود :

$$E = \tan^{-1} \frac{1}{2}$$

که در آن :

E = خطای آزمایش

t = منحنی نرمال ۱/۹۶ یا گرد شده آن ۲

σ = انحراف استاندارد نتایج آزمایش (اعداد پاندول انگلیسی)

n = تعداد آزمایشات

۷-۳) به منظور اطمینان از اینکه خطای آزمایش برای سطح اطمینان ۹۵ درصد در حد یک واحد

BPN باقی می ماند (که مربوط به منحنی نرمال ۱/۹۶ یا گرد شده آن ۲ می باشد)، برای هر نمونه نیاز به

تعداد حرکت های آونگی زیر می باشد.

۴

اسلایدر انگلیسی ساخته شده از لاستیک طبیعی

۵

اسلایدرهایی که با شرایط آشنو M ۲۶۱ مطابقت می کند

ضمیمه

A۱- کالیبراسیون

(A۱-۱) وزن پاندول - بازوی پاندول به همراه اسلایدر لاستیکی بالارونده، باید از ابزار جدا شده و با

دقت ۱ گرم توزین شود.

(A۲-۱) مرکز جاذبه - مرکز ثقل پاندول به همراه اسلایدر لاستیکی بالارونده از طریق قرار دادن مجموعه پاندول روی لبه چاقو و یا به روش تجربی، نقطه تراز همچنانکه در شکل (۵) نشان داده شد، تعیین می شود. مهره آدابتور باید در انتهای بازوی پاندول بوسیله یک گوه کاغذی سبک، نگه داشته شود. بعد از اینکه نقطه تراز بدست آمد، تا زمانی که کناره های پایه پاندول افقی هستند، محل وزنه تراز تنظیم خواهد شد.

(A۳-۱) فاصله مرکز جاذبه از مرکز نوسان - با اتصال پاندول به دستگاه آزمایش و جدا کردن کلاهک باربری کنگره دار، فاصله از مرکز نوسان (مرکز مهره) تا نقطه تراز (مرکز جاذبه) اندازه گرفته می شود. این فاصله مستقیماً با دقت $0/04$ اینچ (یک میلیمتر) اندازه گرفته می شود.

(A۴-۱) بار اسلایدر - پاندول به نگهدارنده ای که متصل به کفه ترازوی دستگاه آزمایش است محکم می شود و دستگاه آزمایش روی سه پایه ای که در شکل (۶) نشان داده شده قرار گرفته و تراز می شود. اسپیسر را ببندید، کفه های ترازو را تنظیم کنید (نکته A۱)، بدین ترتیب که مجموعه باربر را روی یک کفه و وزنه ها را روی کفه دیگر قرار دهید بطوریکه عقربه ترازو در مرکز صفحه قرائت ترازو قرار گیرد. پاندول با اسلایدر به کمک کلیدهای ارتفاع از دستگاه آزمایش پایین آورده می شود تا زمانی که تقریباً اسلایدر $0/01$ اینچ ($0/25$ میلیمتر) از بالای سطح مجموعه باربری قرار گیرد. کلید ارتفاع را قفل کنید و اسپیسر را جدا کنید. این عمل موجب می شود تعادل بهم بخورد که قسمتی از آن را می توان با اضافه کردن وزنه به کفه مقابل جبران کرد تا بدین طریق اندیکاتور در محدوده تقریباً 200 گرمی از مرکز صفحه قرائت ترازو قرار گیرد. برای کامل کردن روش تراز، در صورتیکه آهسته آب به سیلندر مدرج اضافه کنید، عقربه ترازو به مرکز صفحه قرائت ترازو برگردانده می شود. سیلندر را خالی کنید و عمل پر کردن را تکرار کنید. میانگین وزنه لازم برای بالا رفتن اسلایدر را بنحویکه عقربه ترازو در مرکز آن قرار گیرد یادداشت کنید. (نکته A۲) اگر میانگین یعنی بار نرمال اسلایدر به پهنای ۳ اینچ ($76/2$ میلیمتر) و کفه ترازو در حد لازمی که در بخش (۱-۱-۲) بیان شد، نباشد مهره کشش فنر را که در شکل (۲) نشان داده شده تنظیم کنید و بار اسلایدر را مجدداً تعیین کنید.

نکته A۱- مجموعه باربری ممکن است یک "نردبان" باربری با یک صفحه سخت که بالای آن بی حرکت است یا ترکیب مشابه دیگری باشد بطوریکه در وقتی که بار عمودی اسلایدر اندازه گرفته می شود بارهای افقی وارد نشود.

نکته A۲- ممکن است لازم باشد تا کفه های ترازو را بالا و پایین ببریم تا فنر کار کند و رقم درست و ثابتی را نشان دهد. اگر بعد از اینکه فنر هم کار کرد اندازه گیری بار اسلایدر درست نبود قطعات بنیل و کف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

پایه پاندول را بردارید و سطوح باربری و همچنین لبه‌های چاقو را همچنانکه در شکل (۲) نشان داده شده است، تمیز کنید و بار اسلایدر را تعیین کنید.

ضمیمه

XI عامل زنجیره‌ای مناسب

فرمول زیر یک عامل زنجیره‌ای پلی استر است که با داشتن این ترکیبات دیگر نیازی به ماسه همچنانکه در بخش (۷) تحت عنوان "آزمایش و کنترل نمونه‌ها" شرح داده شد نباشد.

مقادیر وزنی	ترکیبات	تهیه کننده
۱۰۰	زرین پلی استر ۷۷۳-۳۲ پولیلایت	شرکت شیمیایی ریکهولد
۳۰	ولستونایت NYAD ۴۰۰، رنگ دانه افزودنی	شرکت اینترپیس*
۵ تا ۶	Santocel Z Silica Aerogel یا	کمپانی شیمیایی مونسانتو
-	Aerosil 200 یا	شرکت دگوسا
-	Cab - O - Sil M - 5 Colloidal Silica	شرکت گودفری ال. کابوت
۰/۵	6 Percent Cobalt Napthenate Solution	کمپانی شرکت ریکهولد

روش ساخت ملات رقیق در زیر آمده است :

ولستونایت P-۴ را به زرین پلی استر اضافه می‌کنیم و توسط بهم‌زن آزمایشگاهی مدل Cowles یا وسیله مشابه بهم می‌زنیم تا مخلوط مناسب، یکنواختی بدست آید. سپس ماده Santocel Z یا Cab - O - Sil M - 5 به آن اضافه کرده و در دستگاه Cowles آسیاب کنید تا ژل مناسبی ایجاد شود. بسته به سفتی مورد نیاز، میزان ماده ژلی تغییر می‌کند. تیسکوتروپی یا ژلی شدن را همچنین می‌توان با هم‌زدن در گلیسرین حداکثر ۰/۱ وزنی، پس از بهم‌زدن ماده ژلی افزایش داد. آنرا در cobalt N بهم بزنید.

درست قبل از استفاده، به محلول پلی استر اصلی بمیزان تقریبی ۰/۷ درصد وزنی ۶۰ درصد کاتالیست پراکسید متیل اتیل کتون اضافه کرده آنرا خوب بهم بزنید. این کاتالیست را می‌توان از شرکت شیمیایی Reichhold خریداری نمود. بسته به سن pot یا زمان کاری و سرعت عمل آوری مورد نیاز، می‌توان میزان کاتالیست را تغییر داد.

* بخش خدماتی کاسنومر، ولزبورگ، نیویورک ۱۲۹۹۶، تلفن ۲۲۴۲ - ۹۶۳ - ۵۱۸

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ASTM:G57-78(1984)

روش استاندارد اندازه گیری صحرایی مقاومت الکتریکی خاکها استفاده از روش چهار الکترودیونر (Wenner)

اهداف

۱- این روش شامل تجهیز اشور و شبای اندازه گیری صحرایی مقاومت الکتریکی خاک برای هر دو حالت در جا و نیز نمونه های اخذ شده از زمین است. از این روش برای کنترل خوردگی سازه های مدفون شده در خاک استفاده می شود.

۲- در این روش استاندارد ممکن است مواد، عملیات و تجهیزات اختلاقی خاک نیز در حالت داشته باشند. این استاندارد در به تمام مسائل ایمنی مربوط به استفاده از آن اشاره نمی کند. مسئولیت استفاده از این استاندارد به عهده استفاده کننده است. بنابراین این استفاده کننده این روش باید روشهای مطمئن و ایمن را برگزیند و قابلیت و محدودیتها و دیدهای مربوطه را قبل از استفاده از آنها تعیین کند.

۲- تعریف

۲-۱ مقاومت الکتریکی مقاومت الکتریکی واحد حجم یک ماده، باشد است آن نسبت عکس دارد. مقاومت الکتریکی به عنوان مقیاسی برای هدایت الکتریکی کار می رود که بیانگر خصوصیت الکتریکی خاکها (و آبها) در تمام موارد است و به صورت عدد کامل بیان می شود.

۲-۲ اندازه گیری مقاومت الکتریکی، توانایی نسبی یک محیط را برای هدایت جریانهای الکتریکی نشان می دهد. وقتی سازه فلزی در یک محیط رسانا قرار گیرد، توانایی محیط در هدایت جریان، روی مقدار جریان مستقیم الکتریکی و جریان حفاظت کاتدی تاثير می گذارد. همچنین درجه قطب شدن الکترود روی مقدار چنین جریانهای موشراست.

۳- خلاصه روش

۳-۱ در روش چهار الکترودیونر، به چهار الکترود فلزی که در فواصل مساوی از یکدیگر روی یک خط مستقیم در سطح خاک قرار می گیرند، نیاز داریم. عمیق

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

فرورفتن الکترودها نباید از ۵٪ حداقل فاصله الکترودها تجاوز نماید فاصله الکترودها باید با دیدیا توجه به لایه های خاک مورد نظر انتخاب شود. انتخاب اندازه گیری مقاومت الکتریکی، میانگین مقاومتهای الکتریکی یکسانیم گروه از خاکها شعاعی بر ابر فاصله الکترودها را نشان می دهد.

۳-۲ و نتایجی که بین الکترودهای خارج جعبه وجود می آید، جریان الکتریکی را برقرار می کنند و افت ولتاژ بین الکترودهای داخلی با استفاده از یک ولت متر حساس اندازه گیری می شود. همچنین میتوان مقاومت الکتریکی آبسه طور مستقیم اندازه گیری کرد. بدین ترتیب مقاومت الکتریکی، p ، بر ابر خواهد بود با:

$$p, \Omega \cdot \text{cm} = 2kaR$$

$$= 191/5 aR$$

(a بر حسب سانتیمتر)

(a بر حسب فوت)

در اینجا:

a = فاصله بین الکترودها و

R = مقاومت (اهم) -

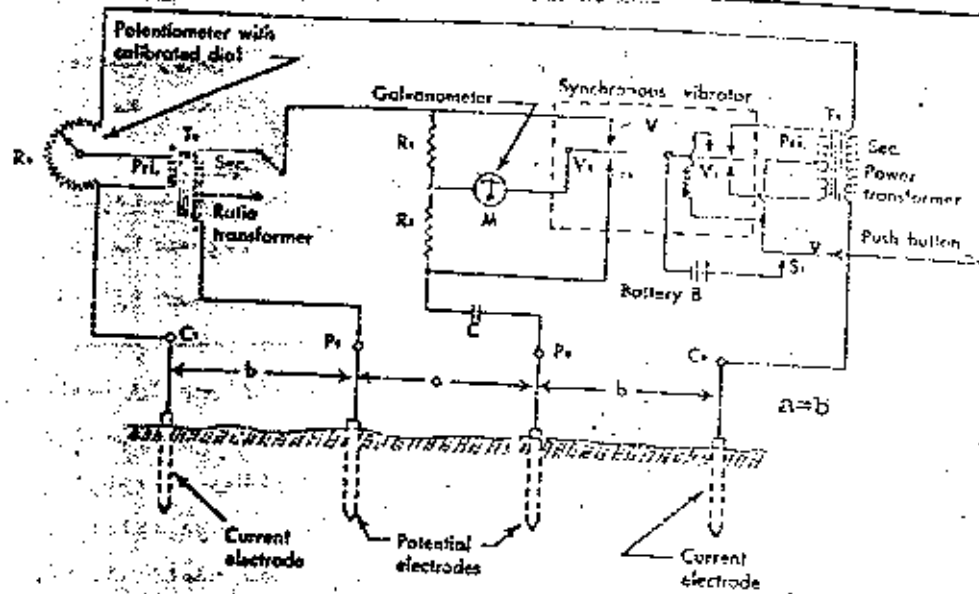
با استفاده از تحلیل ابعادی، واحد صحیح مقاومت الکتریکی اهم - سانتی متر است.

۴- وسایل

۴-۱ اندازه گیریهای مختراز در محل:

۴-۱-۱ وسایل لازم برای اندازه گیری مقاومت الکتریکی محرابی همتراز عبارتند از، یک منبع جریان، یک ولت متر مناسب، آمپر متر یا کالوانومتر، چهار الکترود فلزی و سیم کشیهای لازم برای ایجاد ارتباط مطابق شکل ۱.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



شکل ۱- نمودار سیم‌کشی برای منبع جریان C-D

۱-۴- منبع جریان با توجه به اینکه استفاده از جریان D-C در بیشتر الکترودهای فلزی یا عاقل قطبی شدن می‌شود و در نتیجه آن خطابه وجود می‌آید، بهتر است از منبع جریان C-A استفاده کنیم.

جریان می‌تواند از یک ژنراتور A-C میل‌نگری یا یک نوسان‌کننده مجهز به منبع D-C فراهم شود. اگر الکترودها قبل از فرو کردن در زمین در اثر خراشیدن در حاشیای شوند، می‌توان از منبع D-C تغییر نیافت استفاده کرد. در هنگام اندازه‌گیری قطب‌ها به صورت منظم عوض می‌شوند و برای هر قطب اندازه‌گیری می‌شود. میانگین‌گیری می‌شود.

۱-۴- ولت‌متر برای جلوگیری از اثرات قطبی شدن، ولت‌متر نباید در مدار بسا جریان قابل‌ملاحظه ای قرار گیرد. یک گالوانومتر از نوع مستحکم‌تر جریحه داده می‌شود. ولی اگر میزان مقاومت الکتریکی در حدود ۱۰۰۰۰ باشد، دستگاه از نوع حرکت‌مار پیچی نتایج بهتری به دست می‌دهد.

۱-۴- الکترودها بی از فولاد نرم یا فولاد سخت قدز نکه به قطر ۴/۷۵، مس یا ۶/۳۵ سانتی‌متر (۳/۱۶ تا ۱۱/۳ اینچ) و طول ۳۰ سانتی‌متر (۱۲ اینچ) اغلب برای اندازه‌گیری می‌باید مناسب هستند. هر دو نوع باید گریس یا بیلیند تا به قدر کافی صلب شوند به طوری که در خاک‌های خشک یا دانه‌ای فرو روند. الکترودها باید طوری ساخته شوند که یک دسته و یک رابط برای اتصال سیم داشته باشند.

۱-۴- سیم‌کشی سیم‌های شماره‌های استاندارد ۸ تا ۳۴ به هم پیوسته شده

۱۵۳
دقت پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

وسپس عایقکاری می‌شوند. جنبش را ببطور رابطی باید از کیفیت خوبی جهت اطمینان از اینکه مقاومت الکتریکی تماسی در الکترودها و وسایل اندازه‌گیری یکسان است، باشند در مواردی که باید بررسی‌های منظمی در فاصله الکترودهای ثابت صورت گیرد، یک‌گنابیل حفاظت شده با رابط‌های اشمی در فواصل مورد نیاز می‌تواند ساخته شود.

۲-۴ اندازه‌گیری روی نمونه خاک:

۲-۴-۱ وسایل لازم برای اندازه‌گیری مقاومت الکتریکی نمونه‌های خاک، چه در محل و چه در آزمایشگاه مشابه وسایلی است که برای اندازه‌گیری بهای همتر از به آنجا نیاز داریم، با این تفاوت که به جای الکترودها از یک نظر فیزیکی اثر که چهار الکترود و دد اشمی در آن تعبیه شده استفاده می‌شود (شکل ۲-۱ ببینید).

۲-۴-۲ اگر فاصله الکترودهای حامل جریان (الکترودهای خارجی)، با فاصله الکترودهای اندازه‌گیری پتانسیل (الکترودهای داخلی) یکسان نباشد، مقاومت الکتریکی، P ، برابر است با:

$$P, \Omega \cdot \text{cm} = \frac{15}{4} \frac{bR}{(1-b/(b+a))}$$

در اینجا:

b = فاصله الکترودهای خارجی بر حسب فوت،

a = فاصله الکترودهای داخلی بر حسب فوت،

R = مقاومت بر حسب اهم است.

$$P, \Omega \cdot \text{cm} = \frac{1}{4} \frac{bR}{(1-b/(b+a))}$$

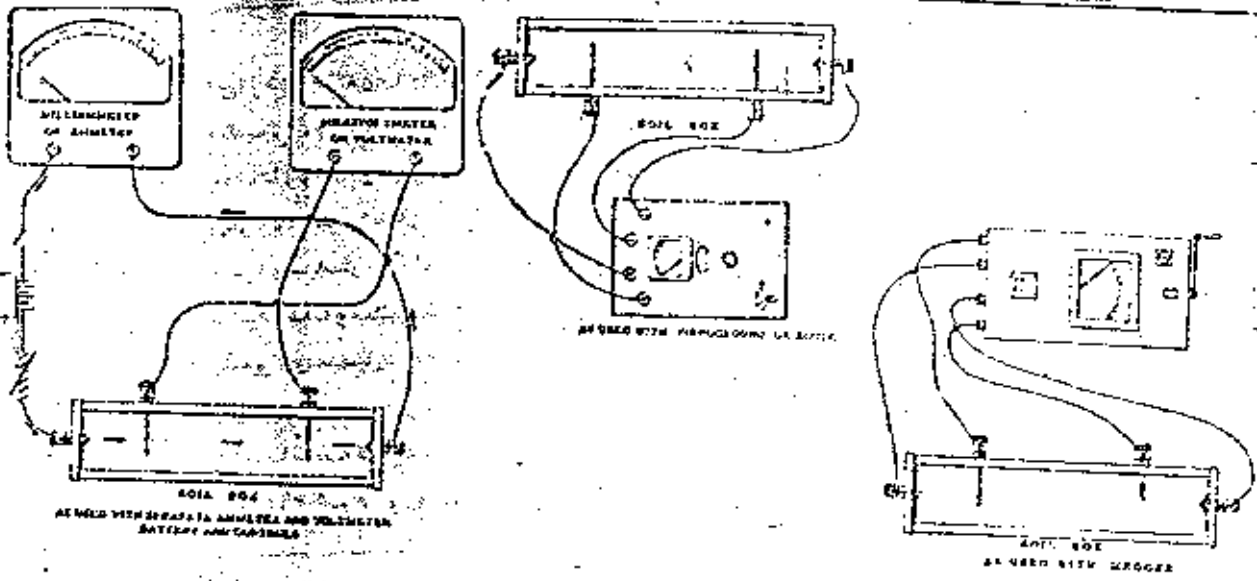
در اینجا:

b = فاصله الکترودهای خارجی بر حسب سانتی‌متر،

a = فاصله الکترودهای داخلی بر حسب سانتی‌متر و

R = مقاومت بر حسب اهم است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک



شکل ۳-۲-۱ انواع ارتباطات برای استفاده جعبه خاک کجیا (نویز) و تنظیم سایل
 ۳-۲-۲ بعد از جعبه می توانند نظری تعیین شود که بتواند آن مقاومت الکتریکی
 را مستقیماً از روی ولت متر خوانند، بدون اینکه نیازی به محاسبه خاصی باشد.
 جعبه باید به آسانی قابل تمیز کردن باشد تا آلودگی‌ها را که توسط نمونه‌های
 قبلی ایجاد شده است، از بین ببرد.
 ۵- روش‌های صحیحی

۵-۱ اندازه گیری عمق متر از:

۵-۱-۱ عمق اندازه گیری از طریق انتخاب کنید که شامل بستن و بستن یک نوخت
 در برابر حدود دهانه الکترود باشد. در مسیر دهانه الکترودها، توده‌های بزرگی
 از اجسام نارسانا مانند خاک‌های یخ زده، قلوه سنگها، پی‌های بتنی و غیره را که
 نمایانگر خاک مورد نظر نیستند، نباید باشد. سازه‌های سازه از قبیل لوله‌ها
 و کابلها نباید در حدود ۵/۰- از دهانه الکترودها قرار گیرند و به جز در حالتی
 که عمود بر دهانه باشند.

۵-۱-۲ فواصل الکترودها را با توجه به سازه مورد نظر انتخاب کنید از آنجایی
 که بیشتر خطوط لوله در عمق ۱/۵ تا ۲/۵ متر (۵ تا ۱۵ فوت) تعیین می‌شوند.
 الکترودها معمولاً در فاصله ۱/۵ تا ۳/۰۱/۵ متر (۵ تا ۱۰۰۵ فوت) قرار می‌گیرند
 فاصله باید برابر یا حداکثر عمق مورد نظر باشد. هنگامی که از یک گالوانومتر
 (ارتشاشی) D-C استفاده می‌شود، برای تسهیل محاسبه مقاومت الکتریکی در محل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

استفاده کرد. بعد از خاکها به آرمی طولیتر ا جذب می کنند و از اجزای تشکیل شده اند که به آهستگی حل می شوند، به همین دلیل ممکن است مقاومت الکتریکی آنها در مدت ۲۴ ساعت پس از اشیاء شدن ثابت نمائند. ابتدا از گریز در حالت اشیاء، مقاومت الکتریکی در بدترین حالت نشان می دهد که (بین مقدار ۱۰۰ تا ۱۰۰۰) انداز گریزهای مقاومت الکتریکی در حالت طبیعی مقایسه کرد. آبی خاک فیسی را نباید خارج کرد، زیرا این کار باعث خارج شدن اجزای قابل حل می شود. ۲-۵ اگر انداز گریز در حفره و بیابلا فاصله بعد از نمونه گیری انجام شود، تصحیح دما لازم نیست. اگر نمونه های این اندازه گریزهای بعدی نگه داشته می شوند، در صورتی که در دمای اندازه گیری شده، تفاوت قابل ملاحظه ای در دمای مین داشته باشد، مقاومت الکتریکی تصحیح کنید اگر دمای نمونه از 21°C (70°F) فراتر رود، تصحیح $15/5^{\circ}\text{C}$ (60°F) توصیه می شود.

$$R_{15/5} = R_t \left(\frac{22/5 + T}{20} \right)$$

در اینجا:

T دمای خاک بر حسب $^{\circ}\text{C}$ و

Rt مقاومت الکتریکی در $^{\circ}\text{C}$.

یک نمونه در بر ای این تصحیح در شکل ۳ آمده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶- طرح و تفسیر

۶-۱ طرح:

۶-۱-۱- آزمایشها ممکن است در فواصل منظم یا اتفاقی انجام شود. روش اول برای نمایش کثرت فیزیکی و ترمیم منحنی مقاومت الکتریک بر حسب فاصله مناسب است که افتها و تغییرات ناگهانی خاک را مشخص می کند. روش دوم مستلزم حفر یا فسی دقیق مشابه تحلیل احتمالی تجمعی است. با این روش، تعیین احتمال و جرسود خاکی با مقاومت الکتریک نیز آسان تر یا بزرگتر از یک مقدار مشخصی ممکن می شود. در جاهایی که مقاومت الکتریک به طور اتفاقی در محل اندازه گیری می شود. بهترین کار این است که نتایج هر وی یک نقشه طرح یا نقشه مشابهی نشان داده شود. در هر دو حالت، از بررسی های خاک شناسی در طرح و تفسیر بررسی های بزرگ استفاده کنید. برای ساده کردن طرح پیمایش باید اندازه گیریها تحت شرایط متنوعی از زهکشی در هر نوع طبقه بندی خاک انجام شوند.

۶-۱-۲- اگر اطلاعات مقاومت الکتریک در آرزو یا بی کثرتی خورده گی لازم باشد، توصیه می شود که آزمایشها به صورت اتفاقی واقعی انجام شود. اصولاً از آنجایی که تعداد مقاطع خاکی که می تواند تحت بررسی قرار گیرد، نامحدود است، از خصوصیات بیشمار می توان برای ساده کردن رفتار آماری استفاده نمود. ریسک و خطار باید به طور دلخواه انتخاب کرد تا بر اساس آن تعیین شود. اندازه گیریها تعیین شود. ریسک حدود ۵٪ خطای بزرگتر از ۱۰٪ هم پاشی متناظر برای بیشتر مکانها مناسب است. حد خطا باید در حدود ۱٪ میانگین مقاومت الکتریک بیش بینی شده باشد. وقتی نتوان مقدار میانگین یا میانگین را با دقت قابل قبولی تخمین زد باید از روشهای نمونه گیری متنوعی استفاده کرد.

۶-۲ تفسیر نتایج بررسی های مقاومت الکتریک تا حد زیادی به تجربه و آشنایی بستگی دارد. مقادیر میانگین و میانگین الکتریک، خوردگی کلی خاک را نشان می دهند. تغییرات شدید مقاومت الکتریک بر حسب فاصله و تغییرات قابل توجه در در صد رطوبت و زهکشی نشانگر شرایط سخت محلی است. منحنی های احتمال تجمعی، نشانگر یک نوع اختی خاک در منطقه یا مسیر است و احتمال خوردگی شدید، متنوع کم در مصالح احتمالی مختلف را نشان می دهد. از داده های خاک شناسی موجود باید برای آسان کردن تفسیر نتایج استفاده شود.

۶-۲ استانداردها و کردن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۷- اذیت و سایش اندازه گیری مقاوم متالکتر یکی توسط جعبه تجاری دکامینسه مقاوم متالکتر یکی متناوباً با "کنترل می شود. میزان خطا نباید بیشتر از ۵٪ محدود و دستگاه باشد. اکثر خطا از این حد فراتر رود منحنی کالیبراسیون تهیه نماید و مطابق با آن تمام اندازه گیریها را تصحیح کنید. یک جعبه خاک می تواند با استفاده از محلولهای با غلظت متالکتر یکی معلوم کالیبره شود. برای ایسین سفور استفاده از محلولهای کلرید سدیم و آب مقطر با مقاومت الکتریکی برابر ۱۰۰۰، ۵۰۰۰، ۱۰۰۰۰ اهم سانتیمتر پیشنهاد می شود. این محلولها باید تحت شرایط آزمایشگاهی و با استفاده از یک وسیله اندازه گیری هدایت تجاری که خود با محلولهای استاندارد در 20°C (68°F) کالیبره شده است تهیه شوند.

۸- کلیات

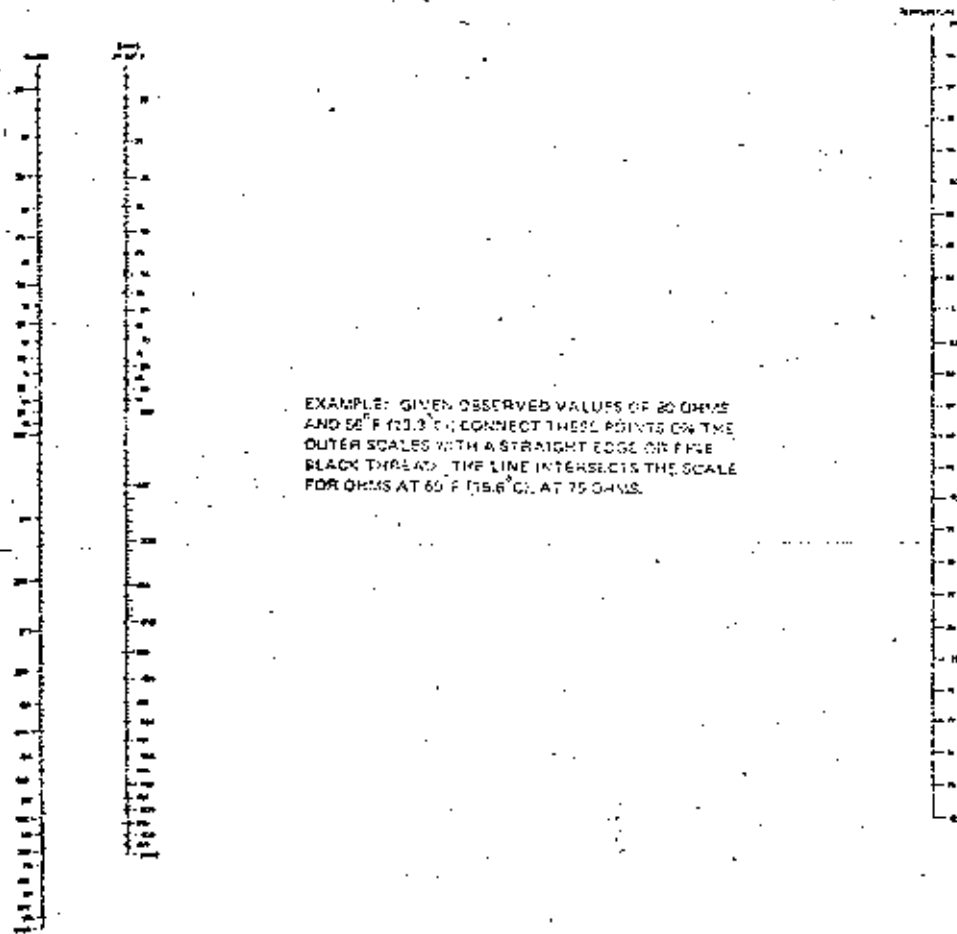
۸-۱- باید توجه داشت که می توان در شرایط زیر سطحی در فاصله کوتاهی، خصوصاً در جایی که سازه های بزرگ مینی مدفون شده اند، بسیار متغیر باشد. آلودگی سطحی با عشا جمع شدن آبهای و آن سطحی در گودالهای موجود می شود و این امر با عشا تنزل قابل ملاحظه مقاوم متالکتر یکی زیر سطح طبیعی می شود. از آنجایی که یسنگ گودال خط لوله را نمی توان در دهانه اندازه گیریها هم تر از گنجاندن نمونه های خاک باید از جایی که امکان دارد، تهیه شوند. برای ارزیابی اثرات آلودگی در یک مسیر جدید، نمونه های خاک را می توان در تقاطع خطوط لوله، قابل و غیره موجود به دست آورد. یا با استفاده از متدهای حفاری نمونه برداری کرد.

۸-۲- آرو و شها و شمیمز اتدیگری برای اندازه گیری مقاوم متالکتر یکی در مجرای وجود دارند. در این روشها عموماً "از دو الکترود سوار شده روی یک میله اتصال برقی استفاده می شود، که در خاک مشخص حامل محل از خاک برداری و یا سوراخی که از فرو کردن لوله و یا کندن به وجود آمده است، نصب می شوند. به دلیل تاخیر اثرات قطبی شدن، روش دو الکترودی همیشه نسبت به روش چهار الکترودی کمتر کاربرد دارد، اما می توان اطلاعات مفیدی را با استفاده از جعبه های ویژه خاک به دست آورد. روشهای دقیقتری ممکن است در بزرگسای آزمایشگاه کارگر فستک این روشها باید در گزارش نتایج مشخص شوند. در مواردی که اطلاعات شمر بوطیه مقاوم متالکتر یکی در نتایج منتشر شده باشد، روشهای به کار رفته در اندازه گیری باید مشخص شوند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۹- دقت و خطا

۹-۱ در حال حاضر دقت و خطای اندازه گیری مقاومت الکتریکی در محل با استفاده از روش چیمپز الکترود و یوژن در دسترس نیست. این موارد در تجدید نظر بعدی خواهد آمد.



شکل ۲- نمودار یا نمودار ارتباط مقاومت خاک بر حسب اهم و درجه حرارت مشخص به مقاومت در ۱۵/۶ درجه سانتیگراد (۶۰ درجه فارنهایت)

۱۵۰

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

آزمایش تعیین ضریب تورق (پولکی بودن) مصالح درشت دانه BS 812 : SECTION 105.1:1989

۱- هدف:

این بخش از استاندارد انگلیسی BS، روش اندازه گیری ضریب پولکی بودن (شاخص تورق) سنگدانه‌های درشت را شرح می‌دهد.

۲- تعاریف:

تعاریف مورد استفاده در این بخش از استاندارد 812، در BS812:part 101,102 اخذ شده است.

۳- بیان مفهوم روش :

سنگدانه‌هایی به عنوان مصالح متورق طبقه‌بندی می‌شوند که دارای ضخامتی (کوچکترین بعد) کمتر از ۰/۶ میانگین اندازه الکهایشان باشند. میانگین اندازه الکها متوسط اندازه سوراخهای دو الک متوالی مشخص که برای تفکیک سنگدانه‌ها در مصالح مورد نظر به کار می‌رود، در نظر گرفته می‌شود. ضریب تورق سنگدانه‌ها با جداسازی مصالح تخت و از نسبت جرم مصالح تخت نسبت به کل مصالح مورد آزمایش بدست می‌آید که به صورت درصد بیان می‌شود. شایان ذکر است که این آزمایش برای مصالح عبوری از الک ۶/۳ میلیمتر و مصالح مانده روی الک ۶۳ میلیمتر کاربرد ندارد.

۴- نمونه گیری :

نمونه به کار گرفته شده برای آزمایش (نمونه آزمایشگاهی) بایستی مطابق با بند ۵ استاندارد : BS812:part102:1989 تهیه شود.

۵- وسایل:

۵-۱- استفاده از یک وسیله تقسیم کننده متناسب با حداکثر اندازه دانه‌ها و در صورتی که این وسیله در اختیار نباشد به وسیله یک خاک انداز تخت و تمیز و بر روی یک سطح صاف و سخت (مانند یک سینی فلزی) عمل چهار قسمت کردن را می‌توان انجام داد.

۵-۲- اون مجهز به سیستم تهویه و سیستم کنترل درجه حرارت، به طوری که بتواند درجه حرارت را در 10.5 ± 0.5 درجه سانتیگراد ثابت نگه دارد.

۵-۳- ترازو یا ترازوها:

استفاده از یک ترازوی با ظرفیت مناسب، با دقت حدود 0.1 درصد جرم نمونه مورد آزمایش. تذکر: به طور کلی استفاده از دو ترازو یکی به ظرفیت 5 کیلوگرم با دقت 1 گرم و دیگری به ظرفیت 500 گرم با دقت 0.1 گرم کافی می باشد. اگر سنگدانه‌هایی با اندازه اسمی بزرگتر از 28 میلیمتر مورد آزمایش قرار گیرد، ترازویی با ظرفیت 50 کیلوگرم و با دقت 10 گرم احتیاج می باشد.

۵-۴- الکها، اندازه و دهانه تقریبی سوراخ الکها به مشخصات مصالح آزمایش شده بستگی دارد. الکهای با سوراخهای مربعی شکل، باید مطابق با استاندارد BS 410 بوده و دارای درپوشی با اندازه مناسب باشند.

تذکر: یک سری از اندازه های اسمی سوراخ الکها در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی الکها
اندازه اسمی سوراخ الکها (سوراخهای مربعی با ورقهای شکل داده شده به قطر 300 یا 400 میلیمتر)
(mm)
۶۳
۵۰
۳۷/۵
۲۸
۲۰
۱۴
۱۰
۶/۳

۵-۵- تکان دهنده مکانیکی الکها (استفاده از آن اختیاری است).

۵-۶- سینی ها:

سینی‌های فلزی در اندازه‌های مناسب، بطوریکه در اثر گرم شدن در داخل اون توضیح داده شده در بخش ۵-۲، مشکلی پیدا نکرده و تغییر جرم ندهند.

۵-۷- یک شاخص فلزی سنجش ضخامت، با الگوی نشان داده شده در شکل ۱ یا مشابه با آن، یا الکهای خاصی که دارای سوراخهای باریک می باشند. این الکهای خاص برای هر بخش از اندازه مصالح باید دارای سوراخهای کشیده و باریک با ابعاد نشان داده شده در شکل ۱، برای اندازه مربوط به هر بخش باشد. عرض و طول سوراخها، در ضخامت سنج و در الکها، باید در محدوده رواداری داده شده در جدول ۳ باشند. در ساخت دستگاه ضخامت سنج باید از ورق فولادی با ضخامت ۱/۵ میلیمتر استفاده شود.

۶- تهیه نمونه آزمایشگاهی :

نمونه را مطابق با بند ۶ استاندارد BS812 بخش ۱۰۲، سال ۱۹۸۹ آنقدر کاهش دهید تا اینکه وزنه‌های هر قسمت به حد مجاز مشخص شده در جدول ۲ برسد و در انتها ذرات مانده روی الکهای ۶۳ میلیمتر و رد شده از الک ۶/۳ میلیمتر را حذف کنید.

مصالح به دست آمده را در اون با درجه حرارت 10.5 ± 5 درجه سانتیگراد خشک کنید تا به وزن ثابت رسیده یا تغییر جرم آن در حدود ۰/۱ درصد باشد. سپس این مصالح را سرد و توزین نمایید.

جدول ۲- جرم حداقل هر قسمت از نمونه	
اندازه اسمی مصالح	حداقل جرم هر قسمت بعد از حذف ذرات درشت دانه و ریز دانه
(mm)	(Kg)
۵۰	۳۵
۴۰	۱۵
۲۸	۵
۲۰	۲
۱۴	۱
۱۰	۰/۵

۷- روش آزمایش:

۷-۱- آزمایش دانه‌بندی را مطابق بند ۷-۳ استاندارد BS812، بخش ۱۰۳/۱، سال ۱۹۸۵ و با استفاده از الکهای مندرج در جدول ۱ انجام دهید.

تذکر: برای مصالحی که به علت وجود رس و یا مواد مشابه آن ممکن است بصورت ذرات توده‌ای و بهم چسبیده درآیند، باید روش آزمایش دانه‌بندی مطابق با بند ۷-۲ استاندارد BS812، بخش ۱۰۳/۱، سال ۱۹۸۵ بکار گرفته شود. تمام سنگدانه‌های مانده روی الک ۶۳ میلیمتر و عبوری از الک ۶/۳ میلیمتر حذف گردد.

جدول ۳- اطلاعات لازم برای اندازه‌گیری ضریب تورق			
حداقل وزن برای هر تقسیم مجدد	پهنای شکافهای دستگاه ضخامت سنج (یا الکهای مخصوص)	تفکیک مصالح در اندازه‌های مختلف	
		اندازه اسمی سوراخ الکهای استاندارد	
		۱۰۰ درصد عبوری	۱۰۰ درصد مانده
۵۰ کیلوگرم	$33/9 \pm 0/3$ میلیمتر	۵۰ میلیمتر	۶۳ میلیمتر
۳۵ کیلوگرم	$26/3 \pm 0/3$ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر	۵۰ میلیمتر
۱۵ کیلوگرم	$19/7 \pm 0/3$ میلیمتر	۲۸ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر
۵ کیلوگرم	$14/4 \pm 0/15$ میلیمتر	۲۰ میلیمتر	۲۸ میلیمتر
۲ کیلوگرم	$10/2 \pm 0/15$ میلیمتر	۱۴ میلیمتر	۲۰ میلیمتر
۱ کیلوگرم	$7/2 \pm 0/1$ میلیمتر	۱۰ میلیمتر	۱۴ میلیمتر
۰/۵ کیلوگرم	$4/9 \pm 0/1$ میلیمتر	۶/۳ میلیمتر	۱۰ میلیمتر

۷-۲- وزن مانده هر کدام از بخشهای مصالح تفکیک شده، به جز مصالح مانده روی الک ۶۳ میلیمتر را توزین کرده و آنها را در سینی‌های جداگانه ریخته و اندازه آنها را روی سینی‌ها یادداشت کنید.

تذکر: در صورتی که جرم هر یک از بخشهای تفکیک شده مصالح زیاد باشد می‌توان آنرا به قسمت‌های کوچکتری تقسیم کرد (مطابق بند ۶، استاندارد BS812، بخش ۱۰۲، سال ۱۹۸۹)، بشرطی که جرم هر یک از بخشهای تقسیم شده، از نصف حداقل مقدار نمونه (مندرج در جدول ۳) کمتر نباشد. در اینصورت ادامه روند آزمایش باید با اصلاحات مناسبی همراه باشد و ضریب تصحیح مناسب برای تعیین جرم سنگدانه های پولکی بدست آمده بکار برده شود تا مقدار آن نسبت به کل مصالح اولیه تصحیح گردد.

۷-۳- از مجموع تمام جرمهای مانده در هر قسمت در سینی‌ها (M_1)، درصد مانده در روی هر الک را بطور مجزا حساب کنید. هر بخش از جرم مصالح تفکیک شده روی الک‌ها را که دارای جرمی مساوی یا کمتر از ۵٪ جرم (M_1) باشد، حذف کنید. سپس جرم کل مصالح باقیمانده را تعیین و یادداشت نمائید (M_2).

۷-۴- هر بخش از مصالح را با روشهای ذکر شده در بندهای ۷-۴-۱ و ۷-۴-۲ مورد آزمایش قرار دهید. ۷-۴-۱- استفاده از الک‌های مخصوص، الک بند ۵-۷ مناسب با اندازه هر قسمت آزمایش را انتخاب کنید. تمام مصالح تفکیک شده آن بخش را روی الک ریخته و تکان دهید تا قسمت اعظم مصالح تخت از میان حفرات و شکافها عبور کرده باشد. سپس ذرات باقیمانده را بوسیله دست امتحان کنید.

۷-۴-۲- اگر از دستگاه ضخامت سنج استفاده می‌کنید، ابتدا شکاف مناسب بند ۵-۷ برای بخش مورد نظر را انتخاب، سپس تمامی مصالح تفکیک شده آن بخش را برای عبور از شکاف با دست امتحان کنید.

۷-۵- تمام ذرات عبور کرده از شکافها را با هم مخلوط و توزین کنید (M_3).
تذکر: اگر درخواست شود، ضریب تورق برای هر بخش تفکیک شده بطور مجزا تعیین شود، در این حالت درصد سنگدانه‌های تخت هر بخش نسبت به وزن سنگدانه‌های تفکیک شده در همان بخش بصورت درصد محاسبه می‌شود.

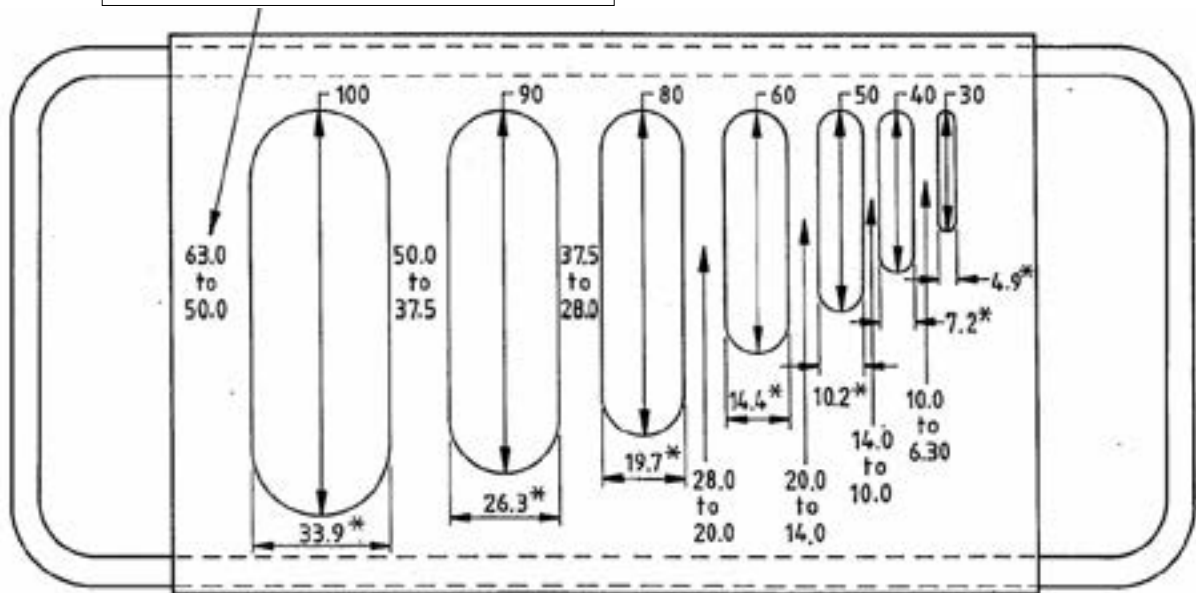
- محاسبه و گزارش نتایج:

مقدار ضریب تورق از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{ضریب تورق} = \frac{M_3}{M_2} \times 100$$

* ضریب تورق باید به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده و در گزارش بیان شود.
تذکر: موقعی که ضریب تورق برای هر بخش محاسبه شده است (تذکر ۷-۵)، ضریب تورق کل مصالح از جمع جرمهای (M_2 و M_3 و غیره) یا میانگین مقادیر وزن شده از هر الک بدست می‌آید.

این اندازه‌ها بر روی دستگاه مشخص شده است



شکل ۱- شکل و اندازه دستگاه ضخامت سنج برای تعیین ضریب ت ورق

۹- دقت

تخمین قابلیت تکرار پذیری و قابلیت محاسبه مجدد ضریب پولکی در جدول ۴ داده شده است. توجه: تعداد محدود اطلاعات بدست آمده در روشهای توصیف شده در این استاندارد در دسترس بوده و در جدول ۴ نشان داده شده است. برای کسب اطلاعات جهت ارزیابی دقت روشهای داده شده باید به استاندارد BS 812 بخش ۱۰۱ رجوع شود. (در ضمیمه استاندارد تعاریف r_1 و r و R_1 و R_2 و V_S آمده است)

جدول ۴- دقت داده‌ها برای تعیین ضریب ت ورق

V_S	R_2	R_1	R	r_1	r	سطح
-	-	۹/۱	-	۴/۹	-	۱۴ تا ۱۷

توجه: دقت داده‌های محاسبه شده از یک سری آزمایشات نتیجه شده در سال ۱۹۸۲ از ۸ آزمایشگاه می‌باشد. هریک از نمونه‌های دوتایی آزمایشگاهی شامل:

a- نمونه بازالتی b- نمونه ماسه سنگی با اندازه سنگدانه‌های ۱۴ میلیمتری

مقادیر میانگین مشابه بوده و هیچ اختلاف آماری در دقت داده‌ها برای دو سنگدانه وجود ندارد.

۱۰- گزارش آزمایش:

در گزارش آزمایشات باید تاکید شود که ضریب تورق مطابق با استاندارد BS ۸۱۲ تعیین شده و تایید یا عدم تایید نمونه ذکر شده باید مشخص گردد.

در صورت در دسترس بودن، یک کپی از تاییدیه نمونه گیری باید ارائه شود. گزارش آزمایش باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف) مشخصات نمونه

ب) ضریب تورق

ج) دانه بندی بدست آمده از این آزمایش

ضمیمه (بر گرفته از استاندارد BS 812 part 101)

تعاریف:

۱- تکرار پذیری: (repeatability)

بطور خلاصه تکرار پذیری عبارت است از میزان تغییرات در نتایج حاصل از یک روش آزمایش که در یک آزمایشگاه انجام شده باشد.

الف- تکرار پذیری r :

مقداری است که انتظار می رود قدر مطلق اختلاف بین نتایج بدست آمده از دو آزمایش مجزا که با روش یکسان، بر روی مصالح یکسان و تحت شرایط یکسان (کاربر یکسان، وسایل یکسان، آزمایشگاه یکسان و یک فاصله زمانی کوتاه بین آزمایشها) انجام شده است، با احتمال ۹۵ درصد از آن کمتر باشد.

ب- تکرار پذیری $R1$:

مقداری است که انتظار می رود قدر مطلق اختلاف بین نتایج بدست آمده از دو آزمایش مجزا که با روش یکسان، بر روی بخشهای مختلف یک نمونه آزمایشگاهی تحت شرایط یکسان (کاربر یکسان، وسایل یکسان، آزمایشگاه یکسان و یک فاصله زمانی کوتاه بین آزمایشها) انجام شده است، با احتمال ۹۵ درصد از آن کمتر باشد.

۲- تجدید پذیری: (reproducibility)

بطور خلاصه تجدید پذیری عبارت است از میزان تغییرات در نتایج حاصل از یک روش آزمایش که در چند آزمایشگاه تکرار شده باشد.

الف- تجدید پذیری R :

مقداری است که انتظار می‌رود قدر مطلق اختلاف بین نتایج بدست آمده از دو آزمایش مجزا که با روش یکسان، بر روی مصالح یکسان، تحت شرایط مختلف (کاربر مختلف، وسایل متفاوت، آزمایشگاههای مختلف و در مدت زمان متفاوت) انجام شده است، با احتمال ۹۵ درصد از آن کمتر باشد.

ب- تجدید پذیری R1 :

مقداری است که انتظار می‌رود قدر مطلق اختلاف بین نتایج بدست آمده از دو آزمایش مجزا که با روش یکسان، بر روی بخشهای مختلف یک نمونه آزمایشگاهی، تحت شرایط مختلف (کاربر مختلف، وسایل متفاوت، آزمایشگاههای مختلف و مدت زمان متفاوت) انجام شده است، با احتمال ۹۵ درصد از آن کمتر باشد.

ج- تجدید پذیری R2 :

مقداری است که انتظار می‌رود قدر مطلق اختلاف بین نتایج بدست آمده از دو آزمایش مجزا که با روش یکسان و با استفاده از نمونه‌های آزمایشگاهی مختلف از پیمانہ (بیچ) مشابه تحت شرایط مختلف (کاربر مختلف، وسایل متفاوت، آزمایشگاههای مختلف و زمانهای متفاوت) انجام شده است، با احتمال ۹۵ درصد از آن کمتر باشد.

V_s : واریانس بوجود آمده ناشی از خطا در نمونه گیری

آزمایش تعیین ضریب تطویل مصالح درشت دانه BS 812 : Section 105.2 : 1990

۱-هدف:

این بخش از استاندارد BS 812 روش اندازه‌گیری ضریب تطویل مصالح درشت دانه را شرح می‌دهد.

۲-تعاریف:

فرضیات در نظر گرفته شده در این بخش از استاندارد BS 812 در بخش ۱۰۱ و ۱۰۲ این استاندارد موجود می‌باشد.

۳-بیان مفهوم روش:

سنگدانه‌هایی به عنوان مصالح تطویل طبقه‌بندی می‌شوند که دارای طولی (بزرگترین بعد) بزرگتر از ۱/۸ برابر میانگین اندازه الکهایشان باشند. میانگین اندازه الکها، متوسط اندازه سوراخهای دو الک متوالی مشخص که برای تفکیک سنگدانه‌ها در مصالح مورد نظر بکار می‌رود، در نظر گرفته می‌شود. ضریب تطویل با جداسازی مصالح تطویل بدست می‌آید و جرمشان به صورت درصدی از جرم کل مصالح آزمایش شده، بیان می‌شود. شایان ذکر است که این آزمایش برای مصالح عبوری از الک ۶/۳ میلی‌متر و یا مصالح مانده روی الک ۵۰ میلی‌متر کاربرد ندارد.

۴-نمونه‌گیری:

نمونه بکار گرفته شده برای آزمایش (نمونه آزمایشگاهی) بایستی مطابق با بند ۵، استاندارد: BS 812 : part 102:1989 باشد.

۵-وسایل:

۱-۵- یک وسیله تقسیم‌کننده متناسب با حداکثر اندازه دانه‌ها و در صورتی که این وسیله در اختیار نباشد، به وسیله یک خاک انداز تخت و تمیز و بر روی یک سطح صاف و سخت (مانند یک سینی فلزی) عمل چهار قسمت کردن را می‌توان انجام داد.

۲-۵- اون : مجهز به سیستم تهویه و کنترل درجه حرارت بوده، بطوری که بتواند درجه حرارت را در دمای $10.5 \pm 5^{\circ}C$ ثابت نگهدارد.

۵-۳- ترازو یا ترازوها:

استفاده از یک ترازو با ظرفیت مناسب، با دقت حدود ۰/۱ درصد جرم نمونه مورد آزمایش

تذکر: بطور کلی استفاده از دو ترازو یکی به ظرفیت ۵ کیلوگرم با دقت ۱ گرم و دیگری به ظرفیت ۵۰۰ گرم با دقت ۰/۱ گرم کافی می‌باشد.

اگر سنگدانه‌هایی با اندازه اسمی بزرگتر از ۲۸ میلیمتر مورد آزمایش قرار گیرد، ترازویی با ظرفیت ۵۰ کیلوگرم و با دقت ۱۰ گرم احتیاج می‌باشد.

۵-۴- الکها :

اندازه الکها و دهانه تقریبی سوراخ الکها، به مشخصات مصالح آزمایش شده بستگی دارد. الکها باید مطابق با استاندارد BS ۴۱۰ دارای سوراخهای مربعی بوده و درپوشهای مناسب داشته باشند.

توجه: یک سری از اندازه الکها و سوراخها که در جدول ۱ داده شده است، بیشترین کاربردهای این روش را پوشش خواهند داد.

جدول ۱- ویژگی الکها
اندازه اسمی سوراخ الک (سوراخهای مربعی با ورقهای شکل داده شده به قطر ۳۰۰ یا ۴۵۰ میلیمتر)
(mm)
۵۰
۳۷/۵
۲۸
۲۰
۱۴
۱۰
۶/۳

۵-۵- تکان دهنده مکانیکی الکها (استفاده از آن اختیاری است).

۵-۶- سینی‌ها :

سینی‌ها با اندازه مناسب بطوریکه در اثر گرم شدن در داخل اون توضیح داده شده در بخش ۵-۲ مشکلی پیدا نکرده و تغییر جرم ندهد.

۵-۷- شاخص فلزی سنجش طول:

این شاخص با الگویی همانند الگوی نشان داده شده در شکل ۱ می‌باشد.
تذکر: استفاده از یک پایه ساخته شده از چوب سخت برای اتصال ضروری نیست، برای این منظور ممکن است از مواد مقاوم دیگر برای پایه شاخص فلزی سنجش طول استفاده شود.

۶- آماده سازی نمونه آزمایشگاهی:

نمونه را مطابق با دستورالعمل ارائه شده در بند ۶ استاندارد BS 812 ، بخش ۱۰۲ ، سال ۱۹۸۹ آنقدر کاهش دهید تا اینکه وزنهایی مطابق با جدول ۲ تهیه شود. مصالح درشت دانه مانده روی الک ۵۰ میلیمتر و همچنین ریز دانه‌های رد شده از الک ۶/۳ میلیمتر کنار گذاشته می‌شوند.
مصالح مذکور را در اون با درجه حرارت 5 ± 10.5 درجه سانتیگراد خشک کنید تا به وزن ثابت رسیده یا تغییر جرم آن به حدود ۰/۱ درصد برسد. سپس مصالح مذکور را سرد و توزین نمائید.

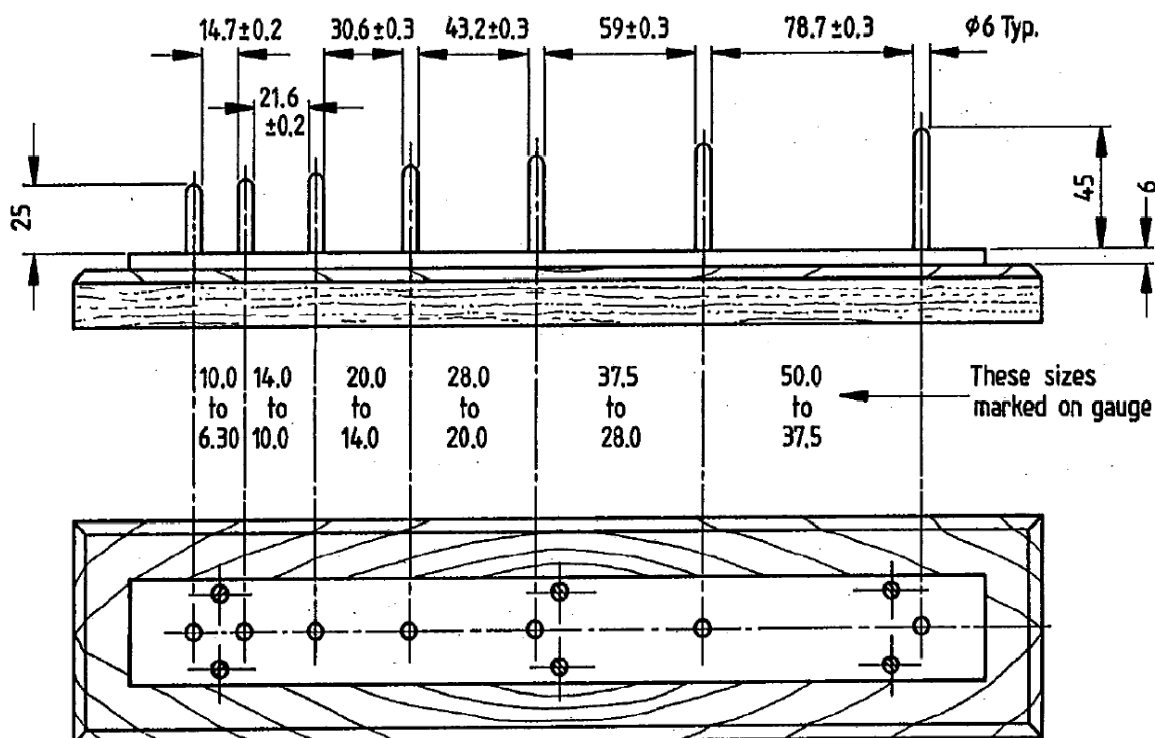
جدول ۲- جرم حداقل هر قسمت از نمونه	
اندازه اسمی مصالح	حداقل جرم هر قسمت بعد از حذف ذرات درشت دانه و ریز دانه
(mm)	(Kg)
۴۰	۱۵
۲۸	۵
۲۰	۲
۱۴	۱
۱۰	۰/۵

۷-روش آزمایش:

۷-۱- برای آنکه مصالح را به بخشهای مختلف تقسیم نمائید، لازم است الکهای را مطابق جدول ۳ انتخاب و دانه بندی را مطابق بند ۷ استاندارد BS ۸۱۲، بخش ۱/۳، سال ۱۹۸۵ انجام دهید.
شایان ذکر است که تمام مصالح مانده روی الک ۵۰ میلیمتر و رد شده از الک ۶/۳ میلیمتر کنار گذاشته می‌شوند.

۷-۲- هر بخش از مصالح مانده روی الکها را جداگانه وزن کرده (بجز مصالح مانده روی الک ۵۰ میلیمتر) و آنها را در سینی‌های مجزا ریخته و روی هر سینی اندازه دانه‌ها را یادداشت کنید.

تذکر: هنگامی که جرم هر بخش تفکیک شده (بر مبنای اندازه) از حداقل جرم داده شده در جدول ۳ تجاوز کند، بخش ذکر شده ممکن است به بخشهای کوچکتری مطابق با روشهای توصیف شده در بند ۶، BS ۸۱۲، بخش ۱۰۲، سال ۱۹۸۹ تقسیم شود، مشروط بر اینکه جرم بخش تقسیم شده کمتر از نصف حداقل جرم داده شده در جدول ۳ نباشد. در چنین شرایطی، ادامه روند آزمایش باید به صورت مناسبی اصلاح شده و پس از تعیین جرم سنگدانه‌های طویل در نمونه تقسیم شده، مقدار سنگدانه‌های طویل حاصله با ضریب تصحیح مناسبی به مقدار متناظر سنگدانه‌های طویل در کل نمونه (قبل از کاهش یافتن) اصلاح شود.



شکل ۱- شکل و اندازه دستگاه سنجش طول

۷-۳- از جمع تمام جرمهای هر سینی ($M_1 =$ جرم کل)، درصد مانده روی هر الک را به صورت جداگانه حساب کنید. هر بخش از مصالح تفکیک شده روی الکها را که دارای وزن کمتر یا مساوی ۵ درصد وزن (M_1) باشد، حذف کنید. سپس وزن کل مصالح باقیمانده را ثبت کنید (M_2).

۷-۴- هر قسمت از دانه‌ها را طبق دستورالعمل زیر بررسی کنید. با توجه به اندازه دانه‌های مورد آزمایش، طول مناسب برای سنجش را انتخاب کنید (طبق جدول ۳) و هر ذره را بطور جداگانه با دست بررسی کنید.

ذرات طولی آنهایی هستند که بزرگترین بعدشان از دستگاه رد نمی‌شود و این ذرات کنار گذاشته می‌شوند.

۷-۵- تمامی سنگدانه‌های طولی را با هم مخلوط و وزن نمائید (M_3).

تذکر: در صورتیکه درخواست شود، ضریب تطویل برای هر بخش تفکیک شده به صورت مجزا تعیین می‌گردد. در این حالت درصد سنگدانه‌های سوزنی هر بخش به وزن سنگدانه‌های تفکیک شده در همان بخش به صورت درصد تعیین می‌شود.

جدول ۳- اطلاعات لازم برای اندازه‌گیری ضریب تطویل			
حداقل وزن برای هر تقسیم مجدد	فاصله بین میله‌های دستگاه سنج طول ^۱	اندازه مصالح سنگی تفکیک شده	
		الک آزمایش	
		۱۰۰ درصد عبوری	۱۰۰ درصد مانده
۳۵ کیلوگرم	$78/7 \pm 0/3$ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر	۵۰ میلیمتر
۱۵ کیلوگرم	$59/0 \pm 0/3$ میلیمتر	۲۸ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر
۵ کیلوگرم	$43/2 \pm 0/3$ میلیمتر	۲۰ میلیمتر	۲۸ میلیمتر
۲ کیلوگرم	$30/6 \pm 0/3$ میلیمتر	۱۴ میلیمتر	۲۰ میلیمتر
۱ کیلوگرم	$21/6 \pm 0/2$ میلیمتر	۱۰ میلیمتر	۱۴ میلیمتر
۰/۵ کیلوگرم	$14/7 \pm 0/2$ میلیمتر	۶/۳ میلیمتر	۱۰ میلیمتر

۱- این اندازه‌ها معادل با ۱/۸ برابر میانگین اندازه الک می‌باشد.

۸- محاسبه و شرح نتایج:

مقدار ضریب تطویل از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{ضریب تطویل} = \frac{M3}{M2} \times 100$$

که در آن:

M_2 = جرم کل مصالح تفکیک شده (که در آن بخشهای هر قسمت دارای جرمی بیشتر از ۵ درصد جرم کل می‌باشد).

M_3 = جرم کل تمام سنگدانه‌های تطویل
ضریب تطویل به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده و گزارش می‌گردد.

۹- گزارش آزمایش:

در گزارش آزمایشات باید تاکید شود که ضریب تطویل مطابق با این بخش از استاندارد ۸۱۲ BS تعیین شده و تایید یا عدم تایید نمونه ذکر شده باید مشخص گردد.

در صورت در دسترس بودن، یک کپی از تاییدیه نمونه گیری باید ارائه شود. گزارش آزمایش باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف) مشخصات نمونه

ب) ضریب تطویل

ج) دانه بندی بدست آمده از این آزمایش

استاندارد آزمایش ده درصد ریزدانه

(BS 812: part 3: 1975)

۸) محاسبه مقدار ده درصد ریزدانه

۸-۱- کلیات: مقدار ده درصد ریزدانه میزان مقاومت مصالح در مقابل خردشدن را نشان می‌دهد که هم در مورد مصالح مقاوم و هم در مورد مصالح ضعیف کاربرد دارد.

روش انجام استاندارد آزمایش ده درصد ریزدانه در قسمتهای (۸-۳) تا (۸-۷) توضیح داده شده است. این توضیحات مربوط به مصالح عبوری از الک ۱۴ میلیمتر و مانده روی الک ۱۰ میلیمتر استاندارد BS است. اگر مصالحی با ابعاد استاندارد وجود نداشته باشد و یا در صورت لزوم می‌توان آزمایش را طبق بند (۸-۸) انجام داد.

۸-۲- نمونه گیری: نمونه مورد نیاز این آزمایش باید طبق بند (۸-۵) از بخش یک همین استاندارد تهیه گردد.

۸-۳- تجهیزات: وسایل و امکانات زیر برای انجام آزمایش استاندارد مورد نیاز است.

۸-۳-۱- یک استوانه فولادی با ته باز به همراه پیستون و کفی مطابق با توضیحات بند (۷-۳-۱).

۸-۳-۲- یک میله تراکم با سطح مدور به قطر $\frac{5}{8}$ " و طول ۱۸" تا ۲۴" که سر آن پهن و مدور است. طبق تعریف بند (۷-۳-۲).

۸-۳-۳- یک ترازو طبق تعریف بند (۷-۳-۳).

۸-۳-۴- سری الکهای استاندارد BS ۴۱۰ طبق تعریف بند (۷-۳-۴).

۸-۳-۵- یک دستگاه جک فشاری طبق تعریف بند (۷-۳-۵). نیروی اعمالی ممکن است بین ۵ تا ۵۰۰ کیلو نیوتن متغیر باشد.

۸-۳-۶- یک اندازه‌گیر فلزی استوانه‌ای طبق تعریف بند (۷-۳-۶).

۸-۳-۷- وسیله‌ای برای اندازه‌گیری جابجائی بین صفحات بارگذاری ماشین با دقت یک میلیمتر (مثلاً گیج عقربه‌ای). (در صورت نیاز به نکته اشاره شده در بخش ۸-۵ توجه گردد).

۸-۴- آماده سازی نمونه: آماده سازی نمونه برای آزمایش طبق توضیحات قسمت (۷-۴) انجام می‌گیرد. در صورتیکه نمونه ضعیف باشد، باید مراقبتهایی برای جلوگیری از شکستن و خرد شدن دانه‌ها صورت گیرد.

نکته: باید مصالح به مقدار کافی برای تهیه سه نمونه یا بیشتر وجود داشته باشد.

۸-۵- روش انجام آزمایش: استوانه فولادی را روی کفی آن قرار داده و نمونه را در سه مرحله در آن بریزید، در

هر مرحله بوسیله میله تراکم باید ۲۵ ضربه به سطح فوقانی لایه زده شود. میله را باید از ارتفاع تقریبی ۵۰ میلیمتر روی سطح مصالح سنگی رها کرد. در مورد نمونه‌های ضعیف باید مراقب بود که دانه‌ها شکسته نشوند. سپس با دقت سطح مصالح را صاف کرده و پیستون را به صورت افقی روی آن قرار دهید. مراقب باشید که پیستون در استوانه گیر نکرده باشد. سپس وسایل را به همراه نمونه و پیستون بین صفحات بارگذاری قرار دهید. نیرو را با سرعتی یکنواخت، طوری اعمال کنید که در زمان ۱۰ دقیقه، نفوذ پیستون به داخل سیلندر در محدوده زیر باشد:

a- ۱۵ میلیمتر برای مصالح گرد گوشه و یا قسمتی گرد گوشه (دانه‌های شکسته نشده).

b- ۲۰ میلیمتر برای مصالح شکسته شده معمولی.

c- ۲۴ میلیمتر برای مصالح کلوخه‌ای.

این مقادیر بسته به میزان دانه‌های گرد و گوشه‌دار تغییر می‌کند.

نکته: در مواقعی که مقدار افت وزنی مصالح در برابر ضربه مشخص باشد (بند ۴ را ببینید)، مقدار نیروی لازم برای اولین آزمایش مقدار ده درصد ریزدانه از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$\text{نیروی لازم (KN)} = \frac{4000}{\text{درصد افت وزنی در برابر ضربه}}$$

این نیرو همیشه مقدار درصد ریزدانه‌ای بین ۷/۵ تا ۱۲/۵ خواهد داد. حداکثر نیروی اعمالی برای نفوذ مورد نیاز را یادداشت کنید. نیرو را حذف کرده و استوانه را بالای سینی فلزی قرار دهید و با کمک ضربه زدن توسط یک چکش پلاستیکی مناسب به بیرون استوانه اجازه دهید که ذرات نمونه تحت وزن خود آزادانه بیافتند. دانه‌های ریز چسبیده به داخل استوانه و کف پیستون را توسط یک برس مویی به داخل سینی فلزی بریزید. نمونه داخل سینی فلزی را روی الک ۲/۳۶ میلیمتر استاندارد BS ریخته و آنرا تا وقتی که به مدت یک دقیقه، دیگر ذره‌ای از الک عبور نکند تکان دهید. وزن عبوری از الک را به دست آورده و آنرا به صورت درصدی از وزن کل نمونه محاسبه کنید. معمولاً این درصد ریزدانه بین ۷/۵ تا ۱۲/۵ خواهد بود. در صورتیکه چنین نشد، باید از نیروی بیشتری برای بارگذاری استفاده کرد تا درصد به دست آمده در دامنه مورد نظر قرار گیرد. (از رابطه داده شده در بند ۸-۶ می‌توان برای محاسبه نیروی لازم استفاده کرد).

در طول انجام آزمایش مراقب باشید تا ذرات ریزدانه از دست نرود. با حداکثر نیرویی که درصد ریزدانه‌ای بین ۷/۵ تا ۱۲/۵ می‌دهد آزمایش مجددی انجام دهید.

۸-۶- محاسبات: میانگین درصدهای ریزدانه به دست آمده از دو آزمایش تحت حداکثر نیروی وارده را در رابطه

زیر قرار دهید تا نیروی لازم برای به دست آوردن ده درصد ریزدانه حاصل گردد.

$$y = \frac{14x}{y+4} = \text{نیروی لازم برای به دست آوردن ده درصد ریزدانه}$$

که در آن:

x = حداکثر نیروی به دست آمده (KN)

y = درصد متوسط ریزدانه به دست آمده از دو آزمایش تحت نیروی x کیلونیوتن می باشد.

۸-۷- گزارش نتایج: نیروی لازم برای رسیدن به ده درصد ریزدانه با دقت ۱۰ کیلونیوتن برای نیروهای ۱۰۰ کیلونیوتنی و بالاتر و با دقت ۵ کیلونیوتن برای نیروهای کمتر از ۱۰۰ کیلونیوتن و همچنین مقدار ده درصد ریزدانه باید گزارش شوند.

۸-۸- محاسبه مقدار ده درصد ریزدانه برای مصالحی با ابعاد غیر استاندارد

۸-۸-۱- کلیات: در صورت لزوم و یا در مواقعی که ابعاد استاندارد در دسترس نیست، آزمایش‌هایی روی نمونه عبوری از الک ۲۸ میلیمتر و مانده روی ۲/۳۶ میلیمتر سری BS انجام می‌گیرد. استفاده از اندازه الکهای مصالح با ابعاد استاندارد نمی‌تواند اطلاعات مناسبی را جهت مقایسه خردشدگی مصالح با ابعاد غیر استاندارد در اختیار قرار دهد.

۸-۸-۲- تجهیزات: مشابه آنچه در بندهای ۸-۳-۱ و ۸-۳-۳ و ۸-۳-۵ گفته شد به اضافه الکهای سری BS با اندازه‌های مورد نیاز می‌باشد.

۸-۸-۳- آماده‌سازی نمونه: نمونه با ابعاد غیر استاندارد باید شامل مصالح رد شده و مانده روی الکهای BS ذکر شده در جدول (۱) باشند. ادامه روش آزمایش به همان صورت است که در بند ۸-۴ آمده است.

۸-۸-۴- روش انجام آزمایش: آزمایش روی مصالح با ابعاد غیر استاندارد به روش ذکر شده در قسمت (۸-۵) و بر روی نمونه‌های الک شده طبق جدول (۱) انجام می‌گیرد. قابل ذکر است که نفوذ پیستون ممکن است با مقادیر داده شده در قسمت (۸-۵) مطابقت نکند.

۸-۸-۵- محاسبات: مانند روش ذکر شده در بند (۸-۶) است.

۸-۸-۶- گزارش نتایج: نتایج آزمایش‌ها بر روی مصالح با ابعاد غیر استاندارد مطابق آنچه در بند (۸-۷) آمده، همراه با ابعاد مصالح سنگی آزمایش شده، باید گزارش شوند.

تعیین انقباض خطی بخش عبوری از الک ۴۲۵ میکرون خاکها براساس BS ۱۳۷۷-Part ۲: ۱۹۹۰

۶-۵-۱) کلیات- در این روش، تعیین انقباض خطی بخشی از نمونه خاک که از الک ۴۲۵ میکرون عبور کرده است از اندازه‌گیری‌های خطی مفتولی از خاک، شرح داده می‌شود.

الزامات قسمت (۱) این استاندارد، در صورت تناسب، در این روش بکار می‌رود.

۶-۵-۲) وسایل

۶-۵-۲-۱) دو کاردک یا قاشقک

۶-۵-۲-۲) یک صفحه مسطح شیشه‌ای، با ضخامت ۱۰ mm به شکل مربعی به ضلع ۵۰۰ mm، یا ظرف تبخیری به قطر حدود ۱۵۰ میلیمتر.

۶-۵-۲-۳) یک قالب که از برنج یا ماده مناسب دیگری ساخته شده و جزئیات ضروری آن در شکل ۷ تشریح شده است.

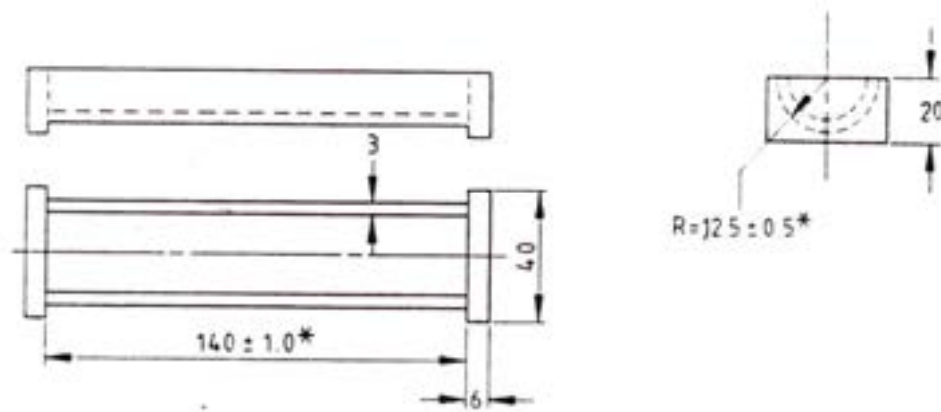
۶-۵-۲-۴) گریس سیلیکون یا ژله نفتی

۶-۵-۲-۵) گرمخانه‌ای که قادر به نگهداشتن دما در محدوده ۶۰ تا ۶۵^oC و همچنین در محدوده ۱۰۵^oC تا ۱۱۰^oC باشد.

۶-۵-۲-۶) وسیله‌ای برای اندازه‌گیری طول تا ۱۵۰ میلیمتر با دقت ۰/۵mm نظیر خط کش فلزی مهندسی یا کولیس ورنیه.

۶-۵-۲-۷) آب مقطر که مشخصات آن با بند (۱-۵) بخش (۱) استاندارد BS ۱۳۷۷، سال ۱۹۹۰ تطبیق نماید.

۶-۵-۳) آماده کردن وسایل- قالب را بطور کامل تمیز کرده و به سطوح داخلی آن لایه نازکی، گریس سیلیکون یا ژله نفتی بمالید تا از چسبیدن خاک به قالب جلوگیری شود.



All dimensions are in millimetres.

* See 4.1.3.1.1 of BS 1377 : Part 1 : 1990.

NOTE. This design has been found satisfactory, but alternative designs may be used provided that the essential requirements are fulfilled.

Figure 7. Mould for linear shrinkage test

شکل ۷ - قالب آزمایش انقباض خطی

۴-۵-۶ دستورالعمل

۴-۵-۶-۱) نمونه‌ای در حدود ۱۵۰ گرم از موادی که از الک ۲۲۵ میکرون عبور کرده و بشرح بند (۴-۲-۴) بدست آمده بر روی صفحه مسطح شیشه‌ای یا در ظرف تبخیر قرار دهید. بروش دیگر نمونه‌ای از خاک طبیعی که ذرات درشت آن جدا شده بگیرد و آن را در ظرف تبخیر با آب مقطر کاملاً مخلوط نمایید تا خمیر کارایی، بدست آید.

۴-۵-۶-۲) در صورت لزوم به ماده حاصل آب بیافزایید و آنرا با کاردک کاملاً مخلوط نمایید تا خمیر یکنواخت نرمی با رطوبت حدود حد روانی خاک بدست آید.

تذکر - اگر میزان نفوذ مخروط در دستگاه نفوذسنج مخروطی در حد روانی حدود ۲۰ میلیمتر باشد یا در دستگاه کاساگراند تعداد ضربات مورد نیاز به حدود ۲۵ برسد ماده فوق به قوام مورد نظر رسیده است. تغییر چند درصدی مقدار رطوبت تأثیر چندانی نخواهد داشت.

۴-۵-۶-۳) مخلوط خاک - آب را در قالب به نحوی قرار دهید که از جوانب قالب کمی به خارج بریزد قالب را به آرامی نکان دهید تا هوای مخلوط از آن خارج شود.

۴-۵-۶-۴) خاک را بوسیله کاردک در امتداد لبه قالب صاف کنید و با پارچه مرطوبی تمام خاکی را که به لبه قالب چسبیده است پاک کنید.

۴-۵-۶-۵) قالب را در محلی قرار دهید که خاک - آب داخل آن در هوای خالی از گرد و غبار خشک

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

شود. تا وقتی که خاک از لبه قالب عقب نشینی کند (منقبض شود)، سپس عمل خشک کردن را در دو مرحله کامل کنید. در مرحله اول دمای گرمخانه کمتر از 65°C است که در طی آن میزان انقباض تا حد زیادی متوقف می شود.

در مرحله دوم دمای گرمخانه بین 105 تا 100 درجه سانتیگراد است که در طی این عمل، خشک شدن کامل می شود.

۶-۵-۴-۶ قالب و خاک را سرد کرده و میانگین طول مفتول خاک را اندازه بگیرید اگر در طی خشک شدن، نمونه خمیده شده، آنرا بدقت از قالب خارج کرده و طول فاصله سطوح بالایی و پایینی را اندازه بگیرید. میانگین این دو طول بعنوان طول نمونه خشک شده در گرمخانه مورد استفاده قرار می گیرد. نکته - اگر نمونه ترک بخورد، یا بشکند، بنحوی که اندازه گیری با اشکال مواجه شود، آزمایش را باید با سرعت خشک شدن کمتری تکرار نمود.

۶-۵-۵-۶ محاسبات و نتایج آزمایش

انقباض خطی خاک را بر حسب درصد طول اصلی نمونه (بر حسب میلیمتر)، L_0 ، از رابطه ذیل بدست آورید:

$$\text{درصد انقباض خطی} = \left(1 - \frac{L_D}{L_0}\right) \times 100$$

که در آن:

L_0 طول نمونه خشک شده در گرمخانه (بر حسب میلیمتر) است.

درصد انقباض طولی خاک را به نزدیک ترین عدد صحیح گرد کرده و گزارش کنید.

۶-۵-۶ گزارش آزمایش

در گزارش باید ذکر گردد که آزمایش بر طبق BS 1377 : Part 2: 1990 انجام شده و شامل اطلاعات ذیل باشد:

(a) - روش آزمایش مورد استفاده

(b) - مقدار انقباض خطی خاک

(c) - میزان نسبی خاکی که از الک 425 میکرون عبور کرده است.

(d) - تاریخچه نمونه، مثلاً اینکه آیا در وضعیت طبیعی یا پس از الک کردن بروش مرطوب یا پس از هر روند دیگری، آزمایش شده است.

(e) - اطلاعات مورد لزوم در بند ۹ BS 1377: Part 1: 1990

استاندارد BS ۱۳۷۷، بخش ۸، سال ۱۹۹۰
 آزمایش‌های فشاری سه محوری CU و CD جهت تعیین پارامترهای مقاومتی
 خاک در حالت تنش مؤثر

فهرست

۱) مقدمه	۱-۱ کلیات
۲) معیار آزمایش	۲-۱ تعاریف
۳) مقررات بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷	۳-۱ کلیات
۴) شرایط محیطی و ایمنی آزمایش	۳-۲ شرایط آزمایش
۳) تجهیزات	۳-۲ مقررات بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷
۱-۳ وسایل مربوط به آماده‌سازی نمونه	۴-۲ شرایط محیطی و ایمنی آزمایش
۲-۳ محفظه سه محوری و ملحقات	۳) تجهیزات
۳-۳ سیستم‌های فشار و ملحقات	۱-۳ وسایل مربوط به آماده‌سازی نمونه
۴-۳ تجهیزات انجام آزمایش فشاری	۲-۳ محفظه سه محوری و ملحقات
۵-۳ آماده سازی و کنترل تجهیزات	۳-۳ سیستم‌های فشار و ملحقات
۴) آماده سازی نمونه	۴-۳ تجهیزات انجام آزمایش فشاری
۱-۴ کلیات	۵-۳ آماده سازی و کنترل تجهیزات
۲-۴ قراردادن نمونه روی دستگاه	۴) آماده سازی نمونه
۵) اشباع	۱-۴ کلیات
۱-۵ کلیات	۲-۴ قراردادن نمونه روی دستگاه
۲-۵ نیازهای اولیه	۵) اشباع
۳-۵ اشباع نمودن با افزایش پله‌ای فشار	۱-۵ کلیات
محفظه و فشار متقابل	۲-۵ نیازهای اولیه
۴-۵ اشباع در مقدار رطوبت ثابت	۳-۵ اشباع نمودن با افزایش پله‌ای فشار
۶) تحکیم	محفظه و فشار متقابل
۱-۶ کلیات	۴-۵ اشباع در مقدار رطوبت ثابت
۲-۶ روش تحکیم	۶) تحکیم
۳-۶ محاسبات و رسم منحنی	۱-۶ کلیات

۷) آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده
 - زهکشی نشده با اندازه‌گیری فشار آب
 منفذی

۱-۷ کلیات
 ۲-۷ مرحله اعمال فشار
 ۳-۷ پایان مراحل آزمایش
 ۴-۷ محاسبات
 ۵-۷ ترسیم نمودارها
 ۶-۷ گزارش نتایج

۸) آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده
 - زهکشی شده با اندازه‌گیری فشار آب
 منفذی

۱-۸ کلیات
 ۲-۸ مرحله اعمال فشار
 ۳-۸ پایان مراحل آزمایش
 ۴-۸ محاسبات
 ۵-۸ ترسیم نمودارها
 ۶-۸ گزارش نتایج

پیوست
 A. برگه‌های نمونه پیش نویس و گزارش

جدول
 ۱ ضرایب محاسبه C_v و زمان سیختگی
 ۲ تصحیحات مربوط به زهکش‌های جانبی

تصاویر
 ۱ نمای کلی از محفظه سه محوری
 ۲ نحوه استقرار تجهیزات آزمایش سه محوری
 ۳ منحنی ابدآل تحکیم سه محوری
 ۴ تصحیح شش

(۱) مقدمه

(۱-۱) کلیات

این بخش از استاندارد BS ۱۳۷۷ روش‌های خاصی را برای تعیین پارامترهای مقاومت برشی مؤثر نمونه‌های اشباع شده خاک که ابتدا تحت فشار هیدرواستاتیک تحکیم شده و سپس تحت فشار همه جانبه ثابت با افزایش کرنش محوری گسیخته می‌شوند، ارائه می‌دهد. این آزمایش‌ها بر روی نمونه‌های استوانه‌ای قائم با قطر اسمی ۳۸ تا ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاعی تقریباً دو برابر قطر قابل اجرا می‌باشند. در بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ کلیه منابع مورد استفاده در قسمت‌های مختلف این استاندارد و همچنین روش‌های آماده سازی نمونه‌های خاک ارائه گردیده است.

تذکره: عنوان کلیه نشریاتی که در این استاندارد به آنها رجوع گردیده در صفحه آخر آورده شده است.

(۲-۱) تعاریف

در این بخش از استاندارد BS ۱۳۷۷ می‌توان از تعاریف و اصطلاحات ارائه شده در بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ به اضافه تعاریف زیر استفاده نمود:

(۱-۲-۱) تنش تناضلی ($\sigma_v - \sigma_u$): عبارت است از تفاضل تنش‌های اصلی بزرگتر و کوچکتر، یعنی اختلاف تنش‌های اصلی در آزمایش سه محوری.

(۲-۲-۱) کرنش (ϵ) (کرنش تجمعی): تغییر ابعاد به صورت نسبت یا درصدی از ابعاد اولیه.

(۳-۲-۱) فشار محفظه: فشار سیال محفظه که باعث اعمال تنش همه جانبه (همسانگرد) به نمونه می‌شود. در آزمایش‌های فشاری محوری، فشار محفظه همان تنش اصلی کوچکتر بوده و با σ_u نشان داده می‌شود.

(۴-۲-۱) فشار آب منفذی (u): فشار آب موجود در حفرات بین ذرات جامد که در آزمایش سه محوری اندازه گیری می‌شود.

(۵-۲-۱) فشار متقابل (u_v): فشاری که مستقیماً به سیال منفذی موجود در حفرات نمونه وارد می‌شود.

(۶-۲-۱) فشار همه جانبه مؤثر: تفاضل فشار محفظه و فشار آب منفذی.

(۷-۲-۱) فشار تحکیمی مؤثر: اختلاف بین فشار محفظه و فشار متقابل که در طی مرحله تحکیم سبب خروج سیال حشره‌ای می‌گردد (یعنی $u_v - \sigma_u$).

(۸-۲-۱) گسیختگی: معیارهای تشخیص حالت تنش در لحظه گسیختگی به صورت زیر می‌باشند:

(a) بیشترین تنش تناضلی، یعنی حداکثر اختلاف تنش‌های اصلی که با $(\sigma_v - \sigma_u)$ نشان داده می‌شود.

(b) بیشترین نسبت تنش‌های اصلی مؤثر (σ'_v / σ'_u) .

(c) زمانی که برش نمونه بدون تغییر فشار منفذی (در آزمایش زهکشی نشده) و یا بدون تغییر حجم (در

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

آزمایش زهکشی شده) ادامه می‌یابد. در هر دو حالت تنش برشی ثابت است.

۱-۲-۹) مقاومت برشی: تنش برشی روی سطح گسیختگی در لحظه شکست (τ_f)، یعنی حداکثر تنش برشی خاک.

۱-۲-۱۰) دایره موهر تنش مؤثر در لحظه گسیختگی: دایره موهر، حالت تنش مؤثر در لحظه گسیختگی را نشان می‌دهد. قطر دایره، با نقاط نشان دهنده تنش اصلی مؤثر کوچکتر و بزرگتر در لحظه گسیختگی مشخص می‌گردد.

۱-۲-۱۱) پارامترهای مقاومت برشی مؤثر: شیب و عرض از مبدا پوش تنش مؤثر موهر - کولمب که به مجموعه‌ای از دواير موهر تنش مؤثر مماس می‌گردد.

۱-۲-۱۲) زاویه اصطکاک داخلی در حالت تنش مؤثر (ϕ'): شیب پوش تنش مؤثر موهر - کولمب (رجوع به نکته مربوط به بند ۱-۲-۱۳).

۱-۲-۱۳) چسبندگی در حالت تنش مؤثر (c'): عرض از مبدا پوش تنش مؤثر موهر - کولمب.

نکته: علائم ϕ' و c' مجموعاً تحت عنوان پارامترهای مقاومت برشی مؤثر شناخته می‌شوند.

۱-۲-۱۴) ضرایب فشار منفذی (A و B): تغییر تنش‌های کل در حالتی که اجازه زهکشی به نمونه داده نمی‌شود باعث تغییر فشار منفذی طبق رابطه زیر می‌گردد:

$$\Delta u = B[\Delta\sigma_v + A(\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3)]$$

Δu تغییر فشار منفذی

$\Delta\sigma_v$ تغییر تنش اصلی کوچکتر کل

$\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_3$ تغییر تنش تفاضلی

A و B ضرایب فشار منفذی

نکته: در یک خاک اشباع (بجز خاکهای بسیار سخت) مقدار B از نظر تئوری برابر یک می‌باشد.

۱-۲-۱۵) ضریب فشار منفذی در گسیختگی (A_f): مقدار ضریب A در لحظه گسیختگی

۱-۲-۱۶) پارامترهای مسیر تنش (s' و t'): پارامترهای مسیر تنش (بر حسب تنش مؤثر) از روابط زیر تعیین

$$s' = \frac{1}{3}(\sigma'_1 + \sigma'_3) \quad \text{می‌گردد:}$$

$$t' = \frac{1}{3}(\sigma'_1 - \sigma'_3)$$

۲) معیار آزمایش

۲-۱) کلیات

۲-۱-۱) آزمایش فشاری: در این بخش از استاندارد BS ۱۳۷۷ دو روش برای انجام آزمایش فشاری به شرح زیر ارائه شده است:

a) آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده - زهکشی نشده با اندازه گیری فشار آب منفذی:

در این آزمایش مقاومت برشی زهکشی نشده نمونه تحت تنش مؤثر اولیه معینی به دست می آید و ضریب A با توجه به تغییرات فشار منفذی در طول برش تعیین می گردد. با انجام مجموعه ای از آزمایش ها، پارامترهای مقاومت برشی مؤثر در لحظه گسیختگی یعنی c' و ϕ' محاسبه می گردد.

b) آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده - زهکشی شده با اندازه گیری تغییرات حجم:

در این آزمایش مقاومت برشی زهکشی شده و تغییرات حجم نمونه در طول برش تعیین می گردد. در این روش به آب منفذی اجازه داده می شود که آزادانه زهکشی شود. با انجام مجموعه ای از آزمایش ها، پارامترهای مقاومت برشی مؤثر زهکشی شده در لحظه گسیختگی یعنی c' و ϕ' محاسبه می گردد. در مورد بسیاری از خاکها به غیر از رس های بیش تحکیم یافته، به نظر می رسد که پارامترهای c' و ϕ' به دست آمده از هر دو نوع آزمایش فوق، در بیشتر موارد یکسان می باشند و بنابراین در این استاندارد تفکیک نشده اند.

هر دو نوع آزمایش دارای سه مرحله زیر می باشد:

۱) اشباع (فصل ۵)

۲) تحکیم (فصل ۶)

۳) اعمال فشار (فصل ۷ و ۸)

در دو مرحله اول، نمونه اشباع شده و به حالت تنش مؤثر مورد نظر برای آزمایش فشاری رسانده می شود. این دو مرحله در هر دو روش مشترک می باشد. مرحله اعمال فشار در آزمایش تحکیم شده - زهکشی نشده در فصل (۷) و آزمایش تحکیم شده - زهکشی شده در فصل (۸) توضیح داده شده است. در انجام آزمایش از یک دستگاه اعمال فشار با کرنش کنترل شده مثل جک بارگذاری مکانیکی و یک محفظه سه محوری مجزا استفاده می گردد. همچنین می توان از محفظه های سه محوری هیدرولیکی استفاده نمود که اصول اولیه آن مشابه روش اول است (فقط جزئیات روش کار متفاوت می باشد). آماده سازی و تهیه نمونه های آزمایشی در فصل (۴) توضیح داده شده است.

۲-۱-۲) نوع زهکشی: زهکشی با توجه به نحوه اتصال سیستم فشار متقابل ممکن است از یک طرف یا از

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

دو طرف صورت گیرد (بند ۳-۳). برای کاهش مدت زمان آزمایش، در مورد نمونه‌های با نفوذپذیری خیلی کم می‌توان از کاغذهای صافی جانبی استفاده نمود (رجوع به مورد (h) بند ۳-۲). استفاده از این صافی‌ها باعث می‌شود که عمل زهکشی به غیر از سروته نمونه در جهت شعاعی نیز انجام گیرد.

۳-۱-۲ فشار تحکیمی مؤثر: برای تعیین پارامترهای مقاومتی خاک در حالت تنش مؤثر، معمولاً نیاز است که آزمایش‌هایی روی چند نمونه مشابه که تحت محدوده‌ای از تنش‌های مؤثر (بسته به تنش مؤثر عمودی وارده بر خاک در محل σ'_v) تحکیم یافته‌اند انجام گیرد. در مورد یک مجموعه سه نمونه‌ای، استفاده از تنش‌های تحکیمی مؤثر زیر مناسب می‌باشد:

$$\frac{1}{3}\sigma'_{v1} \text{ و } \sigma'_{v1} \text{ و } 2\sigma'_{v1}$$

نکته: در مورد خاکهای متراکم، فشار تحکیمی مؤثر باید با توجه به حداکثر تنش مؤثر در صحرا (σ'_{v1}) تعیین گردد و معمولاً فشارهایی معادل $\frac{1}{3}$ ، ۱ و ۲ برابر σ'_{v1} مناسب می‌باشد.

۲-۲) شرایط آزمایش

پس از انتخاب روش آزمایش (رجوع به موارد (a) و (b) بند ۱-۱-۲) و قبل از شروع یک سری آزمایش، موارد زیر را باید مشخص نمود:

(a) ابعاد نمونه

(b) تعداد نمونه‌های هر سری آزمایش

(c) نوع زهکشی

(d) تصحیح مربوط به زهکشی جانبی (در صورت استفاده)

(e) روش اشباع کردن و اینکه آیا می‌توان آنرا حذف نمود یا خیر

(f) فشار همه جانبه مؤثر

(g) معیار گسیختگی که از بین سه معیار ارائه شده در بند (۱-۲-۸) انتخاب می‌گردد.

۳-۲) مقررات بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷:

مقررات بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ را باید در مورد روش‌های آزمایش توصیف شده در این بخش از استاندارد BS ۱۳۷۷ و در جای منتهی مورد استفاده قرار داد.

۴-۲) شرایط محیطی و ایمنی آزمایش

این آزمایش باید در آزمایشگاهی که دمای آن با دقت $\pm 2^\circ\text{C}$ ثابت و مطابق با شرایط بند (۱-۶) بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷، سال ۱۹۹۰ می‌باشد انجام گیرد. کلیه تجهیزات باید از معرض نور مستقیم خورشید، منابع گرمایی و جریان هوا دور نگه داشته شوند.

هشدار: استفاده کنندگان از تجهیزات مخصوص این بخش از استاندارد BS ۱۳۷۷ باید با قوانین انتقال

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

و اتصالات فشار کاملاً آشنا باشند. محفظه‌های سه محوری و تجهیزات جانبی را نباید تحت فشاری بیش از ظرفیت مجاز کاری آنها قرار داد.

۳) تجهیزات

۳-۱) وسایل مربوط به آماده سازی نمونه

مشاوران

۳-۱-۱) نمونه‌های دست نخورده: وسایل مورد نیاز برای تهیه نمونه‌های دست خورده در بند‌های (۸-۲-۱) و (۸-۲-۴) بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ سال ۱۹۹۰ توضیح داده شده است.

۳-۱-۲) نمونه‌های متراکم شده: وسایل مورد نیاز برای تهیه نمونه‌های دست خورده از خاک با روش متراکم کردن یا بازسازی، در بند (۷-۲) بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ سال ۱۹۹۰ توضیح داده شده است.

۳-۱-۳) وسایل عمومی: متناسب با روش آماده سازی و ابعاد نمونه وسایل زیر مورد نیاز می‌باشد:

a) ترازو با ظرفیت کافی برای تعیین جرم نمونه با دقت 0.03% درصد

b) وسایل مورد نیاز برای تعیین درصد رطوبت به شرح بند (۳-۲-۲) بخش ۲ استاندارد BS ۱۳۷۷ سال ۱۹۹۰.

۳-۲) محفظه سه محوری و ملحقات

جزئیات محفظه سه محوری و ملحقات مورد نیاز آن به شرح زیر می‌باشد:

a) محفظه سه محوری با ابعادی متناسب با ابعاد نمونه و مناسب برای استفاده با آب بدون هوا در فشار مورد نیاز آزمایش (نکته ۱). برای اعمال فشار به محفظه نباید از گاز استفاده نمود.

نکته (۱): معمولاً از آب بدون هوا طبق مشخصات ارائه شده در بند (۲-۵) استاندارد BS ۱۳۷۷، بخش یک، سال ۱۹۹۰ به عنوان سیال محفظه استفاده می‌گردد. استفاده از آب مقطر یا آب دی‌یونیزه (de-ionized water) به دلیل داشتن خاصیت خوردندگی مجاز نمی‌باشد.

نمای کلی محفظه به صورت شماتیک در شکل (۱) نشان داده شده است. این محفظه باید دارای مشخصات زیر باشد:

(۱) صفحه بالایی محفظه: این صفحه از جنس فلز ضد خوردگی بوده و دارای یک پیچ هواگیری و سوراخ عایق‌بندی شده برای حرکت پیستون بارگذاری می‌باشد.

(۲) پیستون بارگذاری برای اعمال بار محوری فشاری به نمونه: خمش جانبی پیستون در طول آزمایش باید بسیار جزئی باشد. اصطکاک بین پیستون و سوراخ عایق‌بندی شده باید به قدری کم باشد که پیستون بتواند آزادانه تحت نیروی وزن خودش حرکت نماید (زمانی که محفظه خالی است) (نکته ۲). فاصله

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

آزاد بین پیستون و سوراخ باید به اندازه‌ای باشد که نشتی را به حداقل برساند (نکته ۳).

نکته (۲): پیستون باید کاملاً تمیز و روغنکاری شود.

نکته (۳): اصطکاک سوراخ پیستون و نشتی محفظه از این مسیر را می‌توان با پوشاندن سطح سیال محفظه با لایه‌ای از روغن کرچک کاهش داد.

۳) بدنه استوانه‌ای محفظه: این قسمت باید قابل جدا شدن باشد تا بتوان نمونه را روی دستگاه قرار داد. محل اتصال استوانه به صفحات بالایی و پایینی باید کاملاً آب بندی گردد (نکته ۴).

نکته (۴): استوانه یا باید از ماده‌ای شفاف ساخته شود و یا دارای پنجره‌هایی برای بازبینی نمونه در طول آزمایش باشد.

۴) کفی محفظه: کفی از ماده‌ای صلب و ضد خوردگی ساخته می‌شود و دارای خروجی‌های نشان داده شده در شکل (۱) می‌باشد. هر مسیر باید دارای یک شیر باشد (یا در صورت عدم نیاز به شیر، دارای یک توپی باشد). مسیرها به صورت زیر به هم متصل می‌گردند:

(i) از پایه کفی به سیستم اندازه‌گیری فشار منفذی (تحت عنوان شیر فشار منفذی نشان داده شده است).

(ii) از کلاهک فوقانی به سیستم اعمال فشار متقابل (تحت عنوان شیر فشار متقابل نشان داده شده است).

(iii) از محفظه به سیستم اعمال فشار همه جانبه (تحت عنوان شیر فشار محفظه نشان داده شده است).

(iv) یک مسیر دیگر از پایه کفی به سیستم اندازه‌گیری تغییرات حجم (تحت عنوان شیر زهکشی تحتانی نشان داده شده است) (نکته ۵).

نکته (۵): محفظه‌هایی که دارای دو مسیر خروجی در پایه کفی می‌باشند به منظور استفاده در آزمایش‌های سه محوری در حالت تنش مؤثر ساخته شده‌اند. از محفظه‌ای با یک مسیر خروجی نیز می‌توان استفاده نمود، اما در این حالت، روش کار نیاز به مقداری اصلاح دارد. در صورت استفاده از این نوع محفظه لازم است که در گزارش قید گردد.

(۷) از وسیله اندازه‌گیری فشار منفذی به تابلوی فشار (تحت عنوان شیر سیستم جریان نشان داده شده است).

کفی باید دارای پایه‌ای با سطح مقطع دایره‌ای و با قطری مساوی قطر نمونه باشد. جوانب آن نیز باید صاف و عاری از ناهمواری باشد.

۵) کلاهک فوقانی: این کلاهک باید از جنسی سبک، نفوذناپذیر و ضد خوردگی بوده و صلبیت آن به حدی باشد که بتوان از تغییر شکل آن در مقایسه با تغییر شکل نمونه صرف‌نظر نمود. کلاهک دارای

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

سوراخی است که می توان آنرا توسط شلنگ انعطاف پذیر با قطر داخلی حداکثر $2/5$ میلیمتر به ورودی فشار متقابل متصل نمود. شلنگ باید نسبت به آب نفوذناپذیر باشد. ضریب انبساط شلنگ نباید به ازاء هر یک کیلو پاسکال افزایش فشار، بیش از $0/001$ میلی لیتر بر متر طولی افزایش یابد. سطح جانبی کلاهک باید صاف و عاری از ناهمواری باشد. در بالای کلاهک، یک نشیمنگاه کروی وجود دارد که نوک پیستون بارگذاری در آن قرار می گیرد (نکته ۶).

نکته (۶): ایجاد یک تورفتگی مخروطی با نیم زاویه 60 درجه برای قرارگیری گلوله فولادی یا انتهای کروی پیستون، مناسب به نظر می رسد.

(b) شیرهای باز و بسته کردن: این شیرها باید در مقابل حداکثر فشار کاری، بدون هیچگونه نشی مقاومت کنند. این شیرها باید در طول مدت استفاده تغییرات حجمی ناچیزی داشته باشند (نکته ۷).

نکته (۷): شیرهای تویی با عایق بندی پلی تترافلورواتیلن (PTFE) این شرایط را دارا می باشند.

(c) غشاء انعطاف پذیر: این غشاء از جنس لاتکس با دانسیته زیاد و یا هر ماده غیر قابل نفوذ مشابه می باشد و برای پوشاندن نمونه و حفاظت آن در مقابل نفوذ سیال محافظه استفاده می شود. قطر داخلی غشاء در حالتی که کشیده نشده است نباید کمتر از 90 درصد قطر نمونه و نیز بزرگتر از آن باشد. طول غشاء باید 50 میلیمتر بلندتر از طول نمونه باشد. ضخامت غشاء نیز نباید بیش از 1 درصد قطر نمونه باشد (نکته ۸).

نکته (۸): معمولاً از غشاء هایی با جنس لاستیک طبیعی استفاده می گردد. در مورد نمونه هایی با قطر تا 50 میلیمتر، ضخامتی معادل $0/2$ میلیمتر مناسب است. برای نمونه های بزرگتر، ضخامت بیشتری مورد نیاز می باشد. در مواقعی که احتمال پاره شدن غشاء توسط ذرات گوشه دار وجود دارد و یا در آزمایش های درازمدت، می توان از دو یا تعداد بیشتری غشاء که توسط گریس لاستیک از هم جدا شده اند استفاده نمود.

برای هر آزمایش باید از یک غشاء نو و بدون نشی استفاده نمود. غشاء باید شب قبلاً از آزمایش در آب بدون هوا قرار داده شود.

(d) چهار حلقه لاستیکی (اورینگ) برای آب بندی نمودن غشاء روی کلاهک و پایه کفی: در هر طرف نمونه دو عدد حلقه لاستیکی استفاده می شود. قطر حلقه لاستیکی در حالت عادی (کشیده نشده) باید بین 80 تا 90 درصد قطر نمونه باشد. حلقه ها در حالت کشیده شده باید عاری از ترک یا پارگی شدگی باشند.

(e) چپقی (متسع کننده غشاء): چپقی استوانه ای است فلزی با قطری مناسب که برای باز کردن غشاء و کشیدن آن روی نمونه مورد استفاده قرار می گیرد.

(f) بازکننده حلقه های لاستیکی: به شکل یک حلقه باز استوانه ای بوده و برای انداختن حلقه های لاستیکی

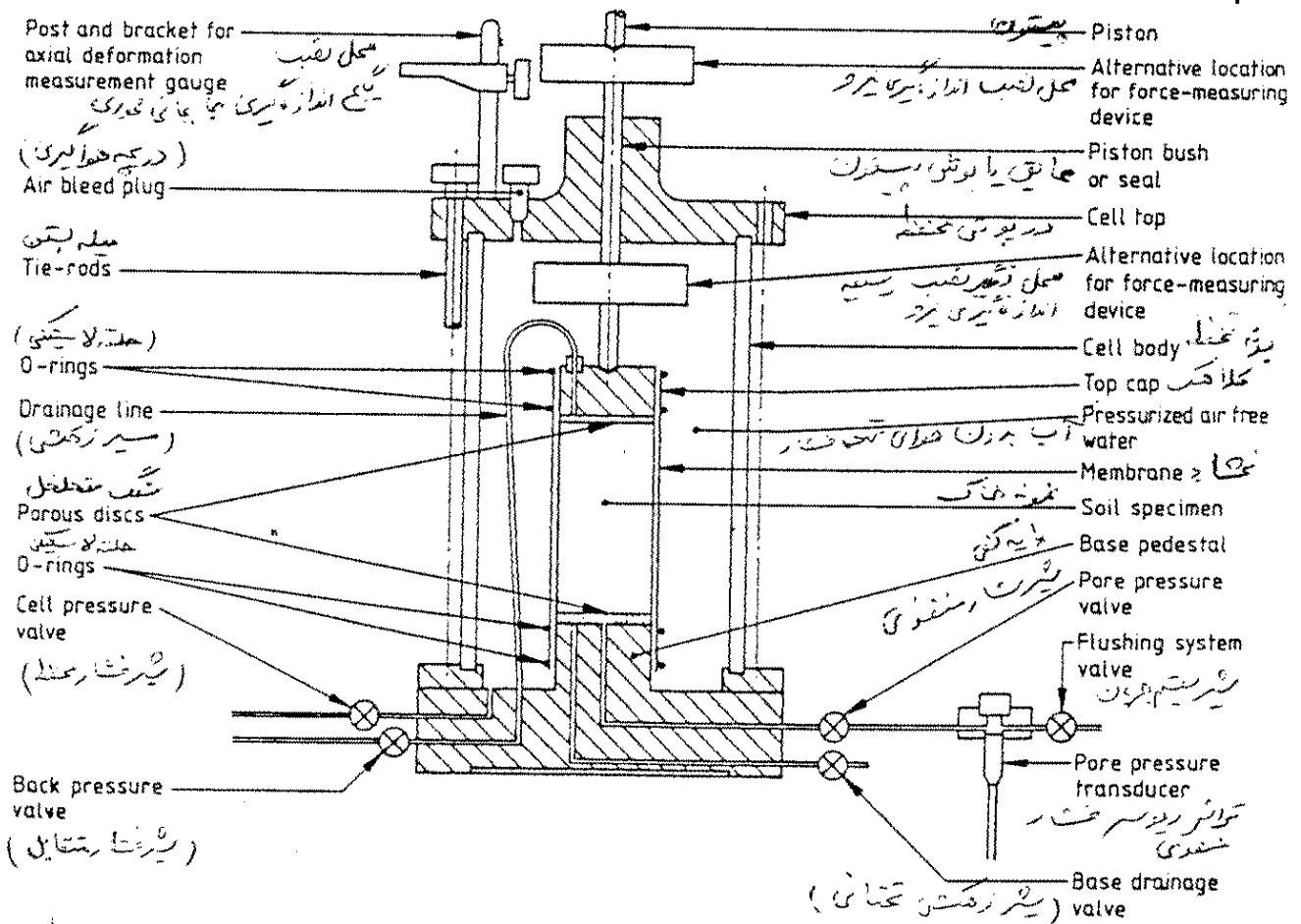
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

روی کلاهک و پایه کفی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

(g) سنگهای متخلخل صلب: این سنگ‌ها بین دو انتهای نمونه و کلاهک و کفی قرار می‌گیرند. قطر سنگها باید مساوی قطر نمونه بوده و سطح آنها صاف باشد. نفوذپذیری سنگها باید اساساً بیشتر از خاک بوده و بتوانند در مقابل فشار عمودی (فشار محفظه به اضافه بار محوری اعمال شده) مقاومت نمایند (نکته ۹). سنگها باید قبل از هر آزمایش بررسی شوند تا حفرات آن توسط ذرات خاک پر نشده باشد. در این حالت باید آنها را حداقل به مدت ۱۰ دقیقه در آب مقطر جوشاند و تا زمان انجام آزمایش در داخل آب بدون هوا نگه داشت.

نکته (۹): برای این منظور استفاده از سنگهای متخلخل از جنس سرامیک متخلخل یا Sintered

bronze (لخته برنز) مناسب به نظر می‌رسد.



شکل (۱): نمایی از بخش‌های مختلف محفظه سه محوری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

(h) کاغذ صافی جانبی واتمن شماره ۵۴ (در صورت نیاز): کاغذ صافی جانبی نباید بیش از ۵۰ درصد سطح جانبی نمونه را بپوشاند (رجوع به نکته ۱۰).

نکته (۱۰): زهکش جانبی را باید فقط برای خاکهای با نفوذ پذیری بسیار پایین استفاده نمود تا حداکثر طول مسیر زهکشی را به مسافتی معادل شعاع نمونه کاهش دهد.

۳-۳) سیستم‌های فشار و ملحقات

سیستم‌های تولید فشار و دستگاههای جانبی آنها به شرح زیر می‌باشند:

(a) برای تولید و ثابت نگه داشتن فشار مورد نظر در محفظه و مسیر زهکشی، نیاز به دو سیستم مجزا می‌باشد که تحت عنوان سیستم فشار محفظه و سیستم فشار متقابل شناخته می‌شوند. این سیستم‌ها باید قادر باشند فشار را با دقت ± 0.5 درصد ثابت نگه دارند (نکته ۱). اگر سیستم هوا - آب استفاده می‌شود، این دو فاز باید توسط یک دیافراگم از جنس مثلاً لاستیک برتیل از هم جدا شوند.

نکته (۱): برای این منظور استفاده از سیستم‌های فشار که دارای جبران کننده خودکار جیره‌ای (به هشدار داده شده در بند (۵-۳-۲) بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ سال ۱۹۹۰ دقت شود)، رگلاتورهای فشار هوا، سلولهای فشار وزنه‌ای و یا رگلاتورهای فشار روغنی هستند مناسب می‌باشد. ظرفیت این سیستم‌ها در آب‌دهی یا خروج آب باید به اندازه‌ای باشد که بتوانند هرگونه نشتی یا زهکشی از نمونه را جبران کنند.

(b) گیج فشار کالیبره شده از نوع آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری مجزای فشار محفظه و فشار متقابل (نکته ۲). داده‌های مربوط به کالیبراسیون باید کاملاً مشخص باشد. گیج به صورت دائمی توسط یک یا تعداد بیشتری شیر به هر دو سیستم فشار متصل می‌گردد. می‌توان از دو گیج مجزا که هر کدام به طور دائمی به سیستم فشار مربوطه متصل می‌گردند نیز استفاده نمود.

مقدار فشار نشان داده شده توسط گیج در سطح مبنا (معمولاً ارتفاع میانی نمونه) باید به حساب آورده شود.

نکته (۲): برای اندازه‌گیری فشارهای زیر ۵۰ کیلوپاسکال، از مانومتر جیره‌ای یا ترانس دیوسر کالیبره شده فشار استفاده می‌گردد.

(c) وسیله کالیبره شده اندازه‌گیری فشار منفذی: این وسیله عبارت است از یک ترانس دیوسر الکتریکی فشار با دقت قرائت یک کیلوپاسکال که توسط یک پیچ روی قطعه بلوکی مستقر می‌گردد. یک طرف قطعه بلوکی به شیر فشار منفذی روی کنی محفظه و طرف دیگر آن به شیر سیستم جریان متصل می‌گردد. وقتی کل شیرها بسته می‌شوند نباید هیچگونه حرکت آب به سمت پایه کنی و یا در جهت

مخالف آن صورت گیرد.

(d) نشان دهنده کالیبره شده تغییرات حجم (نوع بورتی یا ترانس دیوسری): این وسیله به مسیر فشار متقابل متصل می‌گردند (نکات ۳، ۴، و ۵).

نکته (۳): بورت مورد استفاده با نمونه ۳۸ میلیمتری نباید ظرفیتی بیشتر از ۵۰ سانتیمتر مکعب داشته باشد. در مورد نمونه‌های ۱۰۰ میلیمتری یا بزرگتر، معمولاً بورت ۱۰۰ سانتیمتر مکعبی مناسب می‌باشد. در هنگام اندازه‌گیری تغییر حجم‌های کوچک، یعنی در هنگام کار با خاکهای سفت یا در مواقعی که نیاز به دقت بالا می‌باشد، باید از بورت‌های باریک‌تر استفاده نمود تا دقت قرائت بیشتری داشته باشند. خاکهای بسیار تراکم‌پذیر مثل خاکهای نیابتی نیاز به بورت‌های بزرگتری دارند تا نیاز کمتری به استفاده از جریان معکوس باشد.

نکته (۴): بورت پارافینی تحت فشار، در صورتی که بتوان خطوط مقیاس آنرا با دقت مورد نظر قرائت نمود، وسیله مناسبی برای این کار می‌باشد. در صورت وجود دستگاه قرائت کننده الکترونیکی یا سیستم ثبات می‌توان از ترانس دیوسر اندازه‌گیری تغییر حجم با دامنه و حساسیت مناسب استفاده نمود. در کارهای دقیق یا زمانی که تغییرات فشار جزئی است، باید تغییرات حجم ناشی از تماس آب و پارافین با دانسیته پایین را مدنظر قرار داد.

نکته (۵): نشان دهنده تغییرات حجم فقط زمانی می‌تواند تغییرات حجم نمونه را اندازه‌گیری کند که نمونه کاملاً اشباع باشد.

(e) بورت شیشه‌ای (بورت باز): این بورت دارای دقت قرائت $0.2/0$ میلیمتر بوده و سطح آب داخل آن بالای به نازکی از پارافین رنگی پوشانده می‌شود تا از تبخیر آب جلوگیری شود.

نکته (۶): این سیستم فقط برای خاکهای اشباعی که نیازی به اعمال فشار متقابل ندارند استفاده می‌شود و روش جایگزینی برای نشان دهنده تغییرات حجم کالیبره شده می‌باشد (مجموع به مورد (d)).

(f) شلنگ مناسب برای اتصال سیستم‌های فشار به محفظه: ضریب انبساط شلنگ در اثر فشار داخلی نباید از $0.001/0$ میلیمتر بر متر طول به ازاء هر یک کیلو پاسکال افزایش فشار، بیشتر باشد.

(g) زمان سنج با دقت یک ثانیه

(h) دستگاه تهیه آب تازه و بدون هوا با مشخصات قید شده در بند (۵-۲) بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰.

(i) گریس سبلیکون یا ژل نفتی (Petroleum jelly)

نکته (۷): در شکل (۲) نمایی از سیستم کامل سه محوری به صورت شماتیک نشان داده شده است.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۴) تجهیزات انجام آزمایش فشاری

سایر وسایل مورد نیاز برای انجام آزمایش فشاری به شرح زیر می باشد:

(a) دستگاهی با قابلیت اعمال تغییر شکل محوری به نمونه با دامنه سرعت مناسب (نکته ۱): سرعت واقعی جابجایی ماشین نباید بیش از ۱۰ درصد با مقدار آن در مرحله ای که بدون بار کار می کند اختلاف داشته باشد. ماشین باید قادر باشد که با توجه به نیاز آزمایش، تغییر شکل محوری را به آرامی اعمال نماید.

نکته (۱): یک دستگاه مناسب باید قابلیت تنظیم سرعت از ۰/۰۰۱ تا ۰/۵ میلیمتر در دقیقه را داشته باشد.

(b) وسیله ای برای اندازه گیری تغییر شکل محوری نمونه با قابلیت فزانت ۰/۰۱ میلیمتر و با دامنه حداقل $\frac{1}{10}$ طول نمونه: این وسیله می تواند یک گیج عتبه ای کالیبره شده میکرومتری و یا ترانس دیوسر جابجایی بوده و با شرایط بند (۴-۲-۱-۳) بخش یک استاندارد BS1377 سال ۱۹۹۰ تطابق داشته باشد.

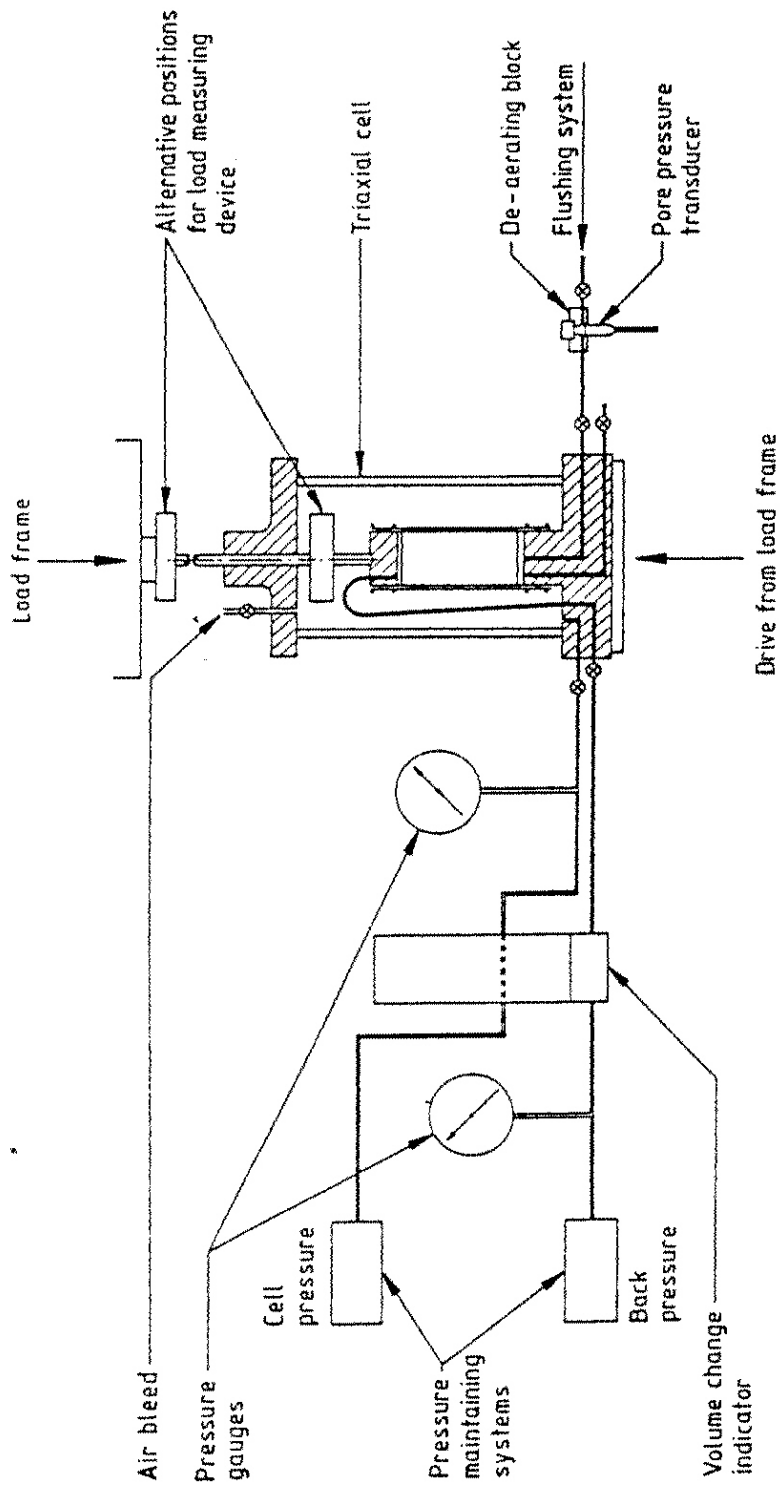
(c) وسیله کالیبره شده برای اندازه گیری نیرو: این وسیله باید ضمن تطابق با شرایط بند (۴-۲-۱-۶)، بخش یک استاندارد BS1377 سال ۱۹۹۰، دارای ظرفیت مناسبی باشد (نکات ۲ و ۳). این وسیله ممکن است در خارج از محفظه نصب شود. در این حالت، وسیله طوری به قاب دستگاه بسته می شود که از اعمال وزن آن به نمونه جلوگیری شود. چنانچه وسیله اندازه گیری نیرو در داخل محفظه نصب گردد، باید در محاسبه تغییر شکل نمونه تصحیحی نیز به خاطر تراکم پذیری وسیله در نظر گرفته شود.

نکته (۲): وسیله اندازه گیری نیرو ممکن است حلقه بارگذاری، ترانس دیوسر بار و یا ترانس دیوسر غوطه ور (که داخل محفظه سه محوری قرار می گیرد) باشد.

نکته (۳): برای انجام هر چه بهتر آزمایش روی نمونه های مختلف باید وسایل اندازه گیری نیرو با ظرفیت های مختلف در دسترس باشد. انتخاب وسیله اندازه گیری مناسب طبق بند (۴-۲-۱-۶) بخش یک استاندارد BS1377 سال ۱۹۹۰ انجام می گیرد.

۳-۵) آماده سازی و کنترل تجهیزات

۳-۵-۱) کلیات: تجهیزات مورد استفاده در آزمایش سه محوری باید قبل از استفاده به طور دقیق بررسی و کنترل شوند. کنترل های ذکر شده در بندهای (۳-۵-۲) تا (۳-۵-۶) باید در مورد سیستم های فشار محفظه، فشار متقابل و فشار منفذی و به دفعات تعیین شده انجام گیرد. کنترل سیستم ها شامل دو نوع «کنترل کامل» و «کنترل معمولی» می باشد. کنترل کامل در حالات زیر انجام می گیرد (رجوع به بندهای



شکل (۲): نمای کلی از سیستم آزمایش سه محوری

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۵-۲، ۳-۵-۳ و ۳-۵-۵):

(a) زمانی که هر نوع وسیله جدید به سیستم اضافه می شود.

(b) زمانی که یکی از قسمت های دستگاه باز شود، جا به جا شود، پیاده و دوباره سوار شود و یا تعمیر گردد.

(c) در فواصل زمانی حداکثر سه ماه

کنترل معمولی بلافاصله قبل از شروع هر آزمایش انجام می شود (رجوع به بندهای ۳-۵-۴ و ۳-۵-۶).
قبل از کنترل، کلیه سیستم های فشار و مسیرهای ارتباطی باید با آب بدون هوا مطابق با شرایط بند (۳-۵) بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ پر شود (نکته).

نکته: برای کنترل سیستم های فشار می توان از یک پمپ دستی پیچی (استوانه کنترل) استفاده نمود.
روش ارائه شده در بند (۳-۵-۷) را می توان روی محیط های متخلخل، بلافاصله پس از هر آزمایش به کار برد.

۳-۵-۲) سیستم فشار محفظه (کنترل کامل)

برای اطمینان از اینکه آیا حداکثر فشار مورد نیاز آزمایش را می توان در طول مدت آزمایش در حد قید شده در قسمت (a) بند (۳-۳) ثابت نگه داشت یا خیر، باید یک آزمون فشار روی محفظه و سیستم اعمال فشار محفظه انجام داد.

۳-۵-۳) سیستم فشار متقابل (کنترل کامل)

۳-۵-۳-۱) جریانی از آب بدون هوا در مسیر اتصال فشار متقابل به نشان دهنده تغییر حجم و مسیر زهکشی نمونه برقرار کنید (از طریق کلاهک یا پایه کنفی). نشان دهنده را حداقل دوبار در محدوده حرکتی اش به کار اندازید و اجازه دهید تا آب از طریق کلاهک یا پایه کنفی خارج شده و سیستم با آب بدون هوای تازه جایگزین شود.

۳-۵-۳-۲) اتصالات مسیر زهکشی را توسط تویی ضد آب بندی کنید.

۳-۵-۳-۳) در حالی که شیر زهکشی باز است، سیستم فشار متقابل را تحت فشار ۷۵۰ کیلوپاسکال قرار دهید و تغییرات حجم را پس از ثابت شدن قرائت کنید.

۳-۵-۳-۴) سیستم را حداقل به مدت ۱۲ ساعت تحت فشار نگه دارید و مجدداً تغییر حجم را قرائت کنید.

۳-۵-۳-۵) اگر اختلاف بین دو قرائت متوالی، پس از ثابت شدن تغییرات حجم در اثر انبساط شنگ، کمتر از ۰/۱ میلی لیتر باشد، سیستم عاری از نشتی و آماده آزمایش می باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۵-۳-۶) اگر اختلاف فوق‌الذکر بیشتر از ۱/۰ میلی لیتر باشد، باید نشتی‌ها را پیدا و آب‌بندی نمود. بنابراین مراحل (۳-۵-۳-۱) تا (۳-۵-۳-۴) باید آنقدر تکرار شود که شرایط قید شده در بند (۳-۵-۳-۵) برقرار گردد.

۳-۵-۴) سیستم فشار متقابل (کنترل معمولی)

مراحل زیر باید هم‌زمان با کنترل معمولی سیستم فشار منفذی انجام شود:

a) جریان آب را در مسیر فشار متقابل برقرار کرده (مطابق ۳-۵-۳-۱) و سپس شیر زهکشی را ببندید. b) فشار در سیستم متقابل را به ۷۵۰ کیلو پاسکال افزایش دهید و سپس تغییر حجم‌های به دست آمده را پس از ۵ دقیقه یادداشت کنید.

c) مراحل ذکر شده در بندهای (۳-۵-۳-۴) تا (۳-۵-۳-۳) را اجرا کنید.

۳-۵-۵) سیستم فشار منفذی (کنترل کامل)

۳-۵-۵-۱) شیر بین بلوک استقرار ترانس دیوسر و سیستم جریان را باز کنید. آب بدون هوا را داخل بلوک استقرار و کفی محفظه به جریان اندازید تا از مسیر پایه کفی خارج شود. بدین ترتیب از پر شدن کامل سیستم با آب بدون هوا اطمینان حاصل کنید.

۳-۵-۵-۲) بدنه محفظه را روی کفی قرار داده و آنرا محکم کنید.

۳-۵-۵-۳) پیچ هواگیری بالای محفظه را باز کرده و محفظه را از طریق بلوک استقرار، با آب بدون هوا پر کنید.

۳-۵-۵-۴) پیچ هواگیری روی بلوک استقرار ترانس دیوسر را باز کرده و شیر فشار منفذی روی کفی محفظه را ببندید.

۳-۵-۵-۵) مقداری کف صابون داخل سوراخ پیچ هواگیری بریزید. شیر فشار منفذی را باز کرده و اجازه دهید که آب محفظه از طریق این سوراخ خارج شود، سپس شیر سیستم جریان را باز کنید تا آب از منبع تولید آب بدون هوا نیز جریان یابد.

۳-۵-۵-۶) در حالی که آب جریان دارد، پیچ هواگیری روی بلوک استقرار را مجدداً ببندید و اجازه دهید تا محفظه پر شود، سپس پیچ هواگیری بالای محفظه را نیز ببندید.

۳-۵-۵-۷) شیر زهکشی روی پایه کفی را باز کنید و اجازه دهید که حدوداً ۵۰۰ میلی لیتر آب بدون هوا از کفی خارج شود (نکته)

نکته: این عمل به خاطر این است که هرگونه هوا یا آب هوادار از بلوک استقرار ترانس دیوسر خارج شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳-۵-۵-۸) سیستم را تحت فشار ۷۰۰ کیلو پاسکال قرار دهید و مجدداً اجازه دهید حدود ۵۰۰ میلی لیتر آب از طریق شیر زهکشی کنفی خارج گردد.

۳-۵-۵-۹) فشار به مدت ۱۲ ساعت روی سیستم باقی می ماند.

۳-۵-۵-۱۰) پس از این مدت زمان، نشستی ها را کنترل کنید و اگر نشستی وجود نداشت، اجازه دهید حدود ۵۰۰ میلی لیتر آب از شیر زهکشی کنفی خارج گردد (نکته). اگر نشستی ملاحظه گردید آنرا برطرف کرده و عملیات فوق را مجدداً تکرار کنید.

نکته: استفاده از یک سیستم حساس اندازه گیری تغییرات حجم، مناسب تر از مشاهده چشمی می باشد.

۳-۵-۵-۱۱) پس از اطمینان از عدم وجود نشستی در سیستم، شیر سیستم جریان در روی بنوک استقرار ترانس دیوسر را ببندید. پس از خالی شدن فشار، در حالی که پیچ هواگیری محافظه باز است، آب را از طریق شیر فشار محافظه، زهکشی کنید.

۳-۵-۵-۱۲) بدنه محافظه را بردارید. ورودی مربوط به اندازه گیری فشار منفذی بر روی پایه کنفی را توسط واشر و بدون محبوس شدن هوا در آن آب بندی کنید.

۳-۵-۵-۱۳) شیر سیستم جریان را باز کنید و حداکثر فشار قابل دسترسی را با توجه به ظرفیت ترانس دیوسر فشار منفذی و سیستم فشار اعمال نمایید.

۳-۵-۵-۱۴) شیر سیستم جریان را که بر روی بنوک استقرار قرار دارد ببندید و در این حالت فشار آب منفذی را قرائت نمایید.

۳-۵-۵-۱۵) اگر مقدار فشار منفذی پس از حداقل ۶ ساعت ثابت بماند، می توان فرض نمود که سیستم عاری از هرگونه هوا یا نشستی است.

۳-۵-۵-۱۶) چنانچه مقدار فشار منفذی کاهش یافت، سیستم دارای نقص می باشد. باید نقص را برطرف نمود و مراحل کنترل سیستم فشار منفذی را مجدداً به طور کامل تکرار کرد (مطابق بندهای ۳-۵-۵-۱ تا ۳-۵-۵-۱۴) تا اینکه دیگر هیچ گونه هوا یا نشستی در سیستم باقی نماند.

۳-۵-۶) سیستم فشار منفذی (کنترل معمولی)

۳-۵-۶-۱) مراحل توضیح داده شده در بندهای ۳-۵-۵-۱ تا ۳-۵-۵-۱۱ را انجام دهید.

۳-۵-۶-۲) بدنه محافظه را بردارید. در حالی که آب، سطح پایه کنفی را پوشانده است، با استفاده از یک تکه غشاء و حلقه های لاستیکی آنرا پوشش دهید تا زمانی که نمونه برای آزمایش آماده شود.

۳-۵-۷) سنگهای متخلخل

۳-۵-۷-۱) از سنگهای متخلخل برای اطمینان از زهکشی آزاد آب استفاده می شود. سنگهایی که حفرات آن توسط خاک مسدود شده است قابل استفاده نمی باشند.

قبل از استفاده باید سنگها را حداقل به مدت ۳۰ دقیقه در آب منظر جوشاند. سپس آنها را تا زمان آزمایش در آب بدون هوا قرار داد.

۳-۵-۷-۲) کاغذهای صافی جانبی را به مدت چند دقیقه داخل آب بدون هوا قرار دهید. بلافاصله قبل از کشیدن کاغذ صافی روی نمونه، اجازه دهید که آب اضافی آن تخلیه شود.

۴) آماده سازی نمونه

۴-۱-۱) کلیات

۴-۱-۱-۱) هدف: در این قسمت روش آماده سازی نمونه های استوانه ای از نمونه خاک اصلی (اولیه) و نیز نحوه قرار دادن نمونه روی دستگاه سه محوری توضیح داده می شود. این روش در مورد آزمایش های فشاری سه محوری CU و CD قابل استفاده می باشد. ارتفاع نمونه ها باید معادل دو برابر قطر بوده و سطح انتهایی آنها عمود بر محورشان باشد. قطر بزرگترین دانه نمونه نباید بیشتر از یک پنجم قطر نمونه باشد (نکته).

نکته: چنانچه پس از اتمام آزمایش مشاهده گردد که نمونه ای حاوی دانه های درشت می باشد، ابعاد و جرم آنها باید گزارش گردد.

نمونه ها ممکن است از خاک دست نخورده تهیه گردند و یا تحت شرایط خاصی متراکم شوند. روش های آماده سازی در بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ آورده شده است.

به منظور به حداقل رساندن اثرات دست خوردگی، آماده سازی دقیق نمونه ها در این آزمایش الزامی است.

۴-۱-۲) اصول

۴-۱-۲-۱) نمونه های دست نخورده: نمونه های دست نخورده را باید با حداقل تغییر در ساختار خاک و درصد رطوبت آن تهیه نمود (نکته ۱). روش آماده سازی بستگی به نوع نمونه ای که تحویل آزمایشگاه داده می شود و اینکه آیا نمونه داخل لوله ای با قطر داخلی معادل قطر نمونه یا در لوله ای با قطر بیشتر و یا به صورت بلوکی می باشد دارد.

نکته (۱): برای جلوگیری از کاهش رطوبت نمونه ها باید بلافاصله آنها را داخل پلاستیک های نازک

چسبان قرار داد.

زمانی که خاک از لوله یا ظرف نمونه گیری خارج می شود، باید شرایط آن مورد بررسی قرار گیرد. وجود هرگونه سست شدگی موضعی، دست خوردگی، دانه های درشت یا سایر ناهمگنی ها باید گزارش گردد.

نکته (۲): در برخی موارد یک نمونه بزرگ که حاوی عوارضی مثل سست شدگی موضعی، دست خوردگی و حضور دانه های درشت است، نسبت به نمونه کوچک معرف بهتری از کل خاک خواهد بود.

۴-۱-۲-۲) نمونه های متراکم شده: میزان تراکم خاک برای بازسازی نمونه بستگی به تراکم صحرائی خاک دارد. با یکی از روش های زیر می توان به تراکم مورد نظر دست یافت:

(a) متراکم نمودن خاک در قالب با درصد رطوبتی مشخص و با اعمال انرژی تراکمی مشخص.

(b) متراکم نمودن خاک در قالب با درصد رطوبتی مشخص تا رسیدن به دانسیته خشک مشخص مورد نظر.

نکته: هر دو روش را می توان برای آماده سازی نمونه هایی که مجدداً از آنها نمونه های آزمایشی کوچکتر تهیه می شود و یا نمونه های بزرگی که مستقیماً مورد آزمایش قرار می گیرند استفاده نمود. برای آماده سازی نمونه های کوچک منفرده، عمدتاً روش توصیف شده در قسمت (b) مورد استفاده قرار می گیرد.

آماده سازی نمونه برای تراکم در بند (۷-۷) بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ توضیح داده شده است.

۴-۱-۳) روش کار

۴-۱-۳-۱) نمونه های دست نخورده،

۴-۱-۳-۱-۱) نمونه توسط یک لوله نمونه گیر با قطر داخلی برابر با قطر نمونه و با توجه به بند (۸-۳) بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ تهیه می گردد.

۴-۱-۳-۱-۲) نمونه توسط یک لوله نمونه گیر با قطر داخلی بیشتر از قطر مورد نیاز نمونه و با توجه به بند (۸-۴) بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ تهیه می گردد.

۴-۱-۳-۱-۳) نمونه گیری از تکه های بلوکی خاک مطابق با بند (۸-۵) بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ صورت می گیرد.

۴-۱-۳-۲) نمونه های دست خورده،

۴-۱-۳-۲-۱) نمونه متراکم شده ای با قطری بزرگتر از نمونه های آزمایشی تهیه و سپس از آن یک یا چند

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نمونه کوچکتر با قطر مورد نظر تهیه نمایید (رجوع به بند ۷-۷-۴ بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ سال ۱۹۹۰).

۴-۱-۳-۲-۲) نمونه متراکم شده‌ای با قطر بزرگ، مثلاً ۱۰۰ میلی‌متر و با توجه به بند (۷-۷-۵) بخش یک استاندارد BS ۱۳۷۷ سال ۱۹۹۰ تهیه نمایید.

۴-۱-۳-۳-۱-۲) نمونه‌ای با قطر کم توسط متراکم نمودن یا بازسازی کردن تهیه نمایید. نمونه را در داخل قالب دو کفه‌ای و حداقل در سه لایه بکوبید. برای رسیدن به دانسیته مورد نظر باید انرژی تراکمی کنترل شده‌ای به خاک وارد کرد که میزان آن با توجه به تجارب قبلی تعیین می‌گردد. نمونه را قبل از خارج نمودن از قالب دو کفه‌ای روی پایه کفی دستگاه فرار دهید.

۴-۱-۳-۳-۱-۴) نمونه متراکم شده‌ای را روی کفی دستگاه تهیه نمایید. برای این کار قالب دو کفه‌ای را روی کفی سوار کنید و یک غشاء لاستیکی روی سطح داخلی آن و پایه کفی بکشید. سپس خاک را لایه لایه داخل قالب بکوبید. این کار را مطابق با روش توصیف شده در بند (۴-۱-۳-۲-۲) یا (۴-۱-۳-۳-۱-۴) انجام دهید. مراقب باشید که غشاء آسبی نبیند. حال قالب دو کفه‌ای را با دقت باز کرده و آزمایش را آغاز کنید.

۴-۱-۴) اندازه‌گیری‌ها: بر روی نمونه‌های تهیه شده طبق بند (۴-۱-۳) اندازه‌گیری‌های زیر صورت می‌گیرد. دقت اندازه‌گیری‌ها باید به حدی باشد که بتوان دانسیته کل را با دقت ± 1 درصد محاسبه نمود.

(a) طول (L.) بر حسب میلی‌متر

(b) قطر (D.) بر حسب میلی‌متر

(c) جرم (m.) بر حسب گرم

نکته: برگه (A-۸) از پیوست A ملاحظه گردد.

۴-۲) قرار دادن نمونه روی دستگاه

۴-۱-۲-۴) روش قرار دادن یک نمونه آزمایش سه محوری که طبق یکی از روش‌های اشاره شده در (۴-۱-۲) تهیه شده است در بندهای (۴-۲-۲) تا (۴-۲-۱۳) توضیح داده شده است. در مورد نمونه تهیه شده طبق بند (۴-۱-۳-۳-۱-۴)، مراحل را از بند (۴-۲-۷) آغاز کنید.

۴-۲-۲) در حالی که لایه نازکی آب روی پایه کفی را پوشانده است. سنگ متخلخل اشباع شده را بدون اینکه هوایی محبوس گردد، روی پایه کفی قرار داده و آب اضافی را خشک کنید.

۴-۲-۳) نمونه را بدون هرگونه تأخیر روی سنگ متخلخل قرار دهید.

۴-۲-۴) سنگ متخلخل اشباع شده دوم را پس از خشک کردن آب اضافی روی نمونه قرار دهید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۴-۲-۵) در صورت نیاز به زهکشی جانبی، کاغذ صافی جانبی را پس از گرفتن آب اضافی آن دور نمونه قرار دهید (نکته). با حرکت آرام انگشت هوای باقیمانده پشت کاغذ صافی را خارج کنید. مطمئن شوید که کاغذ صافی تا روی سنگهای متخلخل کشیده شده باشد.

نکته: مکش حفره‌ای موجود در خاک معمولاً کاغذ صافی را در جای خود نگه می‌دارد. در برخی مواقع کاغذ صافی قبل از قرارگیری نمونه در دستگاه روی آن کشیده می‌شود.

۴-۲-۶) پس از اینکه به نمونه فرصت داده شد تا آب اضافی اطراف آن زهکشی شود، غشاء لاستیکی خیس شده را توسط چپتی روی نمونه بکشید. توسط دو حلقه لاستیکی، غشاء را به پایه کفی متصل و آب‌بندی کنید (نکته). هوای محبوس شده بین غشاء و نمونه را با حرکت آرام انگشت به طرف بالا تخلیه کنید. هیچگونه آب اضافی نباید بین غشاء و نمونه وجود داشته باشد.

نکته: استفاده از لایه نازک گریس روی سطوح جانبی پایه کفی و کلاهک فوقانی می‌تواند به کیفیت آب‌بندی کمک کند. از رسیدن گریس به سنگهای متخلخل و کاغذ صافی جانبی جلوگیری کنید.

۴-۲-۷) دو عدد حلقه لاستیکی را روی شیارهای مربوط به کلاهک فوقانی قرار دهید.

۴-۲-۸) شیر فشار متقابل را به صورت لحظه‌ای باز کنید تا کلاهک فوقانی خیس شود. سپس کلاهک را بدون محبوس شدن هوا روی سنگ متخلخل بالایی قرار دهید. غشاء را روی کلاهک کشیده و با انداختن دو حلقه لاستیکی (با کمک حلقه فلزی شکافدار) آب‌بندی کنید (رجوع به نکته مربوط به بند ۴-۲-۶).
۴-۲-۹) دقت کنید که محور نمونه در جهت قائم قرار گرفته و شلنگ کلاهک فوقانی مانعی در مقابل بسته شدن بدنه محفظه ایجاد نکند.

۴-۲-۱۰) بدنه محفظه را طوری سوار کنید که پیستون بارگذاری با کلاهک فوقانی نمونه تماسی نداشته باشد. با حرکت دادن آرام پیستون به سمت کلاهک، از هم محور بودن نمونه و پیستون بارگذاری اطمینان حاصل کنید. سپس دوباره پیستون را از کلاهک جدا کرده و در صورت نیاز با حرکت دادن پیستون، هرگونه انحراف از محوریت را تصحیح نمایید.

۴-۲-۱۱) محفظه سه محوری را با آب بدون هوا پر کنید و مطمئن شوید که هوای داخل آن از طریق پیچ هواگیری (در شکل ۱) به طور کامل خارج شده باشد. محفظه را حتی الامکان سریع پر نمایید، اما مراقب باشید که جریان آشفته که باعث تولید هوا در آب می‌گردد به وجود نیاید. وجود لایه‌ای از روغن کوچک روی سطح آب باعث می‌شود که پیستون روغنکاری شده و نشنی آن کاهش یابد.

۴-۲-۱۲) پیچ هواگیری (در شکل ۱) را به حالت باز نگه دارید تا اینکه محفظه برای اعمال فشار آماده شده و فشار آن در حد فشار اتمسفر باقی بماند.

۴-۲-۱۳) اولین افزایش فشار محفظه را که برای مرحله اشباع مورد نیاز است، در حداقل زمان ممکن اعمال نمایید (رجوع به بندهای ۳-۵ و ۴-۵).

۵) اشباع

۵-۱) کلیات

اشباع بدین معناست که کلیه فضاهای خالی موجود در نمونه با آب پر شود. اغلب می توان نمونه را با افزایش فشار منفذی، به حدی که آب بتواند کلیه هوای موجود در حفرات را در خود حل نماید، اشباع نمود. فشار منفذی را می توان به طرق زیر افزایش داد:

a) با وارد نمودن فشار منفذی (فشار متقابل) به نمونه و همزمان با آن افزایش فشار محفظه به منظور ایجاد یک تنش مؤثر مثبت جزئی در نمونه

b) با افزایش فشار محفظه به تنهایی

در هنگام اشباع نمونه باید دو حالت مغایر زیر مورد توجه قرار گیرد:

۱) تنش مؤثر اعمالی نباید به اندازه ای زیاد باشد که باعث پیش تنشی یا بیش تحکیم یافتگی نمونه گردد.
۲) تنش مؤثر نباید به اندازه ای کم باشد که باعث ایجاد تورم در خاکهای متورم شونده گردد (مگر اینکه هدف بررسی این پدیده بوده و مراحلی برای اندازه گیری آن انجام گیرد).

در این فصل دو روش برای اشباع کردن نمونه ها توضیح داده شده است. اشباع نمودن با افزایش پدای فشارهای محفظه و متقابل در بند (۳-۵) (نکات ۱ و ۲) و اشباع نمونه با درصد رطوبت ثابت در بند (۴-۵) (نکته ۳) ارائه شده است.

نکته (۱): درجه اشباع نمونه با اندازه گیری ضریب فشار منفذی B تخمین زده می شود و معمولاً فرض بر این است که مقدار B مساوی یا بیشتر از ۹۵ درصد، نشان دهنده اشباع نمونه می باشد (رجوع به ۳-۵).

نکته (۲): این روش را می توان با افزایش پیوسته فشار محفظه و فشار متقابل نیز انجام داد.

نکته (۳): استفاده از این روش در مواقعی که تورم نمونه تأثیر قابل ملاحظه ای روی مقادیر اندازه گیری شده در مرحله برش، مثل تغییرات فشار منفذی، دارد الزامی است. مدت زمان لازم برای انجام این روش بیشتر از مواقعی است که فشار متقابل اعمال می گردد.

۵-۲) نیازهای اولیه

شرایط عنوان شده در بندهای (a) تا (d) زیر باید در کلیه روش های اشباع به جز در موارد خاصی انجام

گیرد:

(a) آبی که از طریق مسیر فشار متقابل به نمونه تزریق می‌گردد باید آب تازه و بدون هوا و مطابق با مشخصات بند (۵-۲) بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ باشد.

(b) مقدار افزایش فشار محفظه در هر مرحله نباید بیشتر از ۵۰ کیلوپاسکال یا تنش مؤثری که نمونه با آن تحکیم می‌شود (فشار مؤثر تحکیمی آزمایش) باشد (هر کدام که کوچکتر هستند)، مگر اینکه با مورد خاصی مواجه باشیم (نکته ۱).

نکته (۱): افزایش‌های فشار معادل ۵۰ کیلوپاسکال تا رسیدن به مقدار B معادل ۰/۸ مناسب بوده و از آن پس می‌توان از افزایش‌های ۱۰۰ کیلوپاسکال استفاده نمود. به شرطی که فشار مؤثر تحکیمی مورد نظر آزمایش بزرگتر از ۱۰۰ کیلوپاسکال باشد.

(c) اختلاف بین فشار محفظه و فشار متقابل (یعنی فشار تفاضلی) نباید از فشار مؤثر مورد نیاز آزمایش و یا ۲۰ کیلوپاسکال (هر کدام که کوچکترند) بیشتر و از ۵ کیلوپاسکال کمتر باشد (نکته ۲).

نکته (۲): فشار تفاضلی معادل ۱۰ کیلوپاسکال برای اکثر خاکهایی که در این فشار مؤثر، تورم قابل ملاحظه‌ای ندارند مناسب می‌باشد.

(d) در مورد خاکهای متورم شونده، فشار تفاضلی معمولاً نباید از ۵ کیلوپاسکال یا تنش مؤثر مورد نیاز برای جلوگیری از تورم کمتر باشد (هر کدام که بیشتر است).

نکته (۳): در هنگام ثبت مقادیر تغییرات فشار منفذی یا تغییرات حجم، بهتر است که نمودار قرائت‌ها نسبت به زمان ترسیم گردد و تا زمانی که نمودارها به مقداری ثابت می‌رسند ادامه یابد.

۵-۳) اشباع نمودن با افزایش پله‌ای فشار محفظه و فشار متقابل

۵-۳-۱) کلیات: در این روش فشارهای محفظه و متقابل به طور متناوب افزایش می‌یابد. مراحل افزایش فشار محفظه بدون ورود یا خروج آب به نمونه صورت می‌گیرد تا بدین ترتیب بتوان ضریب فشار منفذی B را در هر مرحله محاسبه نمود.

فشار متقابل را می‌توان از بالا یا از هر دو طرف به نمونه اعمال نمود. در حالت دوم، شیر فشار متقابل و شیر زهکشی روی کفی به یکدیگر و به سیستم فشار متقابل متصل می‌باشند.

۵-۳-۲) روش کار: مراحل زیر را باید به ترتیب انجام داد (به برگه B-۸ از پیوست A مراجعه گردد):

- (a) ابتدا از بسته بودن شیر یا شیرهای فشار متقابل و شیر سیستم جریان (در شکل ۱) اطمینان حاصل کنید. بلافاصله پس از آن، اولین افزایش فشار محفظه را اعمال نمایید (رجوع به مورد (b) بند ۵-۲ کنید).
- (b) مقادیر فشار منفذی را تا رسیدن به مقداری ثابت قرائت (نکته ۳ بند ۵-۲) و آنرا یادداشت کنید.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

چنانچه فشار مننذی به صورت محسوسی کاهش یافت (احتمالاً پس از افزایش اولیه)، بدون اتلاف وقت جهت رسیدن به حالت ثابت، مرحله تشریح شده در بند (c) را آغاز کنید، تا جائیکه مطمئن شوید فشار مننذی به صفر نمی‌رسد.

(c) فشار محفظه را به مقدار ۵۰ کیلوپاسکال افزایش داده و مرحله (b) را تکرار کنید. پس از رسیدن به حالت ثابت، مقدار فشار مننذی را قرائت کرده و سپس تغییر فشار مننذی (δu) در اثر این افزایش را بر حسب کیلوپاسکال محاسبه کنید. ضریب فشار مننذی B از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$B = \frac{\delta u}{\delta \sigma_v}$$

اگر مقدار B از ۰/۹۵ بیشتر یا مساوی آن باشد. می‌توان نمونه را اشباع در نظر گرفت و مرحله تحکیم (رجوع به بند ۶-۲) را آغاز کرد. در غیر اینصورت مراحل (d) تا (j) را انجام دهید.

(d) شیرهای فشار متقابل و سیستم جریان را ببندید. در این حالت فشار متقابل را افزایش دهید تا به مقدار فشار محفظه نزدیک شده و با آن به اندازه فشار تفاضلی اختلاف داشته باشد. اگر در این مرحله فشار مننذی بیشتر از فشار متقابل گردید، افزایش یا افزایش‌های بیشتری به فشار محفظه داده می‌شود تا فشار متقابل مربوط به آن از فشار مننذی موجود بیشتر شود، یا اینکه مقدار B مساوی یا بیشتر از ۰/۹۵ گردد. قرائت‌های مربوط به تغییر حجم (V_v) در مسیر فشار متقابل را پس از رسیدن به حالت ثابت انجام دهید. یعنی زمانی که انبساط خطوط انتقال ثابت شد.

(e) شیر فشار متقابل را باز کنید (در صورتی که اعمال فشار از بالا و پایین نمونه انجام می‌گیرد، شیر زهکشی نیز باز می‌شود) تا فشار متقابل به نمونه وارد گردد.

(f) مقادیر فشار مننذی و تغییر حجم را قرائت کنید. وقتی مقدار فشار مننذی به فشار متقابل رسید (اگر فشار فقط از بالا به نمونه وارد می‌شود و از زهکشی جانبی استفاده نمی‌شود) و دستگاه اندازه‌گیری تغییر حجم نشان داد که حرکت آب به نمونه قطع شده است، این مقادیر (به ترتیب U_v و V_v) را یادداشت کرده و شیر فشار متقابل را ببندید (و همچنین در صورت نیاز شیر زهکشی روی کنی را). فشار مننذی را تا رسیدن به حالت تعادل بازیابی کنید.

(g) در صورت لزوم مقدار آب ورودی به نمونه، یعنی افزایش حجم در این مرحله را با کم کردن مقادیر V_v و V_v از یکدیگر محاسبه کنید.

(h) فشار محفظه را به اندازه‌ای مناسب ($\delta \sigma_v$) افزایش دهید (رجوع به مرحله (b)) و سپس تغییرات به وجود آمده در فشار مننذی (δu) را به روش گفته شده در مرحله (b) قرائت کنید. وقتی حالت تعادل برقرار شد، ضریب فشار آب مننذی B را از رابطه زیر محاسبه کنید:

$$B = \frac{\delta u}{\delta \sigma_v}$$

(i) مراحل (d) تا (h) را تا رسیدن مقدار B به حالت اشباع ادامه دهید. نمونه وقتی اشباع به حساب می آید که فشار منفذی پس از ۱۲ ساعت و یا در طول یک شب ثابت بماند و مقدار B مساوی یا بزرگتر از ۰/۹۵ باشد. در مورد رس های سنت و ترک خورده، رسیدن به شرایط فوق امکانپذیر نیست و پس از افزایش سه مرحله فشار محفظه و متقابل طی مراحل (d) تا (h)، رسیدن به مقدار B معادل ۰/۹۰ کفایت می کند.

(j) در صورت نیاز، حجم کل آب وارد شده به نمونه را با جمع زدن مقادیر به دست آمده از مرحله (g) محاسبه کنید.

نکته: در پایان می توان منحنی مقدار B در مقابل فشار محفظه و یا فشار منفذی در انتهای هر مرحله را ترسیم نمود.

۴-۵) اشباع با مقدار رطوبت ثابت

۴-۵-۱) کلیات: در این روش هیچ آبی به نمونه وارد یا از آن خارج نمی گردد و اشباع فقط با افزایش فشار جانبی صورت می گیرد.

۴-۵-۲) روش کار: اشباع نمونه در این روش به شرح زیر انجام می گیرد:

(a) فشار محفظه را به مقداری مشخص مثل ۵۰ یا ۱۰۰ کیلو پاسکال افزایش دهید.

(b) اجازه دهید فشار منفذی به حالت تعادل برسد (رجوع به مورد (f) بند ۳-۵-۲)

(c) فشار محفظه را مجدداً به همان اندازه افزایش دهید و فشارهای منفذی حاصل را به شرح گفته شده در (a) و (b) قرائت کنید و مقدار B های مربوطه را محاسبه نمایید.

(d) نمونه زمانی اشباع فرض می شود که یکی از معیارهای ذکر شده در قسمت (i) بند ۳-۵-۲ برقرار باشد.

پس از این مرحله، نمونه اشباع شده برای مرحله تحکیم با تنش مؤثر مورد نظر آماده می باشد.

۶) تحکیم

۱-۶) کلیات

مرحله تحکیم بلافاصله پس از مرحله اشباع (فصل ۵) و با همان تجهیزات انجام می گیرد. تحکیم نمونه در این آزمایش ها همسانگرد است. تحکیم به معنای رساندن نمونه به حالت تنش مؤثر مورد نیاز برای مرحله اعمال فشار می باشد. اطلاعات حاصل از مرحله تحکیم برای ارزیابی نرخ مناسب اعمال کرنش

در مرحله برش مورد استفاده قرار می‌گیرد. همچنین از این اطلاعات برای تشخیص زمان کامل شدن تحکیم و محاسبه ابعاد نمونه در آغاز مرحله برش استفاده می‌شود.

تنش مؤثر در نمونه با افزایش فشار محفظه به مقدار مورد نظر افزایش می‌یابد و فشار منفذی ایجاد شده در اثر این فشار، با باز کردن شیر فشار متقابل به مقداری برابر با فشار متقابل کاهش داده می‌شود. فشار متقابل نباید از فشار منفذی ایجاد شده در آخرین مرحله اشباع و یا ۳۰۰ کیلوپاسکال (هرکدام که بیشتر است) کمتر شود.

۶-۲) روش تحکیم

پس از تکمیل مرحله اشباع، شیر فشار متقابل (شکل ۱) بسته شده و مقدار نهایی فشار منفذی و تغییر حجم یادداشت می‌گردد. مرحله تحکیم به صورت زیر انجام می‌شود (رجوع به برگه ۸-C پیوست A):
 a) فشار محفظه (σ_v) را افزایش دهید و در صورت نیاز فشار متقابل را تنظیم کنید تا اختلاف آنها معادل تنش مؤثر تحکیمی (σ_v') گردد، به طوری که:

$$\sigma_v' = \sigma_v - u_b$$

b) فشار منفذی (u_f) پس از رسیدن به حالت تعادل یادداشت می‌گردد (بر حسب کیلوپاسکال).

نکته (۱): برای تشخیص زمان تعادل می‌توان منحنی فشار منفذی نسبت به زمان را ترسیم نمود.

نکته (۲): فشار منفذی اضافه‌ای که باید در مرحله تحکیم از بین برود معادل ($u_f - u_b$) می‌باشد.

c) مقدار اولیه سیستم اندازه‌گیری تغییرات حجم را یادداشت کنید. در یک لحظه مناسب (زمان صفر) مرحله تحکیم را با بازکردن شیر یا شیرهای فشار متقابل آغاز کنید.

d) مقادیر تغییر حجم را در فواصل زمانی مناسب قرائت کنید.

نکته (۳): زمان‌های مناسب برای قرائت حجم نسبت به ریشه زمان عبارتند از صفر، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{2}$ ، 1 ، 2 ، 4 ، 9 ، 16 ، 25 ، 36 ، 64 دقیقه و 2 ، 4 ، 8 ، 16 و 24 ساعت. این زمان بندی باعث به دست آمدن

نقاطی با فاصله منظم برای رسم منحنی می‌گردد. در مورد خاکهایی که به سرعت متراکم می‌شوند، نیاز به تعداد قرائت‌های بیشتری می‌باشد. قرائت‌ها را می‌توان در فواصل زمانی دیگر نیز انجام داد، به نحوی که بتوان منحنی تحکیم - ریشه زمان را با دقت کافی ترسیم نمود.

e) مرحله تحکیم را تا زمانی که تغییرات حجم قابل ملاحظه‌ای اتفاق نمی‌افتد و نیز از بین رفتن حداقل ۹۵ درصد فشار منفذی اضافی ادامه دهید. یعنی زمانی که در آن مقدار U بزرگتر یا مساوی ۹۵ درصد گردد.

$$U = \frac{u_f - u}{u_f - u_b} \times 100\%$$

جائیکه: U درجه تحکیم (%) و u مقدار فشار منفذی قرائت شده در زمان t می باشد.

(f) پس از تکمیل مرحله تحکیم، قرائت های تغییر حجم را ثبت کرده و تغییر حجم کل (ΔV_c) در مرحله تحکیم را محاسبه کنید. مقدار فشار منفذی (u_c) را نیز بر حسب کیلو پاسکال یادداشت کنید.

(g) پس از مراحل فوق، نمونه تحکیم شده جهت انجام آزمایش فشاری زهکشی نشده (فصل ۷) یا زهکشی شده (فصل ۸) آماده است.

۳-۶ محاسبات و رسم منحنی

(رجوع به برگه ۸-C پیوست A)

۱-۳-۶ ابعاد نمونه پس از مرحله تحکیم از روابط زیر محاسبه می گردد:

a) حجم: $V_c = V_o - \Delta V_c$

b) سطح: $A_c = A_o \left[1 - \frac{2}{3} \frac{\Delta V_c}{V_o} \right]$

c) طول: $L_c = L_o \left[1 - \frac{1}{3} \frac{\Delta V_c}{V_o} \right]$

d) قطر: $D_c = \sqrt{4A_c/\pi}$

V_c حجم پس از تحکیم (cm^3)

V_o حجم اولیه نمونه (cm^3)

ΔV_c تغییر حجم نمونه در مرحله تحکیم که معادل حجم آب خروجی از نمونه در مرحله تحکیم می باشد (cm^3)

A_c سطح مقطع نمونه پس از تحکیم (mm^2)

A_o سطح مقطع اولیه نمونه (mm^2)

L_c طول نمونه پس از تحکیم (mm)

L_o طول اولیه نمونه (mm)

D_c قطر نمونه پس از تحکیم (mm)

تکته: اگر تغییر حجم در طول مرحله اشباع قابل ملاحظه باشد، باید میزان آنرا برای تعیین تغییر طول نمونه و ΔV_c تخمین زد. این کار را می توان مثلاً با در نظر گرفتن یک خط مبنا در داخل محفظه و اندازه گیری تغییر طول نمونه همراه با ΔV_c انجام داد.

۲-۳-۶ منحنی تغییر حجم اندازه گیری شده نسبت به ریشه زمان را رسم کنید.

نکته: همچنین می توان منحنی درصد کاهش فشار منفذی را نسبت به لگاریتم زمان رسم نمود (در صورت نیاز).

۶-۳-۳) بهترین خطی را که به بخش اولیه منحنی تغییر حجم - ریشه زمان می توان برازش نمود رسم کنید (این بخش معمولاً در ۵۰ درصد اولیه قرائت های تغییر حجم قرار می گیرد). یک خط افقی نیز به بخش انتهایی منحنی تحکیم مماس کنید (شکل ۳). در نقطه تقاطع این دو خط، مقدار ریشه زمان را که با $\sqrt{t_{1..}}$ نشان داده می شود به دست آورده و زمان $t_{1..}$ مربوط به این نقطه را بر حسب دقیقه محاسبه کنید.

۶-۳-۴) ضریب تحکیم C_{v7} (بر حسب مترمربع در سال) برای تحکیم همسانگرد (نکته) از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$C_{v7} = \frac{1/65 D_c^2}{\lambda t_{1..}}$$

D_c قطر نمونه پس از تحکیم (mm)

λ ضریبی که بستگی به شرایط زهکشی و نسبت طول به قطر نمونه (r) دارد (جدول ۱)

نکته: مقدار C_{v7} به دست آمده از این روش را نباید در محاسبات نشست استفاده نمود، زیرا در صورت استفاده از زهکش جانبی خطای فاحشی به وجود خواهد آمد.

۶-۳-۵) مقدار ضریب تراکم پذیری حجمی نمونه در تحکیم همسانگرد (m_{v7})، در صورت لزوم، از رابطه زیر و بر حسب m^2/MN محاسبه می گردد:

$$m_{v7} = \frac{\Delta V_c / V_c}{u_7 - u_c} \times 1000$$

ΔV_c تغییر حجم نمونه در اثر تحکیم (cm^3)

V_c حجم اولیه نمونه (cm^3)

u_7 فشار منفذی در آغاز مرحله تحکیم (kpa)

u_c فشار منفذی در پایان مرحله تحکیم (kpa)

۶-۳-۶) مدت زمان لازم برای مرحله برش آزمایش (t_f) بر حسب دقیقه از رابطه زیر بدست می آید:

$$t_f = Ft_{1..}$$

که در آن F ضریبی است که بستگی به شرایط زهکشی و نوع آزمایش فشاری (یعنی زهکشی شده یا نشده) دارد.

مقادیر F برای آزمایش های زهکشی شده و زهکشی نشده نمونه های غیر حساس که بصورت پلاستیک تغییر شکل می دهند، در جدول (۱) آورده شده است (نکات ۱ و ۲). در مورد خاکهای سنت و ترک دار و خاکهای حساس می توان از ضریب مربوط به آزمایش زهکشی شده، در آزمایشهای زهکشی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

نشده نیز استفاده نمود.

نکته (۱): ضریب F بر مبنای ۹۵ درصد کاهش فشار منفذی ایجاد شده در مرحله برش محاسبه شده است که در اکثر موارد قابل قبول و قابل استفاده است.

نکته (۲): در مورد خاکهای با نفوذپذیری بالا، ممکن است زمان گسیختگی بسیار کوتاهی به دست آید. زمان گسیختگی نباید از ۲ ساعت کمتر باشد.

۶-۳-۷) به یکی از روش های زیر، کرنش مشخصی را برای آزمایش نمونه تخمین بزنید (ϵ_r):

(a) اگر فقط شرایط گسیختگی (مطابق با معیار توصیف شده در بند ۱-۲-۸) حائز اهمیت است باشد، ϵ_r کرنشی خواهد بود که نمونه در آن دچار گسیختگی می شود.

(b) اگر انجام قرائت هایی با فواصل تقریباً یکسان همراه با مقادیر فشار منفذی مربوط به آنها، حائز اهمیت باشد، ϵ_r مقدار افزایش کرنش بین قرائت هاست.

نکته: استفاده از این روش در مواقعی که نیاز به ترسیم مسیر تنش می باشد ضروری است.

جدول (۱): ضرایب تعیین C_v و زمان گسیختگی

مقدار F (برای $r = 2$)		مقدار λ		شرایط زهکشی در مرحله تحکیم
		$L/D = r$	$L/D = 2$	
زهکشی نشده*	زهکشی شده			
۰/۵۳	۸/۵	$r^2/4$	۱	از یک طرف
۲/۱	۸/۵	r^2	۴	از دو طرف
۱/۸	۱۴	$3/2(1+2r)^2$	۸۰	به طریق شعاعی و یک طرف
۲/۳	۱۶	$4(1+2r)^2$	۱۰۰	به طریق شعاعی و دو طرف
* فقط برای نمونه های خاک غیر حساس با تغییر شکل پلاستیک				

۶-۳-۸) سرعت تغییر شکل محوری (d_r , mm/min) از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$d_r = \frac{\epsilon_r \times L_c}{t_r}$$

L_c طول نمونه پس از تحکیم (mm)

ϵ_r فواصل کرنشی حائز اهمیت برای نمونه مورد آزمایش

t_r زمان رسیدن به کرنش مورد نظر

با استفاده از این رابطه حداکثر سرعت اسمی دستگاه برای انجام آزمایش به دست می آید (نکته)

نکته: «سرعت جابجایی دستگاه» سرعتی است که توسط سازنده دستگاه و برای هر دنده در حالتی

که ماشین با بار صفر حرکت می‌کند، مشخص شده است. سرعت عملی دستگاه در زیر بار ممکن است کمتر از این مقدار باشد. «سرعت نزدیک شدن فکها» کمتر از سرعت ماشین در اثر تغییر شکل سیستم اندازه‌گیری نیرو و قاب بارگذاری است. سرعت تغییر شکل محوری نمونه در واقع همان «سرعت نزدیک شدن فکها» است و اختلاف بین این سرعت و سرعت اسمی دستگاه را باید پذیرفت.

۷) آزمایش سه محوری تحکیم شده - زهکشی نشده با اندازه‌گیری فشار آب منفذی

۱-۷) کلیات

در این آزمایش، در مرحله اعمال نیرو، فشار محفظه ثابت می‌ماند و نمونه با نرخ ثابت تغییر شکل محوری (کنش کنترل شده) تا رسیدن به مرحله گسیختگی تحت فشار قرار می‌گیرد. در این آزمایش اجازه زهکشی به نمونه داده نمی‌شود و بنابراین درصد رطوبت در طی اعمال فشار ثابت می‌ماند. تغییرات فشار منفذی معمولاً در پایین نمونه اندازه‌گیری می‌شود و سرعت تغییر شکل محوری به اندازه‌ای کند است که فشار منفذی اضافی به طور مناسبی تعدیل می‌گردد. روش آزمایش که در بندهای (۷-۲) تا (۷-۶) توضیح داده شده است برای نمونه‌هایی است که اشباع شده و سپس تحت تنش مؤثر تحکیمی مطابق با فصل ۶ تحکیم شده‌اند.

۲-۷) مرحله اعمال فشار

۱-۲-۷) محفظه سه محوری را روی دستگاه اعمال فشار قرار دهید (در صورتی که محفظه در مراحل اشباع و تحکیم در جای دیگری قرار داشته است).

۲-۲-۷) فکهای دستگاه را با دست یا توسط موتور به نحوی تنظیم کنید که پیستون بارگذاری در فاصله کمی از کلاهک نمونه قرار گیرد. قرائت نیرو در طول این عمل را بعنوان مقدار اولیه یادداشت کنید.

نکته: این عمل به خاطر اثرات فشار محفظه روی پیستون و نیز مقاومت اصطکاکی پیستون انجام می‌گیرد. اگر نوع وسیله اندازه‌گیری نیرو اجازه دهد، میاس وسیله را باید طوری تنظیم نمود که این مقدار اولیه را صفر در نظر بگیرد.

۳-۲-۷) سرعت جایجایی دستگاه را طوری تنظیم کنید که نزدیک‌ترین مقدار به سرعت محاسبه شده در بند (۶-۳-۸) باشد (و نه بیشتر از آن).

۴-۲-۷) پیستون را باز هم حرکت دهید تا با نشیمنگاه موجود روی کلاهک فوقانی تماس پیدا کند. تماس مناسب پیستون با کلاهک و هم محور بودن آن با نمونه را کنترل کنید. بار محوری وارد شده به نمونه باید حتی الامکان کوچک باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۷-۲-۵) گنج اندازه گیری تغییر شکل باید قادر باشد که تغییر شکل محوری را تا حداقل ۲۵ درصد طول نمونه اندازه گیری کند. مقدار اولیه را یادداشت کرده و یا آنرا صفر کنید.

۷-۲-۶) از بسته بودن شیر یا شیرهای فشار متقابل اطمینان حاصل کنید. شیرهای فشار محفظه و سیستم اندازه گیری فشار منفذی باید باز باشند (شکل ۱).

۷-۲-۷) مقادیر اولیه زیر را قبل از شروع مرحله برش قرائت کنید (رجوع به برگه ۸-D پیوست A):

(a) تاریخ و زمان

(b) قرائت گنج تغییر شکل

(c) قرائت نیرو

(d) فشار منفذی

(e) فشار محفظه

۷-۲-۸) بار فشاری را به نمونه اعمال کرده و در همان لحظه زمان سنج را نیز روشن کنید.

۷-۲-۹) در فواصل زمانی مشخص، مقادیر تغییر شکل، نیرو و فشار منفذی را قرائت نمایید. حداقل ۲۰ سری داده باید قرائت شود تا بتوان با استفاده از آنها منحنی تنش - کرنش در اطراف نقطه گسیختگی را به خوبی ترسیم نمود (نکات ۱ تا ۳).

نکته (۱): در مورد خاکهای بسیار سفت که سریعاً در کرنش‌های پایین می‌شکنند، برای داشتن داده‌های مورد نیاز بهتر است که قرائت‌ها به جای زمان، در تنش‌های مشخصی انجام گیرد.

نکته (۲): فشار محفظه را در طول آزمایش کنترل کنید تا از ثابت بودن مقدار آن مطمئن شوید.

نکته (۳): برای کنترل سرعت دستگاه باید زمان سپری شده از آغاز آزمایش را نیز یادداشت نمود.

۷-۲-۱۰) مقادیر تنش تفاضلی $(\sigma_1 - \sigma_3)$ و نسبت تنش‌های اصلی مؤثر $(\frac{\sigma_1'}{\sigma_3'})$ را به شرح ذکر شده در بند (۷-۴) محاسبه کرده و نمودار هر کدام را نسبت به کرنش محوری (بر حسب درصد) ترسیم کنید. این عمل در حین انجام آزمایش صورت می‌گیرد.

نکته: به طور همزمان نمودار فشار منفذی در مقابل کرنش و همچنین مسیر تنش σ_3' در مقابل σ_1' ترسیم می‌گردند (رجوع به مورد (L) بند ۷-۴).

۷-۲-۱۱) آزمایش را تا زمانی ادامه دهید که با توجه به نوع معیار گسیختگی تشریح شده در بند (۱-۲-۸) یکی از حالت‌های زیر اتفاق بیفتد:

(a) حداکثر تنش تفاضلی

(b) حداکثر نسبت تنش‌های اصلی مؤثر

(c) رسیدن به تنش برشی ثابت یا فشار منفذی ثابت

چنانچه هیچکدام از شرایط فوق اتفاق نیفتاد، آزمایش را در ۲۰ درصد کرنش محوری متوقف کنید. در این حالت مقاومت برشی را گزارش نکنید.

۷-۲-۱۲) آزمایش را متوقف کرده و شیر فشار منفذی را ببندید. برای حفاظت از ترانس دیوسره، شیر سیستم جریان را باز کنید.

۷-۳) پایان مراحل آزمایش

۷-۳-۱) پیاده کردن یا خالی کردن دستگاه: پس از پایان مرحله اعمال فشار، نمونه را سریعاً از پایه کفی جدا کنید، به طوری که جذب آب نمونه از سنگهای متخلخل به حداقل برسد. مراحل کار به شرح زیر می باشد:

(a) از بسته بودن شیرهای فشار متقابل و فشار منفذی اطمینان حاصل کنید.

(b) نیروی محوری را از روی نمونه بردارید.

(c) فشار محفظه را به صفر رسانده و محفظه را از آب خالی کنید.

(d) محفظه را پیاده کرده و نمونه را بردارید.

(e) کلاهک فوقانی، غشاء لاستیکی، سنگهای متخلخل و کاغذ صافی جانبی (در صورت استفاده) را بردارید.

(f) حالت گسیختگی نمونه را رسم کنید.

۷-۳-۲) اندازه گیری های نهایی

۷-۳-۲-۱) نمونه را وزن کرده و دانسیته نهایی آنرا با استفاده از حجم بعد از تحکیم (V_c) محاسبه کنید (رجوع به بند ۶-۳-۱).

۷-۳-۲-۲) نمونه را تا رسیدن به جرم ثابت خشک کرده و درصد رطوبت آنرا با روش عنوان شده در بند (۲-۳) بخش ۲ استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ تعیین نمایید. نمونه های بزرگ را قبل از گذاشتن در گرمخانه (اون) خرد کنید.

۷-۴) محاسبات

(رجوع به برگه ۸-D پیوست A)

برای هر سری قرائت محاسبات زیر را انجام دهید:

(a) کرنش محوری (ϵ): از رابطه زیر بدست می آید:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_c}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

L_c طول نمونه بعد از مرحله تحکیم (mm)

ΔL تغییر طول نمونه در مرحله اعمال فشار که از قرائت گنج تغییر شکل به دست می آید (mm)

تکته (۱): در استاندارد انگلیسی، کرنش ها به صورت کرنش تجمعی محاسبه می گردند، یعنی تغییر ابعاد نسبت به ابعاد مرجع اولیه.

(b) سطح مقطع نمونه در جهت عمود بر محور آن: با این فرض که نمونه تغییر شکل یافته هنوز به شکل استوانه قائم می باشد، مساحت (A_0) بر حسب mm^2 از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$A_0 = \frac{A_g}{1 - \epsilon}$$

که A_g سطح مقطع نمونه در جهت عمود بر محور طولی بعد از مرحله تحکیم می باشد.

تکته (۲): رابطه فوق با این فرض که کرنش حجمی نمونه کاملاً اشیاع در آزمایش زهکشی نشده، صفر می باشد به دست آمده است.

(c) نیروی محوری: نیروی وارد بر نمونه (علاوه بر نیرویی که توسط فشار محفظه به نمونه وارد می شود) از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$P = (R - R_c) C,$$

P نیروی محوری (بر حسب نیوتن)

R قرائت سیستم اندازه گیری نیرو (بر حسب تقسیم بندی و یا به صورت رقمی)

R_c قرائت اولیه سیستم اندازه گیری نیرو تحت عنوان بار صفر (بر حسب تقسیم بندی و یا به صورت رقمی)

C_p ضریب کالیبراسیون سیستم اندازه گیری نیرو (بر حسب نیوتن بر تقسیم بندی یا رقم)

(d) تنش محوری اعمالی: اختلاف تنش های اصلی یا به عبارت دیگر تنش تفاضلی بر حسب کیلو پاسکال از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_m = \frac{P}{A_s} \times 100$$

(e) تصحیح غشاء: این تصحیح برای از بین بردن اثر محدودکنندگی جانبی غشاء، روی تنش های تفاضلی اعمال می گردد. منحنی نشان داده شده در شکل (۴) مقدار تصحیح (σ_{mh}) برای نمونه های ۳۸

میلیمتری و غشاء با ضخامت ۰/۲ میلیمتر نشان داده شده است. در سایر شرایط مقدار به دست آمده از شکل (۴) را باید در مقدار زیر ضرب نمود تا تصحیح غشاء به دست آید:

$$\frac{38}{D_c} \times \frac{l_m}{0.2}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

D. قطر اولیه نمونه (mm)

t_m ضخامت کل غشاء در برگیرنده نمونه (ممکن است بیش از یک غشاء استفاده شده باشد) (mm)
 f) تصحیح زهکش جانبی: وقتی از کاغذ صافی جانبی برای زهکشی استفاده می شود، لازم است که تصحیح دیگری (σ_{dr}) روی مقادیر مربوط به کرنش های بالای ۲ درصد اعمال نمود. مقدار σ_{dr} از جدول (۲) به دست می آید.

جدول (۲): تصحیح مربوط به زهکش های جانبی

قطر نمونه (mm)	تصحیح زهکش (σ_{dr}) (kPa)
۳۸	۱۰
۵۰	۷
۷۰	۵
۱۰۰	۳/۵
۱۵۰	۲/۵

نکته: مقادیر مربوط به سایر قطرها از طریق درونیابی به دست می آید

نکته (۳): رفتار همزمان غشاء و زهکش جانبی در طول مرحله اعمال فشار محوری بسیار پیچیده بوده و هیچ روشی برای تعیین مقدار دقیق این تصحیحات وجود ندارد. مقادیر ارائه شده در جدول (۲) با در نظر گرفتن فرض های ساده کننده تعیین گردیده و مقادیری حدودی می باشند.

g) تنش تفاضلی تصحیح شده ($\sigma_1 - \sigma_2$): بر حسب کیلوپاسکال از رابطه زیر به دست می آید:

$$(\sigma_1 - \sigma_2) = (\sigma_1 - \sigma_2)_m - \sigma_{mb} - \sigma_{dr}$$

h) تنش اصلی بزرگتر (σ_1): بر حسب کیلوپاسکال از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$\sigma_1 = (\sigma_1 - \sigma_2) + \sigma_2$$

که در آن σ_2 فشار همه جانبه می باشد.

i) تنش های اصلی مؤثر بزرگتر و کوچکتر (σ'_1 و σ'_2): بر حسب کیلوپاسکال از رابطه زیر محاسبه می گردند:

$$\sigma'_1 = \sigma_1 - u$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 - u$$

که در آن u فشار منفذی می باشد.

j) نسبت تنش های اصلی مؤثر (σ'_1 / σ'_2):

k) ضریب فشار منفذی (A): از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$A = \frac{u - u_0}{\sigma_1 - \sigma_0}$$

که در آن u_0 فشار منفذی در آغاز مرحله برش می باشد.

(I) در صورت نیاز پارامترهای مسیر تنش (s' و t') بر حسب کیلو پاسکال و با توجه به تنشهای مؤثر از روابط زیر محاسبه می شوند:

$$s' = \frac{1}{4}(\sigma'_1 + \sigma'_3)$$

$$t' = \frac{1}{4}(\sigma_1 - \sigma_3)$$

۷-۵) ترسیم نمودارها

با توجه به اطلاعات به دست آمده از آزمایش باید نمودارهای زیر ترسیم گردد:

(a) منحنی تنش - کرنش به طوری که کرنش بر حسب درصد روی محور افقی و تنش تفاضلی روی محور عمودی قرار گیرد.

(b) منحنی فشار منفذی - کرنش به طوری که کرنش بر حسب درصد در محور افقی و فشار منفذی در محور عمودی قرار گیرد. فشار منفذی اولیه در آغاز مرحله برش را به وضوح نشان دهید.

(c) منحنی نسبت تنش های اصلی مؤثر (σ'_1 / σ'_3) (روی محور عمودی) در مقابل کرنش محوری (روی محور افقی)

(d) اگر لحظه گسیختگی با توجه به حداکثر تنش تفاضلی یا حداکثر نسبت تنش های اصلی مؤثر یا تنش انحرافی و فشار منفذی ثابت مشخص می شود، یک منحنی نرم از میان نقاط ترسیم شده در بندهای (a) و (c) عبور دهید و نقطه گسیختگی را روی آن مشخص نمایید (نکته). از روی منحنی، مقدار کرنش محوری مربوطه را بخوانید.

نکته: منحنی ممکن است مقدار حداکثر را بین دو نقطه قرائت شده نشان دهد.

(e) دایره موهر تنش مؤثر. شرایط در لحظه گسیختگی را نشان می دهد.

(f) مسیر تنش برای تنش های مؤثر (در صورت نیاز). به طوری که s' روی محور افقی و t' روی محور عمودی قرار گیرد. مقیاس محورهای افقی و عمودی باید یکسان باشد.

۷-۶) گزارش نتایج

۷-۶-۱) کلیات: در گزارش نتایج باید مشخص گردد که آزمایش مطابق با فصل های ۴، ۵، ۶ و ۷ بخش ۸ استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ انجام گرفته است. عنوان آزمایش، یعنی آزمایش سه محوری تحکیم شده - زهکشی نشده با اندازه گیری فشار منفذی و همچنین اطلاعات قید شده در فصل ۹ بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ باید در گزارش آورده شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

برای هر نمونه موارد ذکر شده در بند (۷-۶-۲) باید گزارش گردد. اگر تعدادی نمونه تحت عنوان یک مجموعه، آزمایش شده‌اند، گزارش باید شامل موارد بند (۷-۶-۳) باشد.

(۷-۶-۲) نمونه منسرد: اطلاعات مربوط به هر نمونه شامل موارد زیر است:

- (a) عمق و جهت‌گیری نمونه نسبت به نمونه اصلی
 - (b) ابعاد اولیه نمونه
 - (c) درصد رطوبت و دانسیته اولیه
 - (d) آیا کاغذ صافی جانبی استفاده شده است یا خیر؟
 - (e) روش اشباع کردن نمونه شامل افزایش فشارهای داده شده و فشار تفاضلی (در صورت استفاده)
 - (f) فشار منفذی، فشار محفظه و مقدار ضریب فشار منفذی B در پایان مرحله اشباع
 - (g) فشار محفظه، فشار متقابل و فشار مؤثر در مرحله تحکیم
 - (h) فشار منفذی و درصد افت فشار منفذی در مرحله تحکیم
 - (i) نمودار تغییرات حجم یا کرنش حجمی در مقابل ریشه زمان برای مرحله تحکیم (طبق بند ۶-۳)
 - (j) نرخ جابجایی محوری اعمال شده به نمونه (بر حسب میلی‌متر در دقیقه یا درصد کرنش در ساعت)
 - (k) فشار منفذی و تنش مؤثر در آغاز مرحله اعمال فشار
 - (l) معیار گسیختگی مورد پذیرش (رجوع به بند ۱-۲-۸)
 - (m) کرنش محوری، تنش تفاضلی، فشار منفذی و تنش‌های اصلی مؤثر حداکثر و حداقل در لحظه گسیختگی
 - (n) نسبت تنش‌های اصلی مؤثر در لحظه گسیختگی
 - (o) شکل نمونه پس از گسیختگی
 - (p) نوع و میزان تصحیحات انجام شده روی تنش تفاضلی
 - (q) دانسیته و درصد رطوبت نهایی
 - (r) منحنی‌های قید شده در بند (۷-۵)
- (۷-۶-۳) مجموعه‌ای از نمونه‌ها: وقتی تعدادی نمونه از یک خاک، در فشارهای مؤثر متفاوت مورد آزمایش قرار می‌گیرند تا پارامترهای مقاومت برشی ارزیابی شوند، مقادیر عددی لیست شده در بند (۷-۶-۲) باید با یکدیگر و به صورت گروهی گزارش شوند.
- تکته (۱): نمودارهای عنوان شده در بند (۷-۵) را می‌توان برای هر نمونه بصورت مجزا و به کلاً در یک دستگاه مختصات ترسیم نمود.

تکته (۲): پارامترهای مقاومت برشی مؤثر، یعنی چسبندگی (c')، بر حسب کیلوپاسکال و زاویه

نکته (۲): پارامترهای مقاومت برشی مؤثر، یعنی چسبندگی (c') بر حسب کیلو پاسکال و زاویه اصطکاک داخلی (ϕ') بر حسب درجه به صورت زیر تعیین می شوند (نکته ۳):
 بهترین خط را از میان نقاط نشان دهنده s' و t' در لحظه گسیختگی (با توجه به معیار گسیختگی انتخابی) عبور دهید.
 عرض از مبدا (t_0') و زاویه شیب این خط نسبت به افق (θ) را تعیین نمایید.
 پارامترهای مقاومت برشی را از روابط زیر محاسبه کنید:

$$\sin \phi' = \tan \theta$$

$$c' = \frac{t_0'}{\cos \phi'}$$

نکته (۳): نمونه‌های جداگانه‌ای که از یک خاک مشترک تهیه می شوند، با وجود شباهت ظاهری، اغلب دارای رفتار تنش - کرنش و ویژگیهای متفاوتی هستند. این اختلاف باعث ایجاد مشکلاتی در تعیین پارامترهای مقاومت برشی که معرف کل نمونه خاک هستند می گردد.

نکته (۴): روش دیگر تعیین پارامترهای مقاومت برشی عبارت است از ترسیم دو ایر گسیختگی موهر (مطابق با معیار گسیختگی انتخاب شده) و مماس کردن یک خط راست به آنها. عرض از مبدا این خط معادل c' و زاویه شیب آن ϕ' می باشد.

۸) آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده - زهکشی شده با اندازه گیری تغییرات حجم

۸-۱) کلیات

در این آزمایش در طول مرحله اعمال فشار، فشار محفظه ثابت می ماند و نمونه با نرخ تغییر شکل محوری ثابت (کرنش کنترل شده) تا رسیدن به مرحله گسیختگی بارگذاری می گردد. در این روش آب منفذی نمونه به صورت آزاد زهکشی می شود. سرعت بارگذاری در این روش باید به حدی کم باشد که فشار منفذی ایجاد شده در اثر برش قابل صرف نظر کردن باشد. در شرایط یکسان، سرعت کرنش در این آزمایش به مراتب کمتر از سرعت کرنش در آزمایش تحکیم شده - زهکشی نشده روی نمونه مشابه می باشد. از آنجایی که فشار منفذی ثابت است، فشار همه جانبه مؤثر تغییری نخواهد کرد. مقدار آب ورودی به نمونه یا خروجی از آن توسط سیستم اندازه گیری تغییر حجم نشان داده می شود و معادل تغییر حجم نمونه در طول اعمال فشار می باشد. فشار منفذی در کف نمونه را می توان به منظور کنترل اثر زهکشی قرائت نمود.

روش ارائه شده در بندهای (۸-۲) تا (۸-۶) برای نمونه هایی است که در محفظه سه محوری اشباع

۸-۲) مرحله اعمال فشار

۸-۲-۱) محفظه سه محوری را روی دستگاه اعمال فشار قرار دهید (در صورتی که محفظه در مراحل اشباع و تحکیم در جای دیگر قرار داشته است).

۸-۲-۲) فکهای دستگاه را با دست یا توسط موتور به نحوی تنظیم کنید که پیستون بارگذاری در فاصله کمی از کلاهک نمونه قرار گیرد. عدد نشان داده شده توسط سیستم اندازه گیری نیرو را در این حالت به عنوان مقدار اولیه در نظر گرفته و یادداشت کنید.

تکته: این عمل به خاطر اثرات فشار محفظه روی پیستون و نیز مقاومت اصطکاکی پیستون انجام می گیرد. اگر نوع وسیله اندازه گیری نیرو اجازه دهد، مقیاس وسیله را باید طوری تنظیم نمود که این مقدار اولیه را صفر در نظر بگیرد.

۸-۲-۳) سرعت جابجایی ماشین را طوری تنظیم کنید که نزدیک ترین مقدار به سرعت محاسبه شده در بند (۶-۳-۸) باشد (و نه بیشتر از آن).

۸-۲-۴) پیستون را باز هم حرکت دهید تا با نشیمنگاه موجود روی کلاهک فوقانی نمونه تماس پیدا کند. تماس مناسب پیستون با کلاهک و هم محور بودن آن با نمونه را کنترل کنید. بار محوری وارد شده به نمونه باید تا حد امکان کوچک باشد.

۸-۲-۵) گیج اندازه گیری تغییر شکل باید قادر باشد که تغییر شکل محوری را تا ۲۵ درصد طول نمونه اندازه گیری کند. مقدار اولیه را یادداشت کرده و یا آن را صفر کنید.

۸-۲-۶) از باز بودن شیر فشار محفظه و شیر یا شیرهای فشار متقابل اطمینان حاصل کنید. شیر اندازه گیری فشار منبذی نیز باید باز باشد.

۸-۲-۷) مقادیر اولیه زیر را قبل از شروع مرحله برش قرائت کنید (رجوع به برگه E-۸ پیوست A).

(a) تاریخ و زمان

(b) قرائت گیج تغییر شکل

(c) قرائت نیرو

(d) فشار منبذی

(f) فشار محفظه

۸-۲-۸) بار فشاری را به نمونه وارد کرده و همزمان زمان سنج را هم روشن کنید.

۸-۲-۹) در فواصل زمانی مشخص مقادیر تغییر شکل، نیرو و تغییر حجم را قرائت کنید. حداقل ۲۰ سری قرائت باید انجام شود تا بتوان با کمک آنها منحنی تنش - کرنش را در نزدیکی نقطه گسیختگی به

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

خوبی ترسیم نمود (نکات ۱ تا ۴).

تکته (۱): در مورد خاکهای بسیار سنت که سریعاً در کرنش های پایین می شکنند، برای داشتن داده های مورد نیاز بهتر است که قرائت ها ترجیحاً به جای کرنش، در تنش های مشخصی انجام گیرد تا تعداد قرائتهای مورد نیاز بدست آید.

تکته (۲): نیازی نیست که مقادیر فشار منفذی در هر سری از قرائت ها یادداشت گردد. این فشار تا وقتی ثابت است قرائت نمی گردد (رجوع به ۸-۲-۱۱).

تکته (۳): مقادیر فشار محفظه و فشار متقابل باید به طور پیوسته در طول آزمایش کنترل شوند تا از ثابت بودن آنها اطمینان حاصل شود. در صورت نیاز باید مقدار آنها را تنظیم نمود.

تکته (۴): برای کنترل سرعت دستگاه باید زمان سپری شده از آغاز آزمایش را نیز یادداشت نمود. ۸-۲-۱۰ مقادیر تنش تفاضلی ($\sigma_1 - \sigma_3$) و نسبت تنش های اصلی مؤثر ($\frac{\sigma_1'}{\sigma_3'}$) را به شرح ذکر شده در بند (۸-۴) محاسبه کرده و نمودار هر کدام را نسبت به کرنش محوری (بر حسب درصد) و روی محور طولی (افقی) ترسیم کنید. این عمل در حین انجام آزمایش صورت می گیرد.

تکته: به طور همزمان نمودار کرنش حجمی یا تغییرات حجم نمونه نسبت به کرنش طولی نیز ترسیم می شود.

۸-۲-۱۱) به صورت متناوب، فشار منفذی را کنترل نمایید. چنانچه مقدار آن بیش از ۴ درصد مقدار فشار متقابل تغییر یافته، سرعت دستگاه را تا ۵۰ درصد یا بیشتر کاهش دهید.

۸-۲-۱۲) آزمایش را تا رسیدن به یکی از شرایط زیر ادامه دهید (بسته به معیار گسیختگی انتخابی با توجه به بند ۱-۲-۸).

(a) حداکثر تنش تفاضلی

(b) وقتی که برش بدون تغییر حجم و تحت تنش برشی ثابت ادامه می یابد.

تکته: اگر هیچکدام از شرایط فوق اتفاق نیفتاد، آزمایش را در ۲۰ درصد کرنش محوری متوقف کنید. در این حالت مقاومت برشی را گزارش نکنید.

۸-۲-۱۳) مرحله اعمال فشار را متوقف ساخته و شیرهای فشار منفذی و فشار متقابل را ببندید. برای حفاظت از ترانس دیوسر، شیر سیستم جریان را باز کنید.

۸-۳) پایان مراحل آزمایش

۸-۳-۱) پیاده کردن یا خالی کردن دستگاه: پس از پایان مرحله اعمال فشار، نمونه را به سرعت از روی پایه کنفی بردارید، به طوری که فرصتی برای جذب آب از سنگهای متخلخل نداشته باشد. مراحل کار به شرح زیر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

می باشد:

- (a) از بسته بودن شیرهای فشار متقابل و فشار منتهی اطمینان حاصل کنید.
 (b) نیروی محوری را از روی نمونه بردارید.
 (c) فشار محفظه را به صفر رسانده و محفظه را از آب خالی کنید.
 (d) محفظه را پیاده کرده و نمونه را بردارید.
 (e) کلاهک فوقانی، غشاء لاستیکی، سنگهای متخلخل و کاغذ صافی جانبی را بردارید.
 (f) حالت گسیختگی نمونه را رسم کنید.

۸-۳-۲) اندازه گیری های نهایی

- ۸-۳-۲-۱) نمونه را وزن کرده و دانسیته نهایی آنرا با استفاده از حجم نهایی $(V_c - \Delta V)$ محاسبه کنید.
 V_c حجم نمونه پس از مرحله تحکیم و ΔV کاهش حجم نمونه در طول مرحله اعمال فشار است.
 ۸-۳-۲-۲) نمونه را تا رسیدن به جرم ثابت خشک کرده و درصد رطوبت آنرا با روش عنوان شده در بند (۲-۳) بخش ۲ استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ تعیین کنید. نمونه های بزرگ را قبل از گذاشتن در گرمخانه (اون) خرد کنید.

۸-۴) محاسبات

(رجوع به برگه ۸ - E پیوست A)

برای هر سری قرائت، محاسبات زیر را انجام دهید:

(a) کرنش محوری (ϵ): از رابطه زیر به دست می آید:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_c}$$

L_c طول نمونه بعد از مرحله تحکیم (mm)

ΔL تغییر طول نمونه در مرحله اعمال فشار که از قرائت گیج تغییر شکل به دست می آید (mm)

نکته (۱): در استاندارد انگلیسی، کرنش ها به صورت کرنش تجمعی محاسبه می گردند، یعنی تغییر ابعاد نسبت به ابعاد مرجع اولیه.

(b) کرنش حجمی ناشی از فشار (ϵ_v): از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$\epsilon_v = \frac{\Delta V}{V_c}$$

ΔV تغییر حجم نمونه در مرحله اعمال فشار (نکته ۲)

V_c حجم نمونه پس از مرحله تحکیم و در آغاز مرحله اعمال فشار

نکته (۲): علامت قراردادی برای تنش های فشاری مثبت است، بنابراین کاهش حجم (فشرده گی یا

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

تحکیم) مثبت و افزایش حجم (اتساع یا تورم) منفی در نظر گرفته می شود.

(c) سطح مقطع نمونه در جهت عمود بر محور آن: با این فرض که نمونه تغییر شکل یافته هنوز به شکل استوانه قائم می باشد، مساحت (A_s) بر حسب mm^2 از رابطه زیر به دست می آید:

$$A_s = \frac{1 - \epsilon_v}{1 - \epsilon} A_c$$

که A_c سطح مقطع اولیه نمونه در جهت عمود بر محور طولی در آغاز مرحله اعمال فشار می باشد.

(d) نیروی محوری: نیروی وارد بر نمونه (علاوه بر نیرویی که توسط فشار محفظه به نمونه وارد می شود) از رابطه زیر به دست می آید:

$$P = (R - R_0)C_r$$

P نیروی محوری (بر حسب نیوتن)

R قرائت سیستم اندازه گیری نیرو (بر حسب تقسیم بندی و یا به صورت رقمی)

R_0 قرائت اولیه سیستم اندازه گیری نیرو (بر حسب تقسیم بندی و یا به صورت رقمی) مطابق با بار اعمالی صفر

C_r ضریب کالیبراسیون سیستم اندازه گیری نیرو (بر حسب نیوتن بر تقسیم بندی یا رقم)

(e) تنش محوری اعمالی: اختلاف تنش های اصلی اندازه گیری شده یا تنش تفاضلی بر حسب کیلو پاسکال از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_{m1} = \frac{P}{A_s} \times 10000$$

(f) تصحیح غشاء: این تصحیح برای از بین بردن اثر محدود کنندگی جانبی غشاء روی تنش های تفاضلی اعمال می گردد. منحنی نشان داده شده در شکل (۴) مقدار تصحیح (σ_{mb}) را برای نمونه های ۳۸ میلیمتری و غشاء با ضخامت ۰/۲ میلیمتر نشان داده شده است. در سایر شرایط، مقدار به دست آمده از شکل (۴) را باید در عبارت زیر ضرب نمود تا تصحیح غشاء به دست آید:

$$\frac{2\lambda}{D_0} \times \frac{t_m}{0.2}$$

D_0 قطر اولیه نمونه (mm)

t_m ضخامت کل غشاء در برگیرنده نمونه (ممکن است بیش از یک غشاء استفاده شده باشد) (mm)

(g) تصحیح زهکشی جانبی: وقتی از کاغذ صافی به عنوان زهکش جانبی استفاده می شود، لازم است که تصحیح دیگری (σ_{dv}) روی تنش های مربوط به کرنش های بالای ۲ درصد اعمال نمود. مقدار σ_{dv} از جدول (۲) به دست می آید.

نکته (۳): رفتار همزمان غشاء و کاغذ صافی جانبی در طول مرحله اعمال فشار محوری بسیار پیچیده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

بوده و هیچ روشی برای تعیین مقدار دقیق این تصحیحات وجود ندارد. مقادیر ارائه شده در جدول (۲) با در نظر گرفتن فرض های ساده کننده تعیین گردیده و مقادیری حدودی می باشند.

(h) تنش تفاضلی تصحیح شده $(\sigma_1 - \sigma_2)$: بر حسب کیلوپاسکال از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$(\sigma_1 - \sigma_2) = (\sigma_1 - \sigma_2)_m - \sigma_{mb} - \sigma_{dr}$$

(i) تنش اصلی بزرگتر (σ_1) : بر حسب کیلوپاسکال عبارتست از:

$$\sigma_1 = (\sigma_1 - \sigma_2) + \sigma_2$$

که در آن σ_2 فشار همه جانبه می باشد.

(j) تنش های اصلی مؤثر بزرگتر و کوچکتر $(\sigma'_1$ و $\sigma'_2)$: بر حسب کیلوپاسکال از روابط زیر محاسبه می گردند:

$$\sigma'_1 = \sigma_1 - u$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 - u$$

که در آن u فشار منفذی می باشد.

(k) در صورت نیاز پارامترهای مسیر تنش $(s'$ و $t')$ بر حسب کیلوپاسکال و با توجه به تنشهای مؤثر از رابطه زیر محاسبه می شوند:

$$s' = \frac{1}{2}(\sigma'_1 + \sigma'_2)$$

$$t' = \frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)$$

۸-۵) توسیم نمودارها

اطلاعات زیر را باید به صورت نمودار نشان داد:

(a) منحنی تنش - کرنش، به طوری که کرنش بر حسب درصد روی محوری افقی و تنش تفاضلی روی محور عمودی قرار گیرد. وقتی گسیختگی توسط حداکثر مقدار تنش تفاضلی مشخص می گردد، مقدار حداکثر را از روی منحنی برازش شده به نقاط به دست آورید (نکته). کرنش محوری مربوط به نقطه حداکثر را از روی منحنی بخوانید.

نکته: مقدار حداکثر ممکن است با توجه به شکل منحنی، بین دو نقطه قرائت شده قرار گیرد.

(b) منحنی تغییرات حجم نسبت به کرنش، به طوری که تغییر حجم (یا بر حسب cm^3 و یا به صورت کرنش حجمی) روی محور عمودی و کرنش محوری روی محور افقی قرار گیرد.

(c) دایره موهر تنش مؤثر که شرایط در لحظه گسیختگی را نشان می دهد.

۸-۶) گزارش نتایج

- ۸-۶-۱) کلیات: در گزارش نتایج باید مشخص گردد که آزمایش مطابق با فصل های ۴، ۵، ۶ و ۸ بخش ۸ استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ انجام گرفته است. عنوان آزمایش، یعنی آزمایش سه محوری تحکیم شده - زهکشی شده با اندازه گیری تغییرات حجم و همچنین اطلاعات قید شده در فصل ۹ بخش یک استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ باید در گزارش آورده شود.
- در مورد هر نمونه باید موارد ذکر شده در بند (۸-۶-۲) گزارش گردد. اگر تعدادی نمونه تحت عنوان یک مجموعه آزمایش شده اند، گزارش باید حاوی موارد بند (۸-۶-۳) باشد.
- ۸-۶-۲) نمونه منفرد: اطلاعات مربوط به هر نمونه شامل موارد زیر است:
- a) عمق و جهت گیری نمونه نسبت به نمونه اصلی
 - b) ابعاد اولیه نمونه
 - c) درصد رطوبت و دانسیته اولیه
 - d) آیا کاغذ صافی جانبی استفاده شده است یا خیر؟
 - e) روش اشباع کردن نمونه شامل افزایش فشارهای انجام شده و فشار تفاضلی (در صورت استفاده)
 - f) فشار منفذی، فشار محفظه و مقدار ضریب فشار منفذی B در پایان مرحله اشباع
 - g) فشار محفظه، فشار متقابل و فشار مؤثر در مرحله تحکیم
 - h) فشار منفذی و درصد افت فشار منفذی در مرحله تحکیم
 - i) نمودار تغییرات حجم یا کرنش حجمی در مقابل ریشه زمان برای مرحله تحکیم (طبق بند ۶-۳)
 - j) نرخ جایجایی محوری اعمال شده به نمونه (بر حسب میلیمتر در دقیقه یا درصد کرنش در ساعت)
 - k) فشار منفذی و تنش مؤثر در آغاز مرحله اعمال فشار
 - l) معیار گسیختگی مورد پذیرش
 - m) کرنش محوری، تنش تفاضلی، کرنش حجمی، فشار منفذی و تنش های اصلی مؤثر کوچکتر و بزرگتر در لحظه گسیختگی
 - n) شکل نمونه پس از گسیختگی
 - o) نوع و میزان تصحیحات انجام شده روی تنش تفاضلی
 - p) دانسیته و درصد رطوبت نهایی
 - q) منحنی های قید شده در بند (۸-۵)
- ۸-۶-۳) مجموعه ای از نمونه ها: وقتی تعدادی نمونه از یک خاک در فشارهای مؤثر متفاوت مورد آزمایش قرار

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

می‌گیرند تا پارامترهای مقاومت برشی ارزیابی شوند، مقادیر عددی لیست شده در بند (۸-۶-۲) باید با یکدیگر و به صورت گروهی گزارش شوند.

نکته (۱): نمودارهای عنوان شده در بند (۸-۵) را می‌توان برای هر نمونه به صورت مجزا و یا به صورت کلی در یک دستگاه مختصات ترسیم نمود.

نکته (۲): پارامترهای مقاومت برشی مؤثر، یعنی چسبندگی (c') بر حسب کیلوپاسکال و زاویه اصطکاک داخلی (ϕ') بر حسب درجه به صورت زیر تعیین می‌شوند (نکته ۳):

بهترین خط را از میان نقاط نشان دهنده s' و t' در لحظه گسیختگی (با توجه به معیار گسیختگی انتخابی) عبور دهید. عرض از مبدأ (t'_0) و زاویه شیب خط نسبت به افق (θ) را تعیین نمایید.

$$\sin \phi' = \tan \theta$$

$$c' = \frac{t'_0}{\cos \phi'}$$

نکته (۳): نمونه‌های جداگانه‌ای که از یک خاک مشترک تهیه می‌شوند، با وجود شباهت ظاهری، اغلب دارای رفتار تنش - کرنش و ویژگی‌های متفاوتی هستند. این اختلاف باعث ایجاد مشکلات در تعیین پارامترهای مقاومت برشی که معرف کل نمونه خاک هستند می‌گردد.

نکته (۴): روش دیگر تعیین پارامترهای مقاومت برشی عبارتست از ترسیم دایر گسیختگی موهرو مماس کردن یک خط راست به آنها. عرض از مبدأ این خط c' و زاویه شیب آن ϕ' می‌باشد.

پیوست A: نمونه برگه‌های پیش نویس و گزارش نتایج آزمایش سه محوری

این برگه‌ها فقط به عنوان نمونه آورده شده‌اند. از هر شیب مناسب دیگری می‌توان برای این منظور استفاده نمود.

برگه (A - ۸): آزمایش سه محوری: اطلاعات مربوط به نمونه

برگه (B - ۸): مرحله اشیاء آزمایش سه محوری

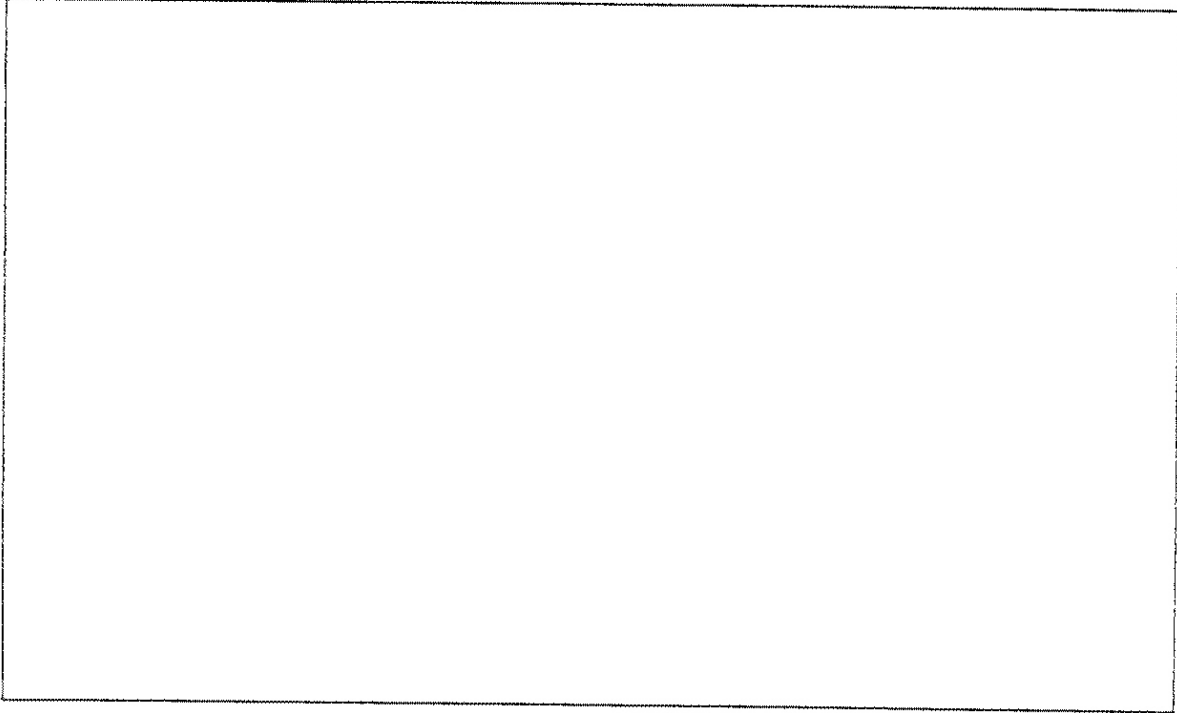
برگه (C - ۸): مرحله تحکیم آزمایش سه محوری

برگه (D - ۸): آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده - زهکشی نشده با اندازه‌گیری فشار آب منفذی

برگه (E - ۸): آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده - زهکشی شده با اندازه‌گیری تغییرات حجم

آزمایش سه محوری - اطلاعات مربوط به نمونه			
موقعیت محل:		شماره کار	
		شماره گمانه یا چاله	
مشخصات نمونه:		شماره نمونه	
		عمق m	
		تاریخ نمونه برداری	
روش آزمایش: فصل ۴، ۵، ۶، ۷ یا ۸ بخش ۸ استاندارد BS ۱۳۷۷ سال ۱۹۹۰		تاریخ آزمایش	
نوع آزمایش: <input type="checkbox"/> تحکیم شده - زهکشی نشده <input type="checkbox"/> تحکیم شده - زهکشی شده <input type="checkbox"/>			
نوع نمونه: <input type="checkbox"/> دست خورده <input type="checkbox"/> دست نخورده <input type="checkbox"/> قطر اسمی: mm			
روش آماده سازی نمونه:			
نمونه خاک اولیه:			
		طول (mm)	قطر (mm)
جرم m_0 (gr):		.....	.....
درصد رطوبت w_0 (%):		.....	.....
جرم خشک m_d (gr):		.....	.....
سطح A (mm^2):		.....	.....
حجم V (cm^3):		.....	.....
دانسیته ρ (Mg/m^3):		.....	.....
دانسیته خشک ρ_d (Mg/m^3):		.....	.....
	
وزن‌ها:			
مشخصات نمونه		بریده‌های نمونه	
قبل از آزمایش	بعد از آزمایش		
		شماره قوطی	
		جرم نمونه + قوطی gr	
		جرم قوطی gr	
m_f	m_0	جرم نمونه gr	
		جرم نمونه خشک + قوطی gr	
m_d	m_d	جرم نمونه خشک gr	
		مقدار رطوبت gr	
w_f	w_0	درصد رطوبت $\%$	
تأیید کننده	کنترل کننده	آزمایش کننده	
		ملاحظات:	

تغییر حجم (cm³)



ریشه زمان (دقیقه)

پس از تحکیم

$m_{vj} = \frac{1000 \cdot \varepsilon_v}{(u_f - u_c)}$ $m_{vj} =$	m^*/MN	$V_c = V_s - \Delta V_c =$ (حجم بعد از تحکیم) (cm)	
		$\varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V} =$ کرونش حجمی	
		$L_c = L_s \cdot (1 - \frac{1}{\sigma} \varepsilon_v) =$ (طول بعد از تحکیم) (mm)	
		$A_c = A_s \cdot (1 - \frac{1}{\sigma} \varepsilon_v) =$ (سطح بعد از تحکیم) (mm ²)	
$C_{vj} = \frac{v/1 A_s}{\lambda_{v...}}$ $C_{vj} =$	ضریب تحکیم $m^*/year$	مقدار F	مقدار λ
		$t_{v...} =$ min	$\sqrt{t_{v...}} =$
		$t_f = Ft_{v...} =$ min	
$\varepsilon_f =$ کرونش مشخصه: کرونش لحظه گسیختگی (تخمینی) = فواصل قرائت =			
$d_r = \frac{\varepsilon_f L_c}{t_f} =$		نرخ جابجایی تعیین شده (mm/min)	
سرعت انتخابی دستگاه: mm/min			
ملاحظات:			
تأیید کننده	کنترل کننده	آزمایش کننده	

برگه (C-8)

آزمایش فشاری سه محوری تحکیم شده - زمکنی شده با ابعاد گوی تغییرات حجم

موقعیت محل:		مشخصات نمونه:	
شماره کار		شماره گمانه یا چاهه	
شماره گمانه یا چاهه		شماره نمونه	
شماره صمق		شماره صمق	
تاریخ نمونه برداری		تاریخ آزمایش	
تاریخ آزمایش		تاریخ آزمایش	
$\sigma_3 =$ اسمی $\sigma_1 =$ فشار محفظه $\sigma_2 =$ سرعت دستگاه $\sigma_3 =$ نرخ کرنش		KPa KPa mm/min % Per h	
فشار تنش f (KPa) S (KPa)		تنش های اصلی σ_2 (KPa) σ_1 (KPa) σ_3 (KPa)	
تایید کننده		کنترل کننده	
آزمایش کننده		آزمایش کننده	
روش آزمایش: فصل ۸ بخش ۸ استاندارد BS 1377 سال ۱۹۹۰ ضخامت فضا (mm): در آغاز مرحله برش $L_c =$ mm $A_c =$ mm ² $V_c =$ cm ³ معیار گسیختگی: | بیشترین تنش تداخلی | بیشترین نسبت تنش | حالت بحرانی | | کرنش محوری %			
تنش تداخلی $(\sigma_1 - \sigma_3)$ (KPa) $\sigma_{mb} + \sigma_{th}$ (KPa) $(\sigma_1 - \sigma_3)_m$ (KPa)		حجم نمونه تفاضل (ml) قرائت (ml) V_r	
نیروی محوری P (N) ϵ (N/dm ²) تفاضل R-R قرائت R A_s (mm ²)		سطح A_s (mm ²) کرنش محوری ϵ (mm) ΔL (mm)	
تاریخ		تاریخ	
زمان		زمان	
تاریخ		تاریخ	

برگه (E-۸)

بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری

گزارش شماره ۱: استاندارد BS- 1377:part 2:1990

۱- کالیبراسیون حجم هیدرومتر - حجم حباب هیدرومتر (V_H) را به روش زیر تعیین کنید:

هیدرومتر را با دقت ۰/۱ گرم وزن کنید. حجم آنرا بر حسب میلی لیتر می توان معادل جرم آن بر حسب گرم دانست. جرم محاسبه شده در حقیقت جرم حباب به اضافه جرم ساقه تا خط نشانه ۱/۰۰۰ روی هیدرومتر می باشد. در عمل، خطای ناشی از در نظر گرفتن حجم این بخش از ساقه، قابل صرف نظر کردن است.

۲- کالیبراسیون مقیاس هیدرومتر

۱-۲- فاصله L (بر حسب میلی متر) را از خط نشانه 1000ml استوانه رسوب گذاری تا خط نشانه 1000ml استوانه رسوب گذاری با دقت یک میلی متر اندازه گیری کنید. برای استوانه ای که فقط خط نشانه 1000ml دارد، تراز 1000ml را با اضافه نمودن 100ml آب (۱۰۰ گرم) تعیین کنید.

۲-۲- فاصله هر خط نشانه اصلی روی هیدرومتر (R_H) را تا پایین ترین خط نشانه کالیبراسیون (d_i) ساقه هیدرومتر، اندازه گیری نموده و یادداشت کنید.

۳-۲- فاصله N را از محل اتصال ساقه به حباب (*neck of bulb*) تا نزدیکترین خط نشانه کالیبراسیون اندازه گیری و یادداشت کنید. سه H متناظر با قرائت R_H برای مجموع فواصل اندازه گیری در ۲-۲ و ۳-۲ می باشد ($N+d_1$, $N+d_2$ و غیره، شکل ۱ ملاحظه شود).

۴-۲- ارتفاع حباب هیدرومتر (h) از انتهای آن تا محل اتصال آن به ساقه اندازه گیری و یادداشت نمایید.

۵-۲- عمق مؤثر H_R (بر حسب میلی متر) را متناظر با هر خط نشانه اصلی، R_H از رابطه زیر محاسبه کنید:

$$H_R = H + \frac{L}{2} \left(h - \frac{V_H}{900} L \right)$$

در این رابطه H فاصله از محل اتصال ساقه به حباب تا محل درجه بندی H_R (بر حسب میلی متر) می باشد.

h طول حباب، یا دو برابر طول از محل اتصال حباب به ساقه تا مرکز حجمی (بر حسب میلی متر).

V_H حجم حباب هیدرومتر (بر حسب میلی لیتر).

L فاصله بین خط نشانه 1000ml و 1000ml استوانه رسوب گذاری بر حسب میلی متر می باشد.

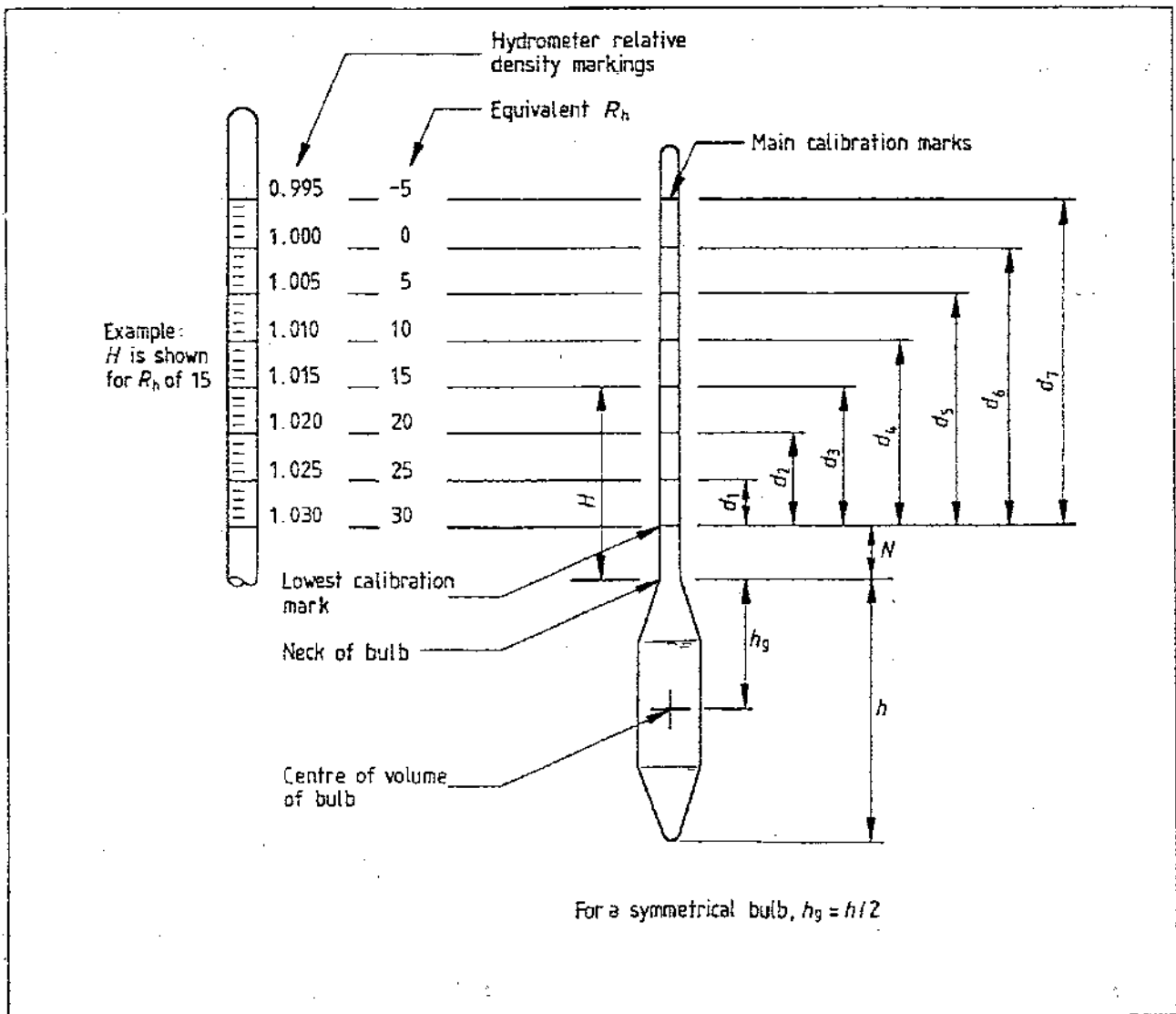
۶-۲- رابطه بین H_R و R_h را به صورت یک منحنی یکنواخت رسم کنید. در صورتیکه منحنی کالیبراسیون به صورت خطی باشد، می توان این ارتباط را به صورت معادله زیر بیان نمود:

$$H_R = j_1 + j_2 R_h$$

که j_1 فاصله محل تقاطع با محور H_R متناظر با $R_h = 0$ و j_2 شیب خط که همیشه منفی می باشد. مطابق شکل ۱ از ضرب قسمت اعشاری قرائت هیدرومتر در عدد ۱۰۰۰ بدست می آید.

به عنوان مثال اگر وزن مخصوص ذرات معلق در آب برابر $1/0.15$ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد مقدار R_h برابر ۱۵ خواهد بود. مقدار

R_h معادل 0.995 g/cm^3 برابر ۰۵ می باشد. شماره مشخصه هیدرومتر را روی قرائت های کالیبراسیون و نمودار آن یادداشت کنید.



۳- تصحیح منیسک (meniscus correction)

۳-۱- هیدرومتر را در استوانه رسوب‌گذاری یک لیتری که حدود 800 ml آب دارد، قرار دهید.

۳-۲- خط دید چشم را کمی پایین‌تر از سطح آب قرار داده و سپس به تدریج بالا بیاورید تا اینکه بقیه مشاهده شده به یک خط مستقیم تبدیل شود، محل برخورد این خط مستقیم با مقیاس هیدرومتر را تعیین کنید. (برای افزایش دقت ساقه هیدرومتر تا حد امکان باید تمیز باشد).

۳-۳- خط دید چشم را کمی بالاتر از سطح آب قرار داده و جاییکه حد بالای هلال سطح آب با مقیاس روی ساقه هیدرومتر برخورد می‌کند، تعیین کنید.

۳-۴- تفاوت بین دو قرائت ۳-۲ و ۳-۳ بالا به عنوان تصحیح منیسک (C_m) می‌باشد که باید یادداشت گردد.

با توجه به مطالب مذکور (استاندارد BS-1377: part2:1990) پیشنهاد ادامه کار به صورت زیر ارائه می‌گردد:

۱- تعیین سطح مقطع استوانه رسوب‌گذاری: به دو روش می‌توان این سطح را به دست آورد:

الف- تعیین قطر داخلی استوانه و محاسبه سطح مقطع

ب- تعیین فاصله بین دو حجم روی استوانه رسوب‌گذاری و استفاده از رابطه زیر:

$$A = \frac{\text{حجم آب بین دو خط نشانه استوانه رسوب‌گذاری}}{\text{فاصله بین دو خط نشانه}}$$

با انجام چندین اندازه‌گیری، روش مناسب و عملی را می‌توان پیشنهاد نمود.

۲- تعیین حجم حباب هیدرومتر: شاید یکی از روش‌های نسبتاً منطقی ریختن آب با حجم مشخص داخل استوانه رسوب‌گذاری و بعد قرار دادن هیدرومتر داخل آن می‌باشد. از اختلاف حجم می‌توان حجم حباب را به دست آورد. مورد بعدی را که می‌توان بررسی نمود توزین هم یک از هیدرومترها و مقایسه حجم معادل وزن هیدرومتر با موارد به دست آمده از حالت اول می‌باشد.

۳- تعیین مقادیر h, H, N, d_i با اندازه‌گیری مستقیم و تعیین عمق مؤثر (H_R).

۴- رسم منحنی H_R بر حسب R_H و به دست آوردن مقادیر z و z_0 .

۵- تعیین تصحیح منیسک برای دماهای مختلف و مقایسه آنها با هم.

لذا تقاضا می‌گردد در صورت امکان، موارد فوق را به طور عملی در بخش هیدرومتری مورد بررسی قرار داده و با توجه به نتایج حاصله، مراحل بعدی تحقیق را به طور مشخص‌تری ادامه داد.

بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری

گزارش شماره ۲: مشخصات استاندارد استوانه رسوب گذاری و هیدرومتر

۱- استوانه رسوب گذاری

طبق مشخصات *ASTM - D 422* در آزمایش هیدرومتری از استوانه رسوب گذاری شیشه‌ای که خط نشانه مربوط به ۱۰۰۰ میلی لیتر روی آن مشخص شده است، می توان استفاده نمود. طبق این استاندارد قطر داخلی استوانه باید به اندازه‌ای باشد که خط نشانه حجمی ۱۰۰۰ میلی لیتر در ارتفاع 2 ± 36 سانتی متری کف داخلی استوانه رسوب گذاری قرار گیرد. با توجه به این مورد، محدوده مقادیر مساحت و قطر داخلی استوانه رسوب گذاری محاسبه و در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - محدوده تغییرات مساحت و قطر داخلی استوانه رسوب گذاری طبق مشخصات *ASTM - D 422*

فاصله خط نشانه ۱۰۰۰ میلی لیتر از کف استوانه رسوب گذاری (Cm)	۳۴	۳۴/۵	۳۵	۳۵/۵	۳۶	۳۶/۵	۳۷	۳۷/۵	۳۸
مساحت ($A \text{ (Cm}^2\text{)}$)	۲۹/۴۱	۲۸/۹۹	۲۸/۵۷	۲۸/۱۷	۲۷/۷۸	۲۷/۴۰	۲۷/۰۳	۲۶/۶۷	۲۶/۳۲
قطر داخلی $D(\text{mm})$	۶۱/۲	۶۰/۷	۶۰/۳	۵۹/۹	۵۹/۵	۵۹/۱	۵۸/۷	۵۸/۳	۵۷/۹

با توجه به مقادیر بدست آمده برای مساحت و قطر، ملاحظه می شود که طبق این استاندارد قطر داخلی استوانه رسوب گذاری می تواند از حدود ۵۸ تا ۶۱ سانتی متر تغییر کند.

همچنین محدوده تغییرات مساحت داخلی از ۲۶/۴ تا ۲۹/۴ سانتی متر مربع می باشد. لازم به یادآوری است که در این استاندارد، برای محاسبه عمق مؤثر، فاصله خط نشانه مربوط به حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر تا کف داخلی استوانه برابر ۳۶ سانتی متر و سطح مقطع آن ۲۷/۸ سانتی متر مربع در نظر گرفته شده است.

طبق مشخصات *BS-1377 : part 2 : 1990* قطر داخلی استوانه رسوب گذاری شیشه‌ای حدود ۶۰ میلی متر و ارتفاع خط نشانه

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (وزارت راه و ترابری) **بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری (۲)**

با توجه به موارد فوق بهتر است که بعد از کنترل فاصله خط نشانه مربوط به ۱۰۰۰ میلی لیتر از کف داخلی استوانه رسوب گذاری مفادیر قطر و سطح مقطع داخلی آن از طریق اندازه گیری بدست آید.

۲- هیدرومتر

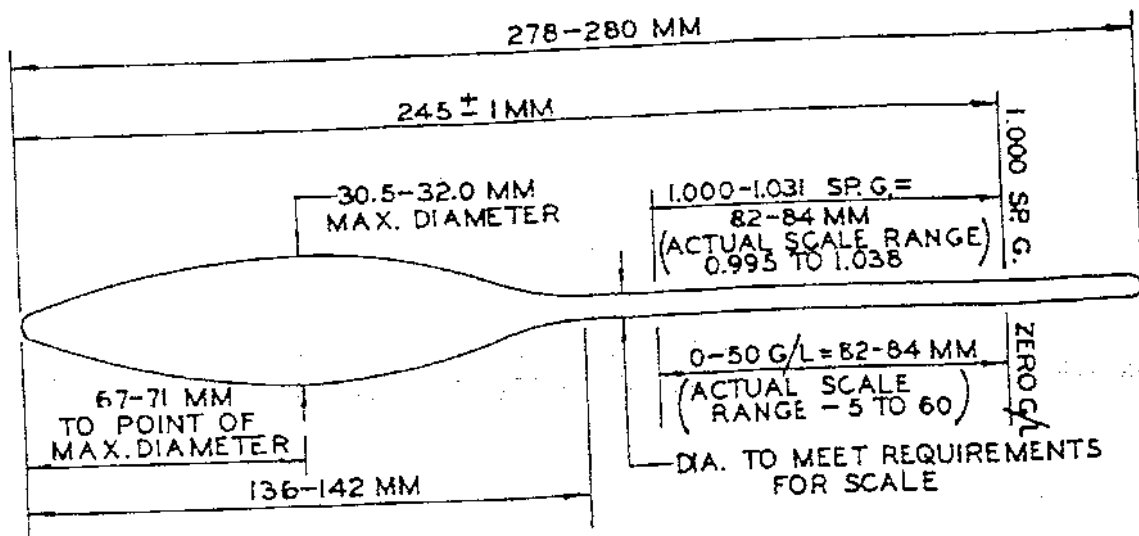
هیدرومتر معمولاً از جنس شیشه ساخته شده و شامل دو قسمت ساقه و حباب است. طبق مشخصات *ASTM* می توان برای انجام آزمایش هیدرومتری از دو نوع هیدرومتر *۱۵۱H* و *۱۵۲H* استفاده نمود. این هیدرومترها، بر حسب دو مقیاس درجه بندی گردیده اند. هیدرومتر *۱۵۱H* بر حسب وزن مخصوص ذرات معلق در آب و هیدرومتر *۱۵۲H* بر حسب گرم در لیتر درجه بندی شده است. درجه بندی هیدرومتر نوع *۱۵۱H* برای قرائت چگالی از $۱/۰۹۹۵$ تا $۱/۰۳۸$ می باشد و به گونه ای مدرج گردیده که چگالی آب مقطر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر $۱/۰۰۰$ می شود. درجه بندی هیدرومتر نوع *۱۵۲H* از ۵- تا ۶۰ گرم در لیتر است. مطابق مشخصات *ASTM - E100* ابعاد هر دو هیدرومتر یکسان بوده و تنها تفاوت در نحوه درجه بندی آنها است. مشخصات دو نوع هیدرومتر مورد استفاده برای آزمایش هیدرومتری در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مشخصات استانداردهای هیدرومترهای خاک طبق *ASTM - E 100*

نوع هیدرومتر	<i>۱۵۲H</i>	<i>۱۵۱H</i>
محدوده مقیاس واقعی	۵-۶۰ g/l	۱/۰۳۸-۱/۰۹۹۵ sp.gr.
درجه حرارت استاندارد (°C)	۲۰	۲۰
تقسیم بندی ها	۱ g/l	۰/۰۰۱ sp.gr.
خطوط مبانی در	۵ g/l	۰/۰۰۵ sp.gr.
خطوط اصلی (شماره دار) در	۱۰ g/l	۰/۰۱۰ sp.gr.
حداکثر خطای مقیاس در هر نقطه	۱ g/l	۰/۰۰۱ sp.gr.
محدوده مقیاس اسمی	۰-۵۰ g/l	۱/۰۰۰۰-۱/۰۳۱ sp.gr.
طول محدوده مقیاس اسمی (mm)	۸۲-۸۴	۸۲-۸۴
حداکثر قطر حباب (mm)	۳۰/۵-۳۲	۳۰/۵-۳۲
فاصله انتهای حباب تا نقطه حداکثر قطر (mm)	۶۷-۷۱	۶۷-۷۱
طول حباب (mm)	۱۳۶-۱۴۲	۱۳۶-۱۴۲
فاصله انتهای حباب تا ۱/۰۰۰ sp.gr. یا ۱ og/l	۲۴۵ ± ۱	۲۴۵ ± ۱
طول کل (mm)	۲۷۸-۲۸۰	۲۷۸-۲۸۰

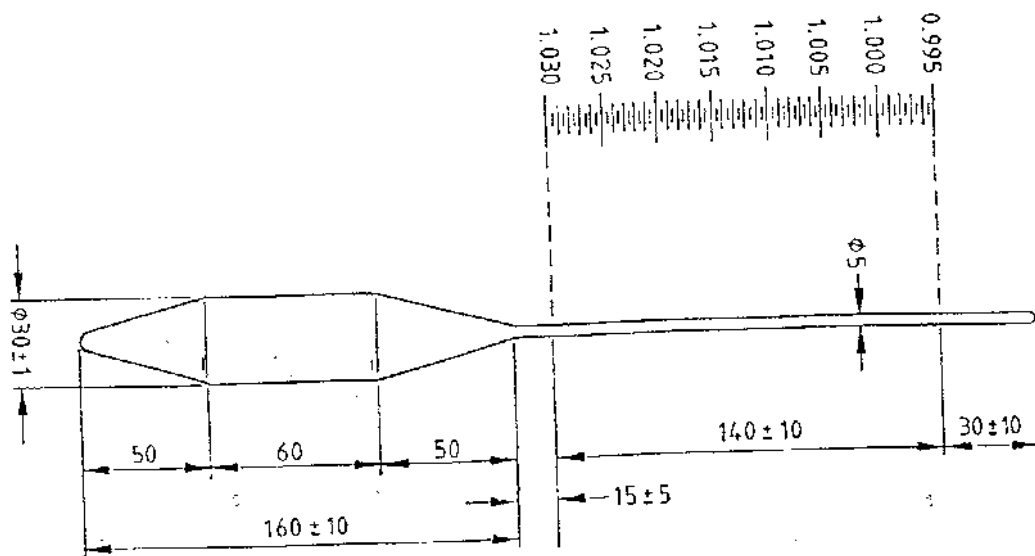
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (وزارت راه و ترابری) بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری (۲)

قطر ساقه هیدرومتر ممکن است برای تطبیق دادن با طول درجه بندی مورد نظر تغییر داده شود. به عبارتی قطر ساقه بسته به نوع هیدرومتر مختلف بوده و متناسب با مقیاس می باشد. در هر صورت ساقه هیدرومتر در طول، قطری یکسان دارد. در شکل ۱ مشخصات هندسی هیدرومترهای مورد استفاده برای خاکهای ریزدانه نشان داده شده است.



شکل ۱ - مشخصات هندسی هیدرومترهای خاک طبق ASTM - E100

اساس درجه بندی هیدرومتر مورد استفاده در آزمایش هیدرومتری طبق مشخصات BS-1377 : part 2 : 1990، دانسیته مایع (جرم در واحد حجم) بر حسب گرم بر میلی لیتر (سانتی متر مکعب) می باشد. عدد مبنا برای درجه بندی آن، دانسیته نظیر ۱/۰۰۰ در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد است. در شکل ۲ مشخصات هندسی هیدرومتر مورد استفاده برای دانه بندی خاکهای ریزدانه نشان داده شده است.



شکل ۲ - مشخصات هندسی هیدرومتر

کلیه ابعاد نشان داده شده در شکل بر حسب میلی متر می باشد. همانگونه که ملاحظه می گردد قطر ساقه حدود ۵ میلی متر است. طبق مشخصات این استاندارد، باید مقطع هیدرومتر در ساقه و حباب به صورت دایره‌ای بوده و نسبت به محور اصلی متقارن باشند. هیدرومترهای مورد استفاده باید دارای چهار مشخصه اصلی زیر باشند:

الف- اساس مقیاس (دانسیته یا گرم در لیتر)

ب- نام و مشخصات سازنده

ج- شماره مشخصه

د- شماره استاندارد

با توجه به موارد فوق، قبل از استفاده از هر نوع استوانه رسوب‌گذاری و هیدرومتر، بهتر است مشخصات هندسی و سایر موارد آن با مشخصات استاندارد مقایسه شده و پس از حصول اطمینان برای انجام آزمایشها مورد استفاده قرار گیرد.

بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری

گزارش شماره ۳: تعیین سطح مقطع استوانه رسوب گذاری و حجم حباب هیدرومتر

۱- تعیین سطح مقطع استوانه رسوب گذاری (A)

در گزارش شماره ۱ دو روش برای تعیین سطح مقطع استوانه رسوب گذاری پیشنهاد گردید:

۱-۱- اندازه گیری قطر داخلی استوانه و تعیین سطح مقطع با استفاده از رابطه زیر:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

D قطر داخلی استوانه رسوب گذاری است که باید اندازه گیری شود، لذا برای چندین استوانه رسوب گذاری این اندازه گیری انجام گرفت و نتیجه مربوط به دو استوانه در جدول ۱ ارائه شد.

۱-۲- سطح مقطع استوانه رسوب گذاری را می توان به روش دیگری نیز به دست آورد. برای این منظور، حجم آبی که بین دو خط نشانه استوانه قرار می گیرد، اندازه گیری و بر طول فاصله بین این دو خط نشانه تقسیم می شود:

$$A = \frac{\text{حجم آب بین دو خط نشانه استوانه رسوب گذاری}}{\text{فاصله بین دو خط نشانه}}$$

جهت مقایسه، سطح مقطع استوانه های رسوب گذاری مورد نظر، از این روش نیز محاسبه و در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱ - مقایسه سطح مقطع استوانه رسوب گذاری با استفاده از دو روش

اندازه گیری قطر داخلی استوانه رسوب گذاری		اندازه گیری طول فاصله بین دو خط نشانه استوانه					
قطر داخلی $D(mm)$	مساحت $A(cm^2)$	حجم آب بین دو خط نشانه (cm^3)	فاصله بین دو خط نشانه (mm)	مساحت $A(cm^2)$	حجم آب بین دو خط نشانه (cm^3)	فاصله بین دو خط نشانه (mm)	مساحت $A(cm^2)$
۶۲/۳۵	۳۰/۵۳	۱۰۰-۲۰۰	۳۲/۷	۳۰/۵۸	۱۰۰-۱۰۰۰	۲۹۲/۷	۳۰/۷۴
۶۰/۵۰	۲۸/۷۵	۱۰۰-۲۰۰	۳۵/۰	۲۸/۵۷	۲۰۰-۸۰۰	۲۰۹/۰	۲۸/۷۱
		۲۰۰-۶۰۰	۱۴۰/۰	۲۸/۵۷	۱۰۰-۹۰۰	۲۷۹/۰	۲۸/۶۷

با توجه به جدول ۱، برای استوانه رسوب‌گذاری اول مساحت $30/53$ سانتی متر مربع از اندازه‌گیری قطر و $30/66$ با تعیین میانگین حاصل از اندازه‌گیری حجم به دست آمده است. برای استوانه دوم، مساحت حاصل از اندازه‌گیری قطر $28/75$ و میانگین حاصل از چهار اندازه‌گیری حجم $28/63$ سانتی متر مربع محاسبه شده است.

با مقایسه نتایج مشاهده می‌شود که اختلاف چندانی بین دو روش وجود ندارد، لذا می‌توان مساحت را از هر دو روش به دست آورد و مقدار مطلوب آنرا با توجه به نتایج حاصله، به عنوان سطح مقطع استوانه رسوب‌گذاری انتخاب نمود.

لازم به ذکر است که در استاندارد *ASTM-D422* مقدار A برابر $27/8$ سانتی متر مربع برای محاسبه عمق مؤثر در نظر گرفته

شده است که ملاحظه می‌گردد مقادیر سطح مقطع استوانه‌های رسوب‌گذاری با مقدار مزبور متفاوت است. بنابراین توصیه * می‌شود که مقادیر ابعاد و مشخصات هندسی حتماً از طریق اندازه‌گیری به دست آمده و در روابط موجود جایگزین گردد.

۲- تعیین حجم حباب هیدرومتر (V_B)

برای تعیین حجم حباب هیدرومتر دو روش به صورت زیر مورد بررسی قرار گرفته است:

۲-۱- طبق روش پیشنهادی در *BS- 1377:part2:1990* هیدرومتر با دقت $0/1$ گرم توزین شده و حجم آن بر حسب میلی لیتر معادل جرم آن بر حسب گرم در نظر گرفته شده است. در جدول ۲، وزن تعدادی از هیدرومترهای $151H$ و $152H$ ارائه شده است.

۲-۲- در یک استوانه رسوب‌گذاری یک لیتری مقداری آب مقطر ریخته و سطح آن یادداشت گردید. آنگاه حباب هیدرومتر را به داخل آب وارد کرده و سطح آزاد آب یادداشت شد. حجم حباب هیدرومتر، برابر اختلاف بین دو تراز سطح آب در نظر گرفته شد. جهت مقایسه، مقدار حجم ساقه تا محل اتصال آن به حباب نیز اندازه‌گیری و در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مقایسه حجم حباب هیدرومتر با استفاده از دو روش

نوع هیدرومتر	وزن (gr)	حجم حباب (cm ³) V _B	حجم حباب تا ساقه (cm ³)
۱۵۱H-۱	۵۸/۰	۵۰/۵	۵۲
۱۵۱H-۲	۶۴/۳	۵۹/۸	۶۱/۶
۱۵۱H-۳	۶۶/۲	۶۱/۵	۶۳/۳
۱۵۱H-۴	۶۹/۸	۶۸/۸	۷۲/۳
۱۵۲H-۵	۵۵/۷	۵۵/۰	۵۷/۵
۱۵۲H-۶	۵۷/۸	۵۸/۰	۶۰/۵
۱۵۲H-۷	۷۱/۰	۵۹/۰	۶۱/۵
۱۵۲H-۸	۶۲/۵	۶۷/۵	۸۰/۰
۱۵۲H-۹	۷۷/۲	۷۲/۵	۷۵/۰

اگر طبق استاندارد *BS-1377:part2:1990* حجم حباب را معادل وزن آن در ستون دوم جدول ۲ در نظر بگیریم، ملاحظه می شود که این مقدار تا حد زیادی با مقادیر حجم حباب و حجم حباب با ساقه که به روش حجمی اندازه گیری شده است، اختلاف دارد.

از طرفی حجم حباب هیدرومتر در استاندارد *ASTM:D422* برابر ۶۷ سانتی متر مکعب برای محاسبه عمق مؤثر فرض گردیده که در بیشتر موارد اندازه گیری شده، تفاوتی مشاهده می گردد.

لذا توصیه می شود حجم حباب هیدرومتر را با قرار دادن آن در داخل آب استوانه رسوب گذاری و تعیین اختلاف سطح تراز آب، به دست آورده و برای کارهای عملی و تعیین عمق مؤثر مورد استفاده قرار داد.

بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری

گزارش شماره ۴: تعیین عمق موثر (L)

عمق موثر فاصله سطح آب تا مرکز حجم حباب هیدرومتر است که می توان آنرا با استفاده از قرائت هیدرومتر بدست آورد. مراحل تعیین عمق موثر به شرح زیر پیشنهاد می گردد:

۱- یادداشت مشخصات اصلی هیدرومتر شامل:

الف: نوع هیدرومتر ب: نام و مشخصات سازنده ج: شماره مشخصه د: شماره استاندارد

۲- تعیین سطح مقطع استوانه رسوب گذاری (A)

۳- تعیین حجم حباب هیدرومتر (V_B)

۴- تعیین طول حباب هیدرومتر از انتهای آن تا محل اتصال به ساقه (L_2)

۵- تعیین فاصله محل اتصال ساقه به حباب تا پائین ترین خط نشانه هیدرومتر (N)

پائین ترین خط نشانه قرائت برای هیدرومترهای ۱۵۱H و ۱۵۲H به ترتیب ۱/۰۲۸ و ۶۰ می باشد.

۶- تعیین فاصله هر خط نشانه اصلی تا پائین ترین خط نشانه کالیبراسیون روی ساقه هیدرومتر (d)

- خطوط نشانه اصلی هیدرومتر ۱۵۱H: ۱/۰۳۵، ۱/۰۳۰، ۱/۰۲۵، ۱/۰۲۰، ۱/۰۱۵، ۱/۰۱۰، ۱/۰۰۵، ۱/۰۰۰، ۱/۰۹۹۵

- خطوط نشانه اصلی هیدرومتر ۱۵۲H: ۵۰، ۴۵، ۴۰، ۳۵، ۳۰، ۲۵، ۲۰، ۱۵، ۱۰، ۵، ۰

۷- تعیین فاصله L_1 متناظر با قرائت هیدرومتر (R): این پارامتر مجموع فواصل اندازه گیری شده در مراحل ۵ و ۶ می باشد.

$$L_1 = N + d$$

۸- تعیین عمق موثر (L) متناظر با هر خط نشانه اصلی هیدرومتر (R)

$$L = L_1 + \frac{1}{2} \left(L_2 - \frac{V_B}{A} \right)$$

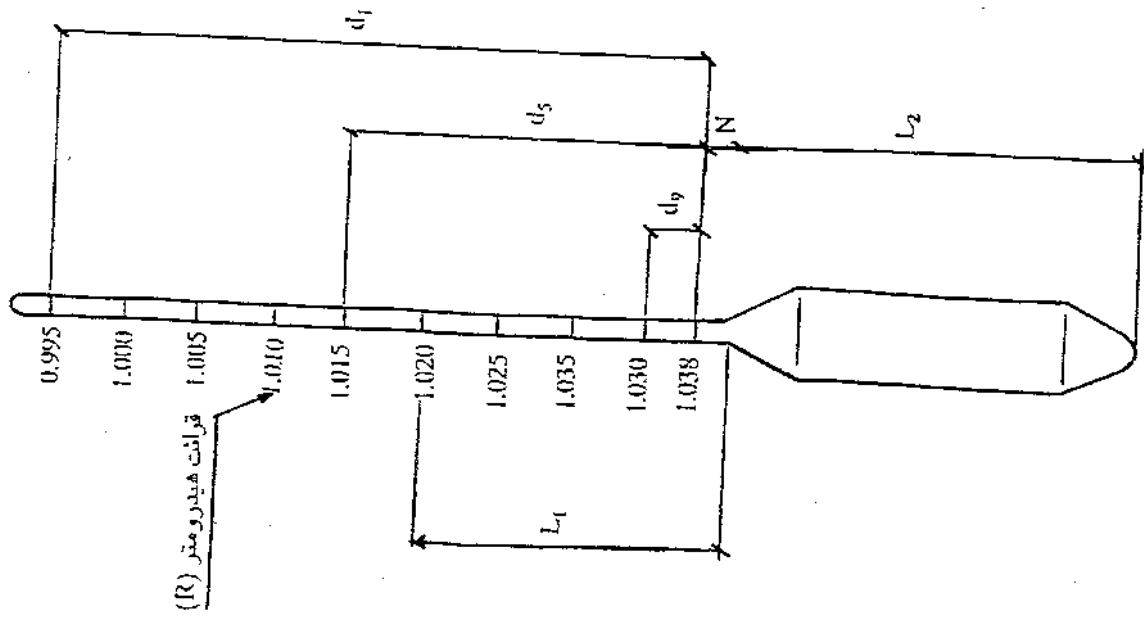
در این رابطه L_1 فاصله محل اتصال ساقه به حباب تا محل درجه بندی R ، L_2 طول حباب هیدرومتر، V_B حجم حباب هیدرومتر و A سطح مقطع استوانه رسوب گذاری می باشد.

در نتیجه فرو رفتن هیدرومتر داخل محلول، سطح آن به اندازه $\frac{V_B}{A}$ بالا می آید، بنابراین مرکز حجم حباب هیدرومتر به اندازه $\frac{1}{2} \frac{V_B}{A}$ بالاتر قرار می گیرد.

۹- تهیه جدول و یا نمودار تغییرات عمق موثر (L) بر حسب قرائت هیدرومتر (R)

اندازه گیریها معمولاً برای خطوط اصلی هیدرومتر انجام گرفته و مقادیر عمق موثر بین خطوط نشانه اصلی را می توان با درون یا بی خطی بدست آورد.

R	L	R	L
۱۹۵		۱/۰۱۷	
۱۹۶		۱/۰۱۸	
۱۹۷		۱/۰۱۹	
۱۹۸		۱/۰۲۰	
۱۹۹		۱/۰۲۱	
۲۰۰		۱/۰۲۲	
۲۰۱		۱/۰۲۳	
۲۰۲		۱/۰۲۴	
۲۰۳		۱/۰۲۵	
۲۰۴		۱/۰۲۶	
۲۰۵		۱/۰۲۷	
۲۰۶		۱/۰۲۸	
۲۰۷		۱/۰۲۹	
۲۰۸		۱/۰۳۰	
۲۰۹		۱/۰۳۱	
۲۱۰		۱/۰۳۲	
۲۱۱		۱/۰۳۳	
۲۱۲		۱/۰۳۴	
۲۱۳		۱/۰۳۵	
۲۱۴		۱/۰۳۶	
۲۱۵		۱/۰۳۷	
۲۱۶		۱/۰۳۸	



نام و مشخصات سازنده هیدرومتر:
 شماره مشخصه:
 شماره استاندارد:
 سطح مقطع استوانه رسوب گذاری: cm^2
 حجم حباب هیدرومتر: cm^3
 طول حباب هیدرومتر: cm
 فاصله محل اتصال ساقه به حباب تا پایین‌ترین خط نشانه هیدرومتر: cm

$A =$
 $V_H =$
 $L_2 =$
 $N =$

شماره	R	d	L_1	L
۱	۰/۹۹۵			
۲	۱/۰۰۰			
۳	۱/۰۰۵			
۴	۱/۰۱۰			
۵	۱/۰۱۵			
۶	۱/۰۲۰			
۷	۱/۰۲۵			
۸	۱/۰۳۰			
۹	۱/۰۳۵			
۱۰	۱/۰۳۸			

هیدرومتر ۱۵۲ H

نام و مشخصات سازنده هیدرومتر:

شماره مشخصه:

شماره استاندارد:

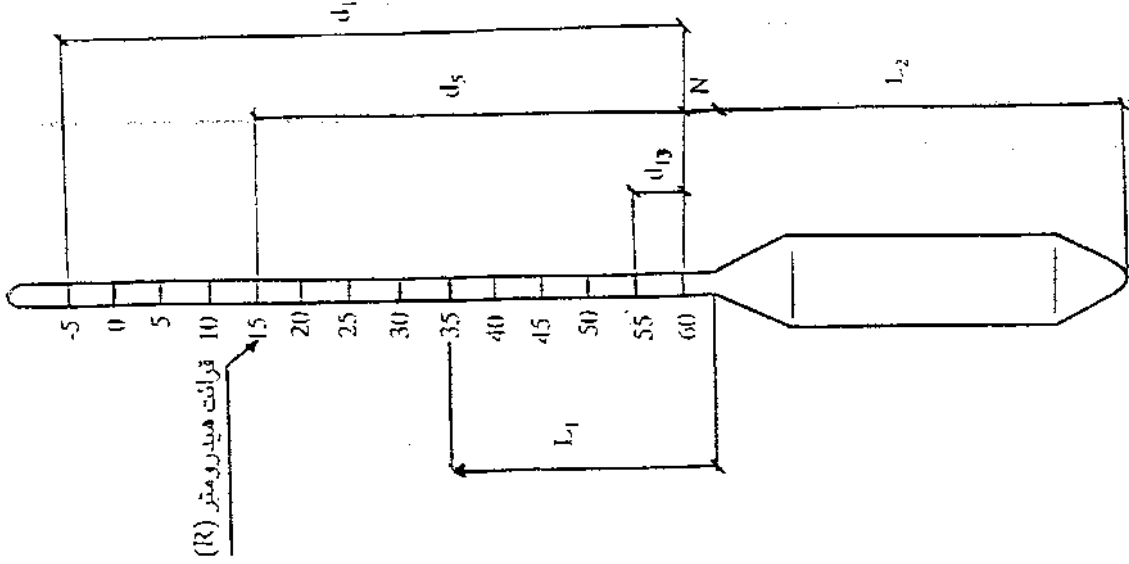
سطح مقطع استوانه رسوب گذاری: cm^2

حجم حبیب هیدرومتر: cm^3

طول حبیب هیدرومتر: cm

فاصله محل اتصال ساقه به حبیب تا

پائین ترین خط نشانه هیدرومتر: cm



L	R	L	R	L	R	L
	۱۷		۲۹			
	۱۸		۳۰			
	۱۹		۳۱			
	۲۰		۳۲			
	۲۱		۳۳			
	۲۲		۳۴			
	۲۳		۳۵			
	۲۴		۳۶			
	۲۵		۳۷			
	۲۶		۳۸			
	۲۷		۳۹			
	۲۸		۴۰			
	۲۹		۴۱			
	۳۰		۴۲			
	۳۱		۴۳			
	۳۲		۴۴			
	۳۳		۴۵			
	۳۴		۴۶			
	۳۵		۴۷			
	۳۶		۴۸			
	۳۷		۴۹			
	۳۸		۵۰			
	۳۹		۵۱			
	۴۰		۵۲			
	۴۱		۵۳			
	۴۲		۵۴			
	۴۳		۵۵			
	۴۴		۵۶			
	۴۵		۵۷			
	۴۶		۵۸			
	۴۷		۵۹			
	۴۸		۶۰			

شماره	R	d	L1	L
۱	-۵			
۲	۰			
۳	۵			
۴	۱۰			
۵	۱۵			
۶	۲۰			
۷	۲۵			
۸	۳۰			
۹	۳۵			
۱۰	۴۰			
۱۱	۴۵			
۱۲	۵۰			
۱۳	۵۵			
۱۴	۶۰			

«بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری»

گزارش شماره ۵: تعیین ضرایب تصحیح قرائت و نحوه استفاده آنها در محاسبات

مقدمه

برای دانه بندی خاک های ریزدانه از روش هیدرومتری استفاده می شود. اگر مجموعه ای از دانه های ریز با اندازه های متفاوت در مایع ساکنی معلق باشند، دانه ها به آرامی و بطور منظم در آن سیال سقوط کرده و به تدریج در انتهای ظرف ته نشین می شوند. سرعت سقوط دانه ها با هم متفاوت است، بطوریکه دانه های بزرگتر، سریع تر و دانه های ریزتر در زمان بیشتری به انتهای ظرف می رسند.

آزمایش هیدرومتری بر اساس قانون استوکس، یعنی سقوط ذرات کروی در مایعات بنا شده است. بر مبنای این قانون، بین اندازه ذره ها، سرعت سقوط آنها در سیال، وزن مخصوص دانه ها و ویسکوزیته (کندروانی) سیال رابطه ای وجود دارد. در واقع قطر دانه های خاک، معادل با قطر کره بدست آمده از قانون استوکس فرض می شود. گرچه این قانون کاملاً صادق نیست زیرا دانه های خاک هم کروی نیستند و در حقیقت بیشتر آنها پهن یا دراز می باشند ولی به علت سهولت نسبی کاربرد و سادگی دستگاه آزمایش آن، می توان از روش هیدرومتری برای تعیین توزیع اندازه های ذرات خاک ریزدانه استفاده نمود. اندازه بزرگترین ذره موجود در یک عمق معین و همچنین درصد وزنی ذرات کوچکتر از بزرگترین ذره موجود در آن عمق را می توان بوسیله آزمایش هیدرومتری بدست آورد. در این آزمایش از وسیله ای بنام هیدرومتر استفاده می شود. هیدرومتر وسیله ای است که اساساً برای سنجش چگالی مایعات ساخته شده است. در مورد مخلوط آب و خاک، از آنجا که عمل ته نشینی صورت می گیرد، چگالی مخلوط در هر عمق نسبت به زمان تغییر می کند. هیدرومتر چگالی مخلوط را در عمقی که مرکز حجم حباب هیدرومتر قرار دارد، برای یک لحظه معین از زمان نشان می دهد. برای تعیین قطر ذرات معلق خاک (D) و درصد ذرات معلق خاک (P) در آزمایش هیدرومتری، معمولاً بالای هلال در مخلوط آب و خاک قرائت می شود. قرائت های انجام شده بایستی اصلاح شوند. این اصلاحات شامل تصحیح منپسک (C_m)، حرارتی (C_T) و غلظت ماده جداکننده (C_d) می باشد.

در ادامه نحوه تعیین ضرایب تصحیح، بیان شده و چگونگی استفاده از آنها در محاسبات مورد بحث قرار می‌گیرد.

تصحیح منیسک (C_m)

در اثر چسبندگی آب به ساقه هیدرومتر، سطح آب در محل تماس با ساقه به صورت یک قوس است که به آن هلال یا منیسک می‌گویند. هیدرومتر برای قرائت پایین منیسک تنظیم شده، ولی از آنجائیکه در مخلوط کدر آب، خاک و ماده پراکنده‌ساز، قرائت پایین منیسک مشکل است، لذا هیدرومتر در بالاترین قسمت چسبندگی آب به ساقه قرائت می‌شود. عدد قرائت شده به اندازه تصحیح منیسک کمتر از قرائت واقعی می‌باشد. برای تعیین C_m ، هیدرومتر را در استوانه مدرج حاوی آب مقطر خالص قرار می‌دهند. از آنجایی که محلول شفاف است، می‌توان دو قسمت بالا و پایین منیسک را قرائت کرد. تصحیح منیسک از اختلاف دو قرائت بالا و پایین بدست می‌آید. مقدار این تصحیح برای یک هیدرومتر مشخص ثابت بوده و بر روی برگه آزمایش یادداشت می‌شود. مقدار C_m مستقل از دما می‌باشد، ولی بهتر است آن را در دمایی بدست آورد که مقدار ضریب تصحیح حرارتی (C_T) در آن برابر صفر است. تصحیح منیسک باید به قرائت اولیه در مخلوط اضافه شود.

ضریب تصحیح حرارتی (C_T)

ویسکوزیته و وزن مخصوص آب به درجه حرارت آن بستگی دارد. با افزایش درجه حرارت آب، این مقادیر کاهش می‌یابند. با ازدیاد درجه حرارت آب، هیدرومتر عدد کمتری را نشان می‌دهد. به عبارتی می‌توان گفت که درجه حرارت آب نیز در نتایج آزمایش هیدرومتری مؤثر است. اگر هیدرومتری دقیقاً در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد کالیبره شده باشد، در صورتی که این هیدرومتر در آب خالص ۲۰ درجه قرار داده شود، قرائت پایین منیسک در هیدرومتر ۱۵۱H بایستی برابر ۱/۰۰۰ و برای هیدرومتر ۱۵۲H برابر صفر باشد. در این صورت مقدار ضریب تصحیح حرارتی در دمای مزبور، صفر خواهد بود. البته ممکن است هیدرومتر در دمای دیگری غیر از ۲۰ درجه سانتیگراد، ضریب تصحیح حرارتی صفر را نشان دهد. لذا بایستی در ابتدا با تغییر دمای آب مقطر خالص، دمایی که در آن ضریب تصحیح حرارتی برابر صفر می‌شود را بدست آورد.

نحوه تعیین ضریب تصحیح حرارتی بدین صورت است که در یک استوانه مدرج، آب مقطر خالص ریخته و دمای آن را با دماسنج اندازه‌گیری می‌کنیم. جهت کنترل دقیق، بهتر است استوانه مدرج داخل ظرف آبی مجهز به

سیستم تنظیم دما قرار داده شود. بعد از ثابت شدن دمای آب داخل استوانه مدرج، هیدرومتر داخل استوانه قرار داده می شود.

جهت تعیین C_t ، قرائت پایین هلال، ملاک محاسبه قرار می گیرد. برای بدست آوردن تصحیح حرارتی در هیدرومتر $151H$ ، قرائت پایین هلال از عدد یک کم شده و نتیجه حاصل در ۱۰۰۰ ضرب می شود. مثلاً اگر برای یک هیدرومتر قرائت پایین منیسک در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد $1/0.011$ باشد. مقدار C_t در این دما به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$C_t = 1000 \times (1 - 1/0.011) = -1/10$$

یا اگر در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، هیدرومتر عدد $0/9987$ را نشان دهد، تصحیح حرارتی برابر مقدار زیر خواهد بود:

$$C_t = 1000 \times (1 - 0/9987) = +1/30$$

در هیدرومتر $152H$ ، قرائت پایین منیسک با اعمال علامت منفی، ضریب تصحیح حرارتی را بدست می دهد. به عنوان مثال اگر در آب با دمای ۱۵ درجه سانتیگراد، عدد حاصل از قرائت پایین منیسک $1/10$ باشد، تصحیح حرارتی در این دما برابر $-1/10$ خواهد بود. نکته قابل توجه اینکه بدست آوردن دمایی که قرائت پایین هیدرومتر $151H$ برابر $1/0.000$ و $152H$ برابر صفر می شود، ضروری است. چرا که در این دما، مقدار ضریب تصحیح حرارتی برابر صفر خواهد بود. لذا برای هر هیدرومتر مورد استفاده، حتماً بایستی مقادیر ضریب تصحیح حرارتی با انجام آزمایش بدست آید. و نباید بدون تحقیق از جداول ارائه شده در بعضی کتب استفاده نمود. چرا که ضرایب تصحیح ارائه شده به عنوان نمونه بوده و ممکن است در شرایط آزمایشگاهی، مقدار ضریب حرارتی برابر صفر، در دمایی غیر از ۲۰ درجه سانتیگراد حاصل گردد. بنابراین بایستی برای هر هیدرومتر مقادیر این ضریب در دماهای مختلف بدست آید. محدوده مناسب تغییر دمای آب در اندازه گیری ضرایب تصحیح حرارتی بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد می باشد.

با توجه به موارد بیان شده می توان منحنی و یا جدول مربوط به تعیین ضریب تصحیح حرارتی را در دماهای مختلف و برای هر نوع هیدرومتر بدست آورد. لذا قبل از استفاده هر هیدرومتر جدید، حتماً بایستی عملیات کالیبراسیون آن به طور دقیق انجام شده و در صورت نیاز منحنی کالیبراسیون آن ترسیم و یا جدول کالیبراسیون ارائه گردد.

تصحیح غلظت ماده جداکننده (C_d)

مواد جداکننده جهت جدا کردن دانه‌ها از هم از نظر چسبندگی و یا نخشی کردن بارهای الکتریکی ذرات کوچک بکار می‌روند. لذا در شروع کار به مخلوط آب و خاک، یک ماده جداکننده اضافه می‌کنند. واضح است که در اثر وجود این ماده، هیدرومتر بالاتر از محل واقعی قرار می‌گیرد و در نتیجه قرائت آن بیش از مقدار واقعی خواهد بود. بنابراین به اندازه تصحیح غلظت ماده جداکننده (C_d)، باید از قرائت هیدرومتر کم کرد تا قرائت آن تصحیح گردد.

روابط تعیین درصد خاک معلق با فرض استفاده از آب مقطر و یا آب عاری از مواد معدنی ارائه شده‌اند. به علت استفاده از ماده جداکننده، چگالی مخلوط حاصل بزرگتر از آب مقطر شده و لازم است تصحیح مربوط به آن اعمال گردد. تصحیح غلظت ماده جداکننده، با استفاده از یک استوانه مدرج، که حاوی آب و همان مقدار ماده جداکننده است که در مخلوط آب و خاک ریخته شده، بدست می‌آید. در تعیین این ضریب، قرائت پایین منیسک، که همان قرائت واقعی است، ملاک محاسبات خواهد بود. بهتر است C_d در دمایی بدست آید که ضریب تصحیح حرارتی (C_t) در آن دما برابر صفر باشد. در این صورت، اختلاف قرائت از عدد یک در هیدرومتر $151H$ و عدد صفر در هیدرومتر $152H$ ، ضریب تصحیح غلظت ماده جداکننده را بدست می‌دهد. در حالت کلی می‌توان از اختلاف قرائت پایین منیسک در محلول آب و ماده جداکننده و محلول آب مقطر خالص در یک دما، C_d را بدست آورد. مقدار این ضریب بستگی به نوع و مقدار ماده جداکننده دارد. C_d مستقل از دما بوده و به صورت یک عدد ثابت برای هر هیدرومتر بر روی برگه آزمایش یادداشت می‌شود.

محاسباتقطر ذرات معلق (D)

اگر قرائت هیدرومتر، در قسمت بالای هلال با R_a نشان داده شود، برای بدست آوردن عمق مؤثر، قرائت هیدرومتر فقط بایستی برای منیسک تصحیح شود:

$$R_{c_1} = R_a + C_m$$

که در آن R_a قرائت بالای منیسک در مخلوط آب، خاک و ماده جداکننده، C_m ضریب تصحیح منیسک و R_{c_1} قرائت تصحیح شده منیسک می‌باشد. با تعیین R_{c_1} و استفاده از جدول می‌توان عمق مؤثر را بدست آورد.

قطر معادل با درصد ذرات معلق داده شده بوسیله قرائت هیدرومتر، بر حسب قانون استوکس محاسبه می شود. با استفاده از این قانون قطر ذره به هنگام ته نشین شدن و تعلیق در عمقی که هیدرومتر در مخلوط قرائت می شود، به صورت زیر محاسبه می گردد:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}}$$

در این رابطه D قطر ذره بر حسب میلی متر، L طول فرورفتگی هیدرومتر یا عمق مؤثر بر حسب سانتی متر، t فاصله زمانی از آغاز عمل ته نشینی تا لحظه قرائت هیدرومتر بر حسب دقیقه و K ضریبی است که به درجه حرارت، چگالی ذرات جامد خاک، چگالی آب (ویسکوزیته) بستگی داشته و مقادیر مختلف آن بر حسب دمای مخلوط و چگالی ذرات جامد خاک در جدول (۱) داده شده است.

درصد ذرات معلق خاک (P)

برای محاسبه درصد ذرات معلق خاک (درصد ریزتر) در عمقی که هیدرومتر قرائت می شود، بایستی قرائت اولیه (R_a)، بطور کلی اصلاح شود:

$$R_{c_p} = R_a + C_m + C_t - C_d$$

در این رابطه R_a قرائت بالای منیسک در مخلوط، C_m ضریب تصحیح منیسک، C_t ضریب تصحیح حرارتی، C_d ضریب تصحیح غلظت ماده جداکننده و R_{c_p} قرائت تصحیح شده کلی هیدرومتر می باشد. با توجه به این موارد، درصد ذرات معلق خاک را می توان به صورت زیر محاسبه کرد:

$$P(\%) = \frac{100 G_s}{G_s - 1} \times \frac{R_{c_p}}{W_s}$$

هیدرومتر ۱۵۱H

$$P(\%) = \frac{100 a R_{c_p}}{W_s}$$

هیدرومتر ۱۵۲H

$$a = \frac{1/65 G_s}{2/65 (G_s - 1)}$$

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک (وزارت راه و ترابری) بررسی نحوه کالیبراسیون آزمایش هیدرومتری (۵)

که در آن P درصد ذرات معلق خاک، G_s چگالی ذرات جامد خاک، W_s وزن خاک خشک معلق (وزن خشک خاکی که با آب مخلوط می شود) و a ضریب اصلاح هیدرومتر $152H$ می باشد که مقادیر آن در جدول (۲) داده شده است.

جدول ۱ - مقادیر مختلف K بر حسب درجه حرارت و چگالی ذرات جامد خاک

دما (°C)	چگالی ذرات جامد خاک (G_s)								
	۲/۳۵	۲/۵۰	۲/۵۵	۲/۶۰	۲/۶۵	۲/۷۰	۲/۷۵	۲/۸۰	۲/۸۵
۱۶	۰/۰۱۵۱۰	۰/۰۱۵۰۵	۰/۰۱۴۸۱	۰/۰۱۴۵۷	۰/۰۱۴۳۵	۰/۰۱۴۱۴	۰/۰۱۳۹۴	۰/۰۱۳۷۴	۰/۰۱۳۵۶
۱۷	۰/۰۱۵۱۱	۰/۰۱۴۸۶	۰/۰۱۴۶۲	۰/۰۱۴۳۹	۰/۰۱۴۱۷	۰/۰۱۳۹۶	۰/۰۱۳۷۶	۰/۰۱۳۵۶	۰/۰۱۳۳۸
۱۸	۰/۰۱۴۹۲	۰/۰۱۴۶۷	۰/۰۱۴۴۳	۰/۰۱۴۲۱	۰/۰۱۳۹۹	۰/۰۱۳۷۸	۰/۰۱۳۵۹	۰/۰۱۳۳۹	۰/۰۱۳۲۱
۱۹	۰/۰۱۴۷۴	۰/۰۱۴۴۹	۰/۰۱۴۲۵	۰/۰۱۴۰۳	۰/۰۱۳۸۲	۰/۰۱۳۶۱	۰/۰۱۳۴۲	۰/۰۱۳۲۳	۰/۰۱۳۰۵
۲۰	۰/۰۱۴۵۶	۰/۰۱۴۳۱	۰/۰۱۴۰۸	۰/۰۱۳۸۶	۰/۰۱۳۶۵	۰/۰۱۳۴۴	۰/۰۱۳۲۵	۰/۰۱۳۰۷	۰/۰۱۲۸۹
۲۱	۰/۰۱۴۳۸	۰/۰۱۴۱۴	۰/۰۱۳۹۱	۰/۰۱۳۶۹	۰/۰۱۳۴۸	۰/۰۱۳۲۸	۰/۰۱۳۰۹	۰/۰۱۲۹۱	۰/۰۱۲۷۳
۲۲	۰/۰۱۴۲۱	۰/۰۱۳۹۷	۰/۰۱۳۷۴	۰/۰۱۳۵۲	۰/۰۱۳۳۲	۰/۰۱۳۱۲	۰/۰۱۲۹۴	۰/۰۱۲۷۶	۰/۰۱۲۵۸
۲۳	۰/۰۱۴۰۴	۰/۰۱۳۸۱	۰/۰۱۳۵۸	۰/۰۱۳۳۷	۰/۰۱۳۱۷	۰/۰۱۲۹۷	۰/۰۱۲۷۹	۰/۰۱۲۶۱	۰/۰۱۲۴۳
۲۴	۰/۰۱۳۸۸	۰/۰۱۳۶۵	۰/۰۱۳۴۲	۰/۰۱۳۲۱	۰/۰۱۳۰۱	۰/۰۱۲۸۲	۰/۰۱۲۶۴	۰/۰۱۲۴۶	۰/۰۱۲۲۹
۲۵	۰/۰۱۳۷۲	۰/۰۱۳۴۹	۰/۰۱۳۲۷	۰/۰۱۳۰۶	۰/۰۱۲۸۶	۰/۰۱۲۶۷	۰/۰۱۲۴۹	۰/۰۱۲۳۲	۰/۰۱۲۱۵
۲۶	۰/۰۱۳۵۷	۰/۰۱۳۳۴	۰/۰۱۳۱۲	۰/۰۱۲۹۱	۰/۰۱۲۷۲	۰/۰۱۲۵۳	۰/۰۱۲۳۵	۰/۰۱۲۱۸	۰/۰۱۲۰۱
۲۷	۰/۰۱۳۴۲	۰/۰۱۳۱۹	۰/۰۱۲۹۷	۰/۰۱۲۷۷	۰/۰۱۲۵۸	۰/۰۱۲۳۹	۰/۰۱۲۲۱	۰/۰۱۲۰۴	۰/۰۱۱۸۸
۲۸	۰/۰۱۳۲۷	۰/۰۱۳۰۴	۰/۰۱۲۸۲	۰/۰۱۲۶۲	۰/۰۱۲۴۴	۰/۰۱۲۲۵	۰/۰۱۲۰۸	۰/۰۱۱۹۱	۰/۰۱۱۷۵
۲۹	۰/۰۱۳۱۲	۰/۰۱۲۹۰	۰/۰۱۲۶۹	۰/۰۱۲۴۹	۰/۰۱۲۳۰	۰/۰۱۲۱۲	۰/۰۱۱۹۵	۰/۰۱۱۷۸	۰/۰۱۱۶۲
۳۰	۰/۰۱۲۹۸	۰/۰۱۲۷۶	۰/۰۱۲۵۶	۰/۰۱۲۳۶	۰/۰۱۲۱۷	۰/۰۱۱۹۹	۰/۰۱۱۸۲	۰/۰۱۱۶۵	۰/۰۱۱۴۹

جدول ۲ - مقادیر مختلف ضریب اصلاح هیدرومتر $152H$

G_s	a
۲/۹۵	۰/۹۴
۲/۸۵	۰/۹۶
۲/۸۰	۰/۹۷
۲/۷۵	۰/۹۸
۲/۷۰	۰/۹۹
۲/۶۵	۱/۰۰
۲/۶۰	۱/۰۱
۲/۵۵	۱/۰۲
۲/۵۰	۱/۰۴
۲/۴۵	۱/۰۵
۲/۳۵	۱/۰۸

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ظرفیت کافی بوده و قابلیت تغییر نرخ بارگذاری را داشته باشد.

(b) اگر تویی های کروی مطابق با بند (a) فوق تکمیل نباشد باید برداشته شده و یا طوری قرار گیرند که صفحات بارگذاری ناشین موازی هم باشند.

۲-۳- دستگاه اعمال بار جانبی

(a) یک پمپ هیدرولیک با مولد فشار و با سیستم دیگری که ظرفیت کافی داشته و توانایی ثابت نگه داشتن فشار جانبی با ۲٪ تغییرات را داشته باشد.

(b) دستگاه اندازه گیری فشار (فشارسنج) که باید دقت کافی در نشان دادن و ثبت آنها داشته باشد.

۳- تهیه نمونه های آزمایش

(a) نمونه آزمایش باید به صورت استوانه مدور راست باشد و دارای نسبت طول به قطر ۲ تا ۳ بوده و قطر آن

حداقل ۵۲ میلی متر (NX) باشد. ضمناً قطر نمونه نباید کمتر از ۱۰ برابر بزرگترین دانه موجود در سنگ باشد.

(b) دو سطح انتهایی نمونه باید تا ۰/۰۲ میلی متر صاف باشند و قائمه بودن سطوح انتهایی با محور طولی نباید بیش از ۰/۰۰۱ رادیان (۳/۵ دقیقه) تولرانس داشته باشد (۰/۰۵ میلی متر در ۵۰ میلی متر)

(c) جوانب نمونه باید صاف بوده و تولرانس قطر نمونه در طول نمونه نباید بیش از ۰/۳ میلی متر باشد.

(d) سر و ته نمونه فقط با سایش باید صاف شوند.

(e) قطر نمونه آزمایش باید با دقت ۰/۱ میلی متر و یا میانگین گیری از اندازه دو قطر عمود بر هم و در بالا و وسط و پایین نمونه تعیین شود. برای محاسبه سطح نمونه از قطر میانگین استفاده کنید. ارتفاع نمونه نیز با دقت ۱/۰۰ میلی متر اندازه گیری شود.

(f) نمونه ها نباید بیش از ۳۰ روز نگهداری شوند. در هر حال تا سطح امکان رطوبت طبیعی نمونه تا زمان تهیه نمونه حفظ شود. برای آماده سازی نمونه باید ۵-۶ روز قبل از آزمایش در یک محیط با دمای $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ و با رطوبت ۵٪ و ۵۰٪ انبار شود. شرایط رطوبت نمونه باید گزارش شود (مطابق با روش پیشنهادی و تعیین درصد آب نمونه های سنگ).

(g) تعداد نمونه و تعداد مقادیر فشار جانبی باید با توجه بر امکانات عملی معین شود و حداقل ۵ نمونه از هر سنگ لازم می باشد.

۲-۴- روش انجام آزمایش

(a) سلول باید طوری سوزو شود که نمونه بین صفحات فولادی قرار گرفته و غشاء پلاستیکی آن را احاطه کرده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

باشد. نمونه، صفحات اعمال بار و توپ‌های کروی باید دقیقاً هم‌محور باشند:

(h) توپ‌های کروی باید روغن‌کاری شوند.

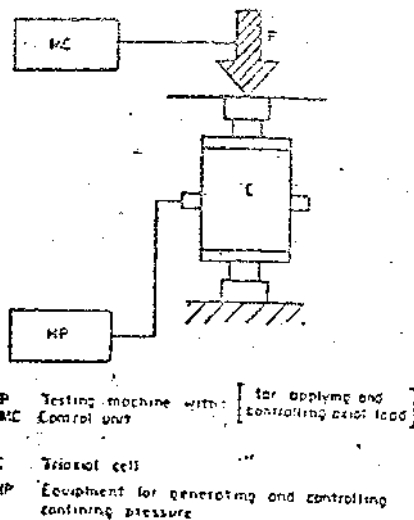
(c) سلول سه‌محوری باید با مایع هیدرولیک پر شود و داخل آن از هوا خالی شود.

(d) سلول در دستگاه بزرگداری محوری قرار می‌گیرد.

(e) بار محوری و فشار جانبی باید هم‌زمان افزایش یابند طوری که فشار جانبی و بار محوری تقریباً برابر باشند تا وقتی که به فشار جانبی مهنا برسند. از این به بعد فشار جانبی با دقت ۲٪ باید حفظ شود.

(f) بار محوری با یک نرخ ثابت باید طوری اعمال شود که نمونه در مدت ۵ الی ۱۵ دقیقه گسیخته شود. نرخ افزایش تنش باید در حد ۰/۵ تا یک مگاپاسکال بر ثانیه باشد.

(g) حداکثر بار محوری وابسته به هر فشار جانبی در نمونه باید ثبت شود.



شکل (۱) شکل شماتیک آزمایش سه‌محوری

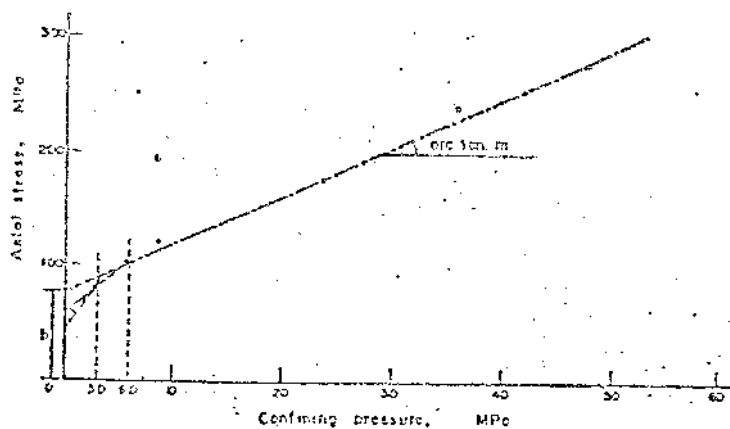
۵- محاسبات

(a) مقابله با فشاری-نمونه از تقسیم حداکثر بار محوری بر مساحت سطح مقطع اولیه نمونه محاسبه می‌شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

(b) فشار جانبی و مقادیر مقاومت مربوطه برای نمونه‌های مختلف در نموداری مطابق شکل (۲) ترسیم می‌شود. (c) پوش مقاومت با منطبق نمودن یک منحنی میانگین بر نقاط بدست می‌آید. ممکن است تنها یک خط مستقیم بر بیشترین قسمت‌های منحنی منطبق شود یا چند خط مستقیم به جای منحنی جایگزین شود که هر خط مستقیم با محاسبه ضریب زاویه (m) و عرض از مبدا b مشخص می‌شود. (d) با استفاده از پارامترهای (m) و (b) زاویه اصطکاک داخلی ϕ و مقدار چسبندگی c (مطابق تئوری شکست کولمب) ممکن است با استفاده از فرمولهای زیر محاسبه شود:

$$\left(\phi = \arcsin \frac{m-1}{m+1} \quad C = b \frac{1-\sin\phi}{2\cos\phi} \right)$$



شکل (۲) پوش مقاومت سنگ

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

روش پیشنهادی جهت تعیین مقاومت کششی غیر مستقیم با آزمایش برزیلی (ISRM)

۱- هدف

این آزمایش جهت اندازه گیری مقاومت کششی نمونه های سنگ تهیه شده بطور غیر مستقیم با آزمایش برزیلی ارائه می شود. توجه این روش آزمایش مبتنی بر این واقعیت تجربی است که بیشتر سنگها در میدانهای تنش دو محوری، وقتی یک تنش اصلی کششی و تنش اصلی دیگر فشاری با مقدار کمتر از سه برابر تنش اصلی کششی باشد، در سنگ در تنش کششی معادل مقاومت کششی تک محوری، شکست کششی حاصل می شود.

۲- وسایل مورد نیاز

A- دو فک فولادی بارگذاری بنحوی مطرح شده که نمونه سنگ دیسکی شکل را بصورت قطری دربرگیرد طوری که سطوح روبروی هم در هنگام گسیختگی روی یک قوس تماس حدود 10° قرار گیرد. دستگاه پیشنهاد شده برای رسیدن به این منظور در شکل (۱) نشان داده شده است. ابعاد بحرانی دستگاه عبارتند از شعاع انحناء فکها، فاصله آزاد بین و سوراخ و طول بین های اتصال دو فک انحناء دار و عرض فکها. این ابعاد بشرح زیر می باشند: شعاع فکها $1/5$ برابر شعاع نمونه، فاصله آزاد بین و سوراخ طوری باشد که یک فک نسبت به دیگری به مقدار $3-10 \times 4$ رادیان چرخش داشته باشد، (به ازاء هر 25 میلیمتر نفوذ بین فاصله آزاد $1/1$ میلیمتر باشد)، عرض فکها $1/1$ برابر ضخامت نمونه. بنیة ابعاد را می توان از شکل (۱) سنجید. فک بالایی دارای یک نشیمنگاه کروی است که یک گوی کروی به قطر 25 میلیمتر براحتی در آن حرکت می کند.

b- نوارچسب کاغذی به ضخامت $(2/5$ تا $4/5$ میلیمتر) با پهنای برابر یا کمی بزرگتر از ضخامت نمونه.

c- یک ماشین مناسب جهت اعمال و اندازه گیری بار فشاری بر نمونه. ماشین باید دارای ظرفیت کافی بوده و بتواند بار را با نرخ مطابقت با خواسته بخش ۳ بر نمونه اعمال کند. ماشین باید در فواصل زمانی مناسب کنترل شود و با شرایط مورد قبول روش ASTM E₄ یا BS 1610 یا DIN 51220 و DIN 51223 کلاس ۱ تکمیل گردد.

d- گوی کروی در ماشین طوری قفل و بست می شود که در صفحه بارگذاری ماشین موازی یکدیگر قرار گیرند.

e- بهتر است که ماشین آزمایش مجهز به یک ثبات نموداری برای ثبت بار در برابر جابجایی باشد تا به اندازه گیری بار شکست کمک کند.

۳- روش آزمایش

a- نمونه های آزمایش باید بریده شده و با استفاده از آب تمیز آماده شوند. سطوح جانبی نمونه باید عاری از آثار ضربه باشند و (ناصافی) در طول ضخامت نمونه نباید از 0.25 mm تجاوز کند. سطوح انتهایی باید در حدود

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۰/۲۵ میلیمتر مسطح باشند و گونیا بوده و تا حد $0/25^\circ$ موازی یکدیگر باشند.

b - جهت نمونه باید مشخص شود و مقدار آب کنترل یا اندازه گیری شود و مطابق با " روش پیشنهادی جهت تعیین مقدار آب نمونه سنگ " روش 1 کمیته آزمایشات آزمایشگاهی ISRM، مرجع شماره ۲، گزارش شود.

c - قطر نمونه نباید کمتر از اندازه مغزه NX (تقریباً ۵۴ میلیمتر) باشد و ضخامت باید تقریباً برابر شعاع نمونه باشد.

d - دور تا دور نمونه آزمایش باید با یک لایه نوار نئوف پپیچیده شده و طوری در دستگاه بین صفحات انحنادار قرار می گیرد که بار در امتداد قطر نمونه و محور چرخش منطبق بر هم وارد شود.

c - بار باید بطور پیوسته و با نرخ ثابت بر نمونه وارد شود طوری که شکست در سست ترین قسمت سنگ در مدت ۱۵ تا ۳۰ ثانیه اتفاق افتد. نرخ بارگذاری N/S ۲۰۰ توصیه می شود.

f - وقتی که ماشین آزمایش مجهز به ثبات نیرو - جابجایی باشد، در ضمن آزمایش باید نمودار رسم شود، بنحوی که بار شکست اولیه را بتوان تعیین کرد. (در بعضی موارد، بار پس از شکست اولیه اضافه می شود و نیده های نمونه همچنان بار تحمل می کنند.) چنانچه ثبات بار - جابجایی روی دستگاه سوار نشده باشد در این صورت آزمایش کننده باید دقت لازم را در تشخیص بار شکست اولیه انجام دهد. در شکست اولیه یک مکث کوتاه در حرکت عقربه مشاهده خواهد شد. اختلاف بین بار شکست اولیه و ظرفیت تحمل بار نهایی حداکثر ۵٪ خواهد بود.

g - برای هر سنگی تعداد نمونه ها با توجه به ملاحظات عملی تعیین می شود که معمولاً ۱۰ نمونه توصیه می شود.

۴ - محاسبات

مقاومت کششی نمونه σ_t طبق فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\sigma_t = 0/636 \frac{P}{Dt} \text{ (MPa)}$$

که P بار گسیختگی بر حسب نیوتن، D قطر نمونه آزمایش به میلیمتر، t ضخامت نمونه در مرکز بر حسب میلیمتر

۵ - گزارش نتایج

a - توصیف سنگ

b - جهت محور بارگذاری نسبت به غیر یکنواختی نمونه، از جمله صفحات لایه بندی، تورق و غیره.

c - متشاه نمونه، شامل: موقعیت، جغرافیایی، عمق و جهت، تاریخ و روش نمونه برداری و چگونگی تاریخ و

انبار کردن و محیط

d - تعداد نمونه های آزمایش شده

- e - قطر و طول نمونه
- f - مقدار آب و درجه اشباع در زمان آزمایش
- g - مدت آزمایش و نرخ تنش
- h - تاریخ آزمایش و نوع ماشین آزمایش
- j - هرگونه مشاهدات یا اطلاعات فیزیکی دیگر مثل وزن مخصوص، تخلخل و نفوذپذیری و روش تعیین هر یک
- k - مقاومت کششی هر نمونه از سنگ، و میانگین آنها برای سنگ.

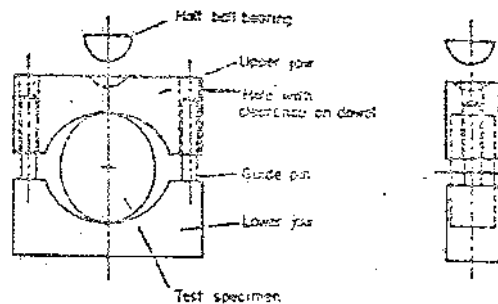


Fig. 1. Apparatus for Brazil test.

شکل ۱ - ابزار آزمایش برزیلی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

روش پیشنهادی برای تعیین مقاومت برشی مستقیم آزمایشگاهی (ISRM)

۱- اهداف

الف - این آزمایش، مقاومت برشی مستقیم نهایی و ماندگار را به صورت تابعی از تنش عمودی روی صفحه برش شده را اندازه گیری می کند. بعنوان نمونه از نتایج این آزمایش می توان در تحلیل تعادل حدی مسائل پایداری شیروانی ها یا تحلیل پایداری پی سدها استفاده نمود.

ب - شیب نمونه آزمایش نسبت به توده سنگ و جهت قرار گرفتن نمونه در دستگاه آزمایش معمولاً طوری انتخاب می گردد که صفحه برش بر صفحه ضعیف موجود در سنگ منطبق شود. برای مثال صفحه ضعیف می تواند شامل یک درز، صفحه لایه بندی، تورق یا کلیواژ یا فصل مشترک بین خاک و سنگ یا بتن و سنگ باشد.

ج - تعیین مقاومت برشی باید ترجیحاً با انجام حداقل پنج آزمایش روی افق آزمایش یکسان صورت پذیرد. نمونه ها تحت اثر تنش های عمودی مختلفی قرار گرفته که مقدار آن در مدت انجام هر آزمایش ثابت می باشد.

د - در بکارگیری نتایج آزمایش برای طراحی، زمانی که امکان اختلاف با شرایط آزه آزمایشگاهی وجود دارد، شرایط فشار آب حفراهی و امکان پیشرفت گسیختگی باید مورد ارزیابی قرار گیرد.

ابزارکار

۲- تجهیزات جهت گرفتن نمونه ها از سنگ شامل:

الف - وسایلی برای بریدن نمونه، بعنوان مثال منته مغزه گیر با قطر بزرگ، منته های ضربه ای، انواع اره، چکش و خردکننده سنگ، همچنین تجهیزاتی برای اندازه گیری شیب، جهت شیب، زبری و دیگر مشخصات ظاهری افق آزمایش - (ظاهری دوزه)

ب - موادی برای نگهداری نمونه به یکدیگر، بعنوان مثال سیم صحافی یا نوارهای فلزی

ج - موادی برای حفاظت نمونه در مقابل صدمات مکانیکی و تغییرات درصد رطوبت در ضمن برش و انتقال به آزمایشگاه، برای مثال بسته بندی محافظ و موم یا مواد ضد آب مشابه

۳- وسایلی برای سوار کردن نمونه شامل:

الف - حامل نمونه، که بخش قابل پیاده شدن از تجهیزات آزمایش را تشکیل می دهد.

ب - سیمان، گچ، رزین یا مواد قالب گیری مقاوم مشابه با ظروف اختلاط مناسب

۴- وسیله انجام آزمایش (برای مثال جعبه برش شکل ۱) شامل:

الف - وسیله اعمال بار عمودی از نوع هیدرولیکی، بادی یا سیستم مکانیکی وزن مرده، طوری طراحی شده که با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

سیستم اندازه گیری جابجایی برشی باید حرکتی بیش از ۱۰٪ طول نمونه و دقتی بیشتر از ۰/۱ میلیمتر داشته باشد. سیستم های اندازه گیری جابجایی عمودی و جانبی باید حرکتی بیشتر از ۲۰ میلیمتر و دقتی بیش از ۰/۰۵ میلیمتر دارا باشند. از تنظیم نمودن مجدد گیج ها در طول آزمایش، گرچه امکان آن وجود دارد، باید اجتناب گردد. در صورت استفاده از مبدل های الکتریکی یا سیستم ثبات اتوماتیک، نتایج با توجه به آخرین کالیبراسیون باید گزارش قید شود.

روش آزمایش

۵- آماده سازی:

الف- افق آزمایش انتخاب شده، شیب، جهت شیب و دیگر مشخصات زمین شناسی مناسب یادداشت می گردد. نمونه های بلوکی یا مغزه ای شامل افق آزمایش با استفاده از روش های انتخاب شده برای به حداقل رساندن دست خوردگی جمع آوری شوند. در صورت امکان از روشی استفاده گردد که مقدار رطوبت طبیعی آنها ثابت باقی بماند. ابعاد نمونه و محل افق آزمایش در بلوک یا مغزه باید ضوری انتخاب شود که تا حد امکان نیاز به تراشیدن بیشتر آن در آزمایشگاه نبوده و به اندازه کافی برای قالب گیری مناسب باشد. صفحه آزمایش ترجیحاً باید مربعی با حداقل مساحت ۲۵۰۰ میلی متر مربع باشد. یکپارچگی مکانیکی نمونه ها باید با بستن سیم یا نوار محکمی که بلافاصله قبل از آزمایش برداشته می شود، حفظ گردد.

ب- نمونه هایی که بلافاصله برای آزمایش قالب گیری نمی شوند، باید در یک پوشش ضد آب قرار گیرند. سپس باید برچسب زده شده و بسته بندی گردند تا از صدمه رسیدن آنها در هنگام انتقال به آزمایشگاه جلوگیری بعمل آید. نمونه های ترد نیاز به مراقبتهای ویژه ای دارند بطور مثال بسته بندی در پوشش پلی اورتان (Polyurethane) می باشد.

ج- بسته بندی محافظه به استثنای سیم فولادی، برداشته شده و بلوک در یکی از حمل کننده ها طوری قرار داده می شود که افق آزمایش در موقعیت و جهت صحیحی حفظ گردد. ماده قالب گیری ریخته شده، بعد از گیرش، نیمه دیگر نمونه به طریق مشابه قالب گیری می شود. ناحیه ای حداقل ۵ میلی متر از هر طرف افق برش، نباید قالب گیری گردد.

۶- تحکیم

الف- در مرحله تحکیم اجازه داده می شود تا فشارهای آب حفره ای در سنگ و ماده پرکننده، مجاور صفحه برش، تحت اثر تنش عمودی کل قبل از برش، محو گردد. هم چنین ممکن است رفتار نمونه در حین تحکیم، محدودیتی را برای سرعت مجاز برش وضع نماید.

ب- نمونه دو جعبه برش قرار می گیرد، همه گیج ها کنترل شده و تعدادی قرائت بار و جابجایی مقدماتی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

یادداشت می‌گردد.

ج - بار عمودی تا مقدار کامل مشخص شده برای آزمایش گزارش داده می‌شود. بطور متوالی جابجایی عمودی (تکه‌کیم) نمونه بر حسب تابعی زمان و بارهای وارده یادداشت می‌گردد (شکل های ۳ و ۴).

د - مرحله تکه‌کیم ممکن است رفتی تکمیل گردد که سرعت تغییر جابجایی عمودی به کمتر از ۰/۰۵ میلیمتر در ۱۰ دقیقه برسد. سپس ممکن است بارگذاری برشی انجام پذیرد.

Suggested Method for Data tabulating Direct Shear

Client:		Project Name: No. 107		Location of Test:		Date:		Sheet No.:		
TEST MACHINE IDENTIFICATION		Description of Sample:		Type of Test:		Operator:		Remarks:		
General test description, test procedure, test conditions, etc. (to be filled in by the operator)										
Description of the physical characteristics of the soil to be tested										
Date: _____										
Preparation: _____										
1 Time elapsed (min)	Applied normal force		Normal stress (kN/m ²)				Applied shear force		Shear stress (kN/m ²)	
	Symbol	Value (kN)	1	2	3	4	Symbol	Value	1	2
10	10	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
20	20	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
40	30	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
60	36	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
80	39	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
100	40	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
120	41	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
140	42	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
160	43	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
180	44	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
200	45	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
220	46	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
240	47	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
260	48	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
280	49	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
300	50	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
320	51	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
340	52	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
360	53	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
380	54	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
400	55	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
420	56	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
440	57	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
460	58	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
480	59	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
500	60	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
520	61	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
540	62	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
560	63	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
580	64	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
600	65	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
620	66	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
640	67	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
660	68	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
680	69	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
700	70	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
720	71	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
740	72	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
760	73	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
780	74	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
800	75	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
820	76	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
840	77	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
860	78	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
880	79	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
900	80	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
920	81	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
940	82	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
960	83	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
980	84	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
1000	85	0.200	0.070	0.140	0.210	0.280	0	0	0	0
Extension data		Remarks				Totalled by		Checked by		

Fig. 3 Example layout of direct shear test data sheet.

شکل (۳) - نمونه ای از برگه اطلاعات مربوط به آزمایش برش مستقیم

۷- برش:

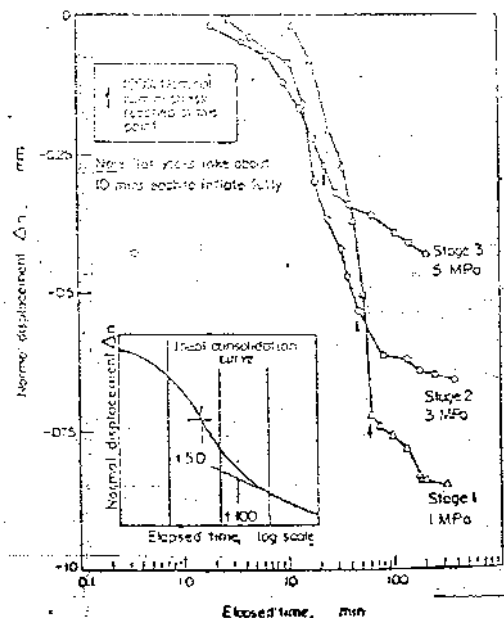
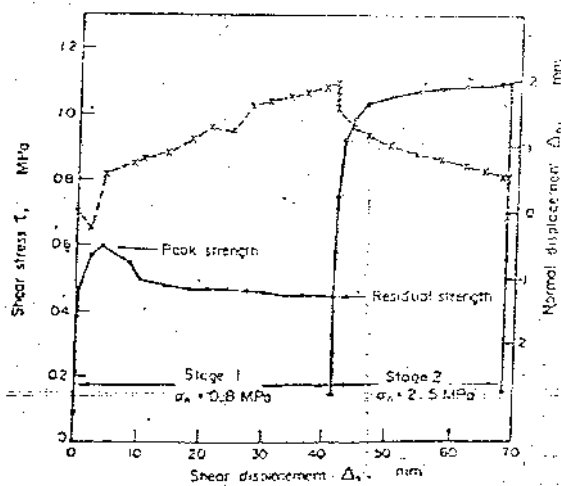
- الف - هدف از برش، بدست آوردن مقادیر مقاومت برشی مستقیم نهائی و ماندگار در محل (دوزه) می باشد.
- ب - نیزوی برشی ممکن است بطور پله ای اعمال شود، اما معمولاً بطور پیوسته، به طریقی که سرعت جابجایی برشی قابل کنترل باشد، اعمال می گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ج - بطور تقریبی باید ۱۰ سری قرائت قبل از رسیدن به مقاومت نهائی انجام شود (شکل های ۳ و ۵) سرعت جابجایی برشی باید که تراز 0.1 mm/min در فاصله زمانی ۱۰ دقیقه قبل از یک سری قرائت باشد. این سرعت ممکن است تا 0.5 میلیمتر در دقیقه بین مجموعه قرائت ها افزایش یابد، مشروط بر اینکه مقاومت حداکثر بطور مناسبی پادداشت شود. برای یک آزمایش زهکشی شده مخصوصاً زمانی که روی ناپیوستگی های پر شده با مواد رسی آزمایش انجام می شود، زمان کن رسیدن به مقاومت حداکثر باید بیشتر از 61.00 حاصل از منحنی تحکیم باشد. در صورت نیاز باید نرخ برش کاهش داده شود یا اینکه افزایش نیروی برشی را برای رسیدن به این حالت به تأخیر انداخته.

د - در صورت نیاز برای تعریف ریزش منحنی های نیرو - تغییر مکان (شکل ۵)، بعد از رسیدن به مقاومت حداکثر، قرائت های تغییر مکان برشی باید از فرامصل 0.5 به 5 میلیمتر صورت پذیرد. سرعت جابجایی برشی باید از 0.2 تا 0.5 میلیمتر در دقیقه در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه قبل از مجموعه قرائت های انجام شده باشد، و ممکن است تا 1 میلیمتر در دقیقه بین مجموعه قرائت ها افزایش یابد.

و - مقدار مقاومت ماندگار را هنگامی نمی توان تعیین نمود که نمونه تحت اثر تنش عمودی ثابت، در معرض برش قرار گرفته و حداقل برای چهار مجموعه قرائت های متوالی، بیشتر از 5% تغییر در تنش برشی برای تغییر مکان برشی بیشتر از یک سانتیمتر ملاحظه نگردد.



شکل (۴) - منحنی های تحکیم برای سه - شکل (۵) - نمودارهای تنش برشی - تغییر مکان مرحله از آزمایش برش مستقیم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

ه - در بدست آوردن مقاومت ماندگار، تنش عمودی ممکن است افزایش یا کاهش یابد. برای بدست آوردن مقادیر مقاومت ماندگار اضافی برش ادامه می یابد. نمونه باید تحت اثر هر تنش عمودی جدید تحکیم یابد (بند ۶ ملاحظه گردد) و برش مطابق معیار ارائه شده در پاراگراف های ۷ (ج) تا ۷ (ز) بالا ادامه می یابد.

ی - بعد از آزمایش، حداکثر برش خورده باید در معرض دید قرار گیرد و کاملاً توصیف گردد (بند ۹ ملاحظه شود). مساحت سطح برش اندازه گیری شده و در صورت نیاز عکس مناسبی از آن گرفته شود. نمونه های سنگ مواد پرکننده و خرده های حاصل از برش باید به عنوان شائبه های آزمایش بر داشته شود.

ملاحظات

۸ - الف - منحنی تحکیم (شکل ۲) در ضمن مرحله تحکیم انجام آزمایش رسم شود. زمان t_{50} مربوط به تکمیل تحکیم اصلی یا رسم تماس های بر منحنی مطابق آنچه نشان داده شده تعیین می گردد. زمان رسیدن از شروع بارگذاری برشی تا مقاومت جداکننده باید بیش از ۱۰٪ باشد تا اجازه داده شود فشار آب منفردی محو گردد.

ب - قرشت های جایجایی میانگین گیری می شود تا مقدار متوسط جایجایی های برشی (Δs) و عمودی (Δn) بدست آید. جایجایی های جانبی فقط به منظور ارزیابی رفتار نمونه در ضمن آزمایش یادداشت می شود، البته چنانچه این جایجایی ها قابل توجه باشند، در هنگام محاسبه باید سطح تماس تصحیح شده به حساب آورده شوند.

ج - تنش عمودی و برشی به شرح زیر محاسبه می گردد:

$$\sigma_n = \frac{P_n}{A} \quad \tau = \frac{P_s}{A}$$

تنش عمودی تنش برشی

بطوری که:

$$P_n = \text{نیروی عمودی کل،}$$

$$P_s = \text{نیروی برشی کل،}$$

$$A = \text{مساحت سطح برشی روی هم (که با حساب آوردن جایجایی برش، تصحیح شده است).}$$

د - برای هر نمونه آزمایش، نمودارهای تنش برشی (یا نیروی برشی) و جایجایی عمودی بر حسب جایجایی

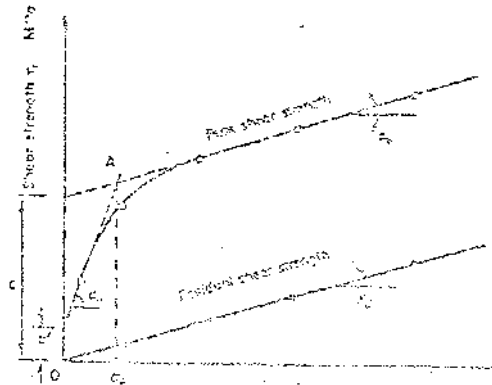
برشی رسم شود. (شکل ۵). برای نشان دادن تنش عمودی اسمی و هر تغییراتی در تنش عمودی در حین

برش، نمودار تفسیر می شود. مقادیر مقاومت برشی جداکننده و ماندگار و تنش های عمودی، جایجایی های برشی و

عمودی که اتفاق می افتد از این نمودارها خلاصه می گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

و - نمودارهای مقاومت برشی حداکثر و ماندگار برحسب تنش عمودی از نتایج ترکیبی برای همه نمونه‌های آزمایش رسم می‌گردد. پارامترهای مقاومت برشی C' ، ϕ_r ، ϕ_u ، ϕ_n و C از این منحنی‌ها خلاصه می‌گردد همانطور که در شکل (۶) نشان



شکل ۶ - نمودار مقاومت برشی - تنش قائم

گزارش نتایج

۹ - گزارش باید شامل موارد زیر باشد:

الف - نمودار و شرح تجهیزات آزمایش و شرحی از روش‌های نمونه‌گیری، بسته‌بندی، انتقال، انبار کردن، سوار کردن و آزمایش نمونه که استفاده شده است (ممکن است به همین روش پیشنهادی انجمن بین‌المللی مکانیک سنگ (ISRM) ارجاع شده و تنها به واردی که از این روش جدول شده است، اشاره گردد).

ب - برای هر نمونه شرح کامل زمین‌شناسی سنگ بکر، سطح برش، مواد پرکننده و خرده‌ها ترجیحاً همراه با اطلاعات مناسبی از آزمایش شاخص (برای مثال زبری مقاطع، حدود آتربگ، درصد رطوبت و توزیع اندازه دانه‌های مواد پرکننده) ارائه شود.

ج - ارائه نمودارها و ترجیحاً عکس‌هایی که محل نمونه برداری، شیب، جهت شیب افق آزمایش‌ها همچنین ابعاد نمونه و هر نشانه‌ای از نمونه را نشان دهد.

د - برای هر قطعه آزمایش شده مجموعه‌ای از جداول اطلاعات، نمودار تحکیم و نمودارهای تنش برشی و جابجایی عمودی برحسب جابجایی برشی ارائه شود. (مانند شکل‌های ۴، ۳ و ۵) مقادیر خلاصه شده مقاومت برشی حداکثر و ماندگار با توجه به مقادیر تنش عمودی، جابجایی برشی و عمودی باید در جدولی ارائه گردد.

و - مقادیر مقاومت برشی کلی حاصله از نمودارها و مقادیر جدول شده مقاومت برشی حداکثر و ماندگار در مقابل تنش عمودی، با اضافه مقادیر پارامترهای مقاومت برشی (مانند شکل ۶) گزارش گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

اطمینان بار را بطور بکثراخت روی صفحه آزمایش وارد کند. نیروی منتهجه باید بطور عمودی روی صفحه برش اعمال شده و از مرکز سطح آن عبور نماید. سیستم باید دارای حرکتی بیشتر از مقدار اتساع یا تحکیم مورد انتظار بوده و قادر باشد که بار عمودی را در حدود ۲٪ مقدار انتخاب شده در طول آزمایش باقی نگه دارد.

ب- وسیله اعمال بار برشی از نوع چک هیدرولیکی یا سیستم جلور دنده‌ای مکانیکی، طوری طرح شده که بار بطور بکثراخت در امتداد یک نیمه از نمونه توزیع شود. منتهجه نیروی برشی اعمالی در صفحه برش وارد می‌شود. تجهیزات باید برای حرکت برشی بیشتر از ۱۰٪ طول نمونه طراحی شده باشد. جهت اطمینان از اینکه مقاومت تجهیزات در مقابل جابجایی برشی کمتر از ۱٪ حداکثر نیروی برشی وارده است، وسیله مشابه یا اصطکاک کم می‌باشد. نا اطمینان حاصل شود که مقاومت دستگاه در برابر تغییر مکان برشی کمتر از ۱٪ حداکثر نیروی برشی وارده در آزمایش می‌باشد.

ج- تجهیزاتی برای مستقل نمودن اندازه‌گیری نیروهای عمودی و برشی وارده با دقت بیش از ۲٪ حداکثر نیروهایی که در طول آزمایش به آن می‌رسد. آخرین اطلاعات مربوط به کالیبراسیون قابل استفاده در محدوده آزمایش، باید در گزارش ضمیمه شود.

د- تجهیزاتی برای اندازه‌گیری جابجایی برشی عمودی و جانبی. به عنوان نمونه گیج‌های میکرومتر عقبه‌ای یا مبدل‌های الکتریکی. گیج‌ها ممکن است مانند شکل (۲) نصب گردند یا چهار گیج جابجایی عمودی توسط یک گیج مرکزی جایگزین شود.

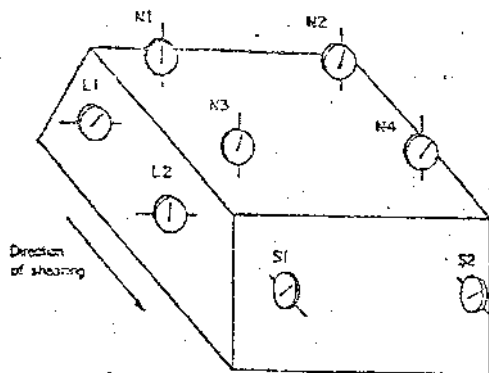


Fig. 2. Arrangement of displacement gauges: S1 and S2 for shear displacement, L1 and L2 for lateral displacement, N1-N4 for normal displacement.

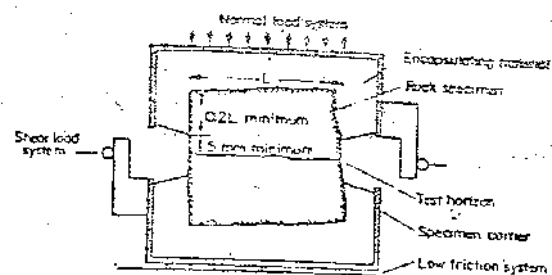


Fig. 7. Arrangement for laboratory direct shear test.

شکل (۲) نحوه قرارگیری گیج‌های تغییر مکان:

S1 و S2 برای تغییر مکان برشی L1 و L2 برای تغییر

مکان جانبی، N1 تا N4 برای تغییر مکان عمودی

شکل (۱) - نحوه قرارگیری دستگاه برش

روش پیشنهادی جهت تعیین شاخص دوام آبدیدگی

۱- هدف

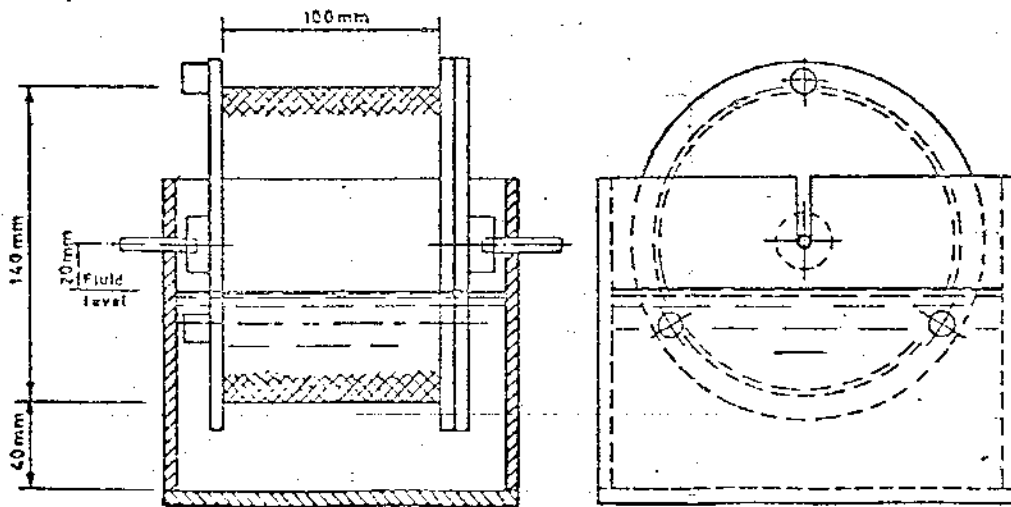
این آزمایش به منظور ارزیابی مقاومت یک نمونه سنگ، با توجه به سست و خرد شدن آن تحت تأثیر دو سیکل خشک شدن و مرطوب شدن، پیشنهاد شده است.

۲- تجهیزات مورد نیاز

وسایل لازم عبارتند از:

a- یک ظرف استوانه‌ای شکل (درام) که شامل یک استوانه استاندارد مشبک ۲ میلیمتری مسدود نشده بطول ۱۰۰ میلی‌متر و قطر ۱۴۰ میلیمتر و با قاعده‌های سخت و ثابت شده می‌باشد. این ظرف استوانه‌ای باید تا دمای 105°C را تحمل نماید. این ظرف دارای یک سرپوش سخت قابل جدا شدن می‌باشد. ظرف باید دارای مقاومت کافی باشد تا در طول آزمایش شکل خود را حفظ کند، ولی نه برای قسمت درونی و نه قسمت بیرونی استوانه مشبک نباید مانعی مثلاً اجزاء تقویتی باشد.

b- یک تشت که ظرف استوانه‌ای شکل را در حالی که به یک محور افقی چرخان منکمی شده است دربر گیرد، تشت باید طوری باشد که تا حد ۲۰ میلیمتر زیر محور ظرف استوانه‌ای بوسیله سیالی مثل آب پر شود. ظرف استوانه‌ای طوری در تشت جای گیرد که فاصله بین کف تشت و سطح استوانه خشک ۴۰ میلیمتر باشد. شماتیکی از مجموعه تشت و ظرف استوانه‌ای شکل در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- ابعاد مبنا برای وسیله آزمایش دوام در مقابل آبدیدگی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

C - یک موتور محرک که بتواند ظرف استوانه‌ای شکل را با سرعت ۲۰ دور در دقیقه بچرخاند. سرعت باید با تورانس ۵٪ در مدت ۱۰ دقیقه ثابت باشد.

d - یک اُرن که بتواند دمای ۱۰۵°C را با تغییرات حدود ۳°C برای مدت حداقل ۱۲ ساعت نگه دارد.

e - یک ترازو برای وزن کردن ظرف استوانه‌ای شکل به اضافه نمونه با دقت ۰/۵ گرم.

۳- روش آزمایش

a - نمونه نماینده انتخاب شده شامل ۱۰ قطعه سنگ هر کدام به جرم ۲۰ تا ۶۰ گرم و وزن کل نمونه ۲۵۰ تا ۵۵۰ گرم می باشد. حداکثر اندازه دانه سنگ نباید از ۳ میلی‌متر بیشتر باشد. قطعات سنگ از نظر شکل باید کروی باشند و گوشه‌ها باید موقع تهیه نمونه گرد شوند.

b - نمونه در ظرف استوانه‌ای شکل تمیز قرار داده شده و در دمای ۱۰۵°C خشک نموده تا به وزن ثابت برسد. معمولاً ۲ تا ۶ ساعت نمونه باید داخل اُرن باشد. جرم ظرف استوانه‌ای شکل به اضافه نمونه (A) ثبت می شود. سپس نمونه بعد از سرد شدن تحت آزمایش قرار می گیرد.

c - سرپوش در محل خرد قرار می گیرد و ظرف استوانه‌ای در تشت قرار داده شده و به موتور متصل می شود.

d - تشت با سیال مورد نظر پر می شود، معمولاً با آب ۲۰°C تا حد ۲۰ میلی‌متر زیر محور ظرف استوانه‌ای و این ظرف در مدت زمان ۱۰ دقیقه با دقت ۰/۵ دقیقه ۲۰۰ چرخش انجام می دهد. (۲۰ دور در دقیقه)

e - ظرف استوانه‌ای را از داخل تشت خارج کرده، سرپوش آن را برداشته و ظرف با اضافه قسمتهای باقی مانده نمونه در دمای ۱۰۵°C خشک می شود تا به وزن ثابت برسد. جرم ظرف استوانه‌ای با اضافه قسمت‌های باقیمانده نمونه (B) بعد از سرد شدن ثبت می گردد.

f - مراحل c و e تکرار می شوند و مجدداً جرم ظرف استوانه‌ای با اضافه قسمت باقیمانده نمونه (C) ثبت می شود.

g - ظرف استوانه‌ای شکل را تمیز کرده و جرم آن (D) ثبت می گردد.

۴- محاسبات

شاخص دوام آبدیدگی (دومین سیکل) بصورت درصدی از نسبت جرم خشک نهایی نمونه به جرم خشک اولیه نمونه بصورت زیر محاسبه می شود.

$$Id_2 = \frac{C - D}{A - D} \times 100\%$$

۵- گزارش نتایج

گزارش باید شامل اطلاعات زیر برای هر نمونه آزمایش شده باشد.

a - شاخص دوام آبدیدگی (دومین سیکل) با دقت ۰/۱ درصد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

b - نوع و دمای سیال مورد استفاده: معمولاً دمای آب 20°C ، اما نوع آن مثل: آب منظر، آب زیرزمینی، آب دریا، یک اسید رقیق یا یک عنصر فرار ممکن است انتخاب شود.

c - شکل ظاهری قطعات باقیمانده در ظرف استوانه‌ای شکل.

d - شکل ظاهری مصالح رده شده از ظرف استوانه‌ای شکل.

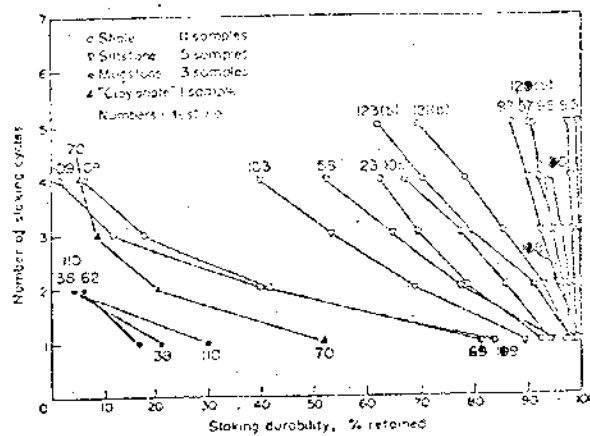
۶- تذکرات

شاخص دوام آبدیدگی درمین سیکل که همانند بند ۲ و برای آب 20°C محاسبه می‌شود، برای استفاده در رده بندی سنگ پیشنهاد شده است. بهر حال نمونه‌هایی که شاخص سیکل دوم آنها بین ۵ تا ۱۰ درصد باشد با شاخص دوام آبدیدگی اولین سیکل بهتر مشخص می‌شوند.

$$Id_1 = \frac{B - D}{A - D} \times 100\%$$

شاخص دوام آبدیدگی

شاخص‌های گرفته شده بعد از ۳ سیکل یا بیشتر آبدیدگی و خشک شدن ممکن است برای ارزیابی سنگهای بادوام بالاتر مفید باشند. (شکل ۲)



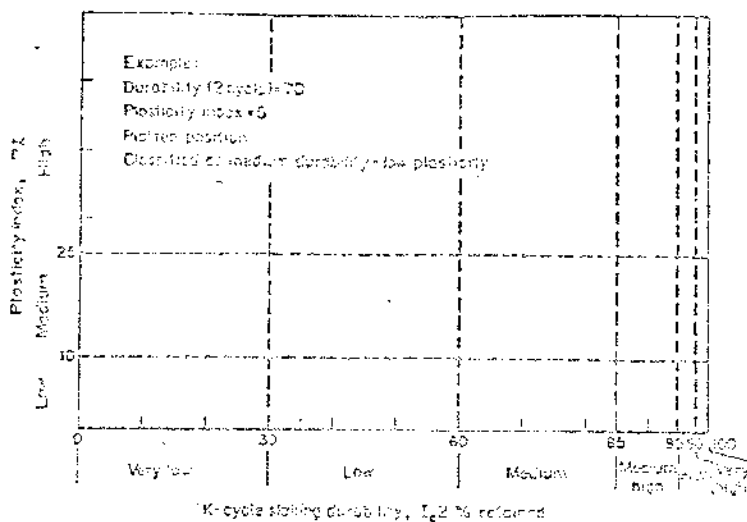
شکل ۲ - اثر تعداد سیکل‌های آبدیدگی بر روی دوام در مقابل آبدیدگی

۷ - سنگهایی که دوام آبدیدگی پائینی دارند، باید تحت آزمایشات رده بندی خاک از قبیل تعیین حدود اتربرگ یا تحلیل اندازه رسوب قرار گیرند. یک رده بندی مرکب است از:

الف - شاخص دوام آبدیدگی

ب - شاخص پلاستیسیته (شکل ۳) پیشنهاد شده در حالتی که حد بزرگتری از مشخصات بویژه در سنگهای رسی لازم می‌باشد.

International Society for Rock Mechanics



شکل ۳ - طبقه‌بندی پیشنهادی آبدیدگی - خمیری بودن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

روش پیشنهادی جهت تعیین مقاومت فشاری تک محوری و تغییر شکل پذیری سنگ (ISRM) قسمت ۱: روش پیشنهادی برای تعیین مقاومت فشاری تک محوری سنگ

۱- هدف

این آزمایش برای اندازه گیری مقاومت فشاری تک محوری یک سنگ بر روی نمونه های با شکل هندسی منظم بکار می رود. آزمایش اصولاً برای طبقه بندی و مشخصات مقاومتی سنگ سالم می باشد.

۲- دستگاهها:

a- یک ماشین مناسب جهت اندازه گیری و اعمال بار محوری بر نمونه باید استفاده شود. با توجه به بند ۳ ماشین باید دارای ظرفیت کافی باشد و همچنین قابلیت تغییر نرخ بارگذاری را نیز داشته باشد. دستگاه باید در فواصل زمانی مناسب به روش ۴ ASTM E یا BS ۱۶۱۰ یا کلاس A استاندارد Din ۵۱۲۲۰ و Din ۵۱۲۲۳ و کلاس استاندارد Din ۵۱۳۰۰ کنترل شود.

b- اگر ماشین مطابق با بند (d) کامل نشده باشد باید یک گوی کروی در یک قسمت متحرک طوری قرار داده شود که صفحات بارگذاری بتوانند بصورت موازی همدیگر قرار گیرند.

c- صفحات فولادی به شکل دیسک که دارای سختی بیش از سنگ بوده و کمتر از HRC ۵۸ نباشد، باید در دو انتها نمونه قرار داده شود. قطر صفحات باید بین D و $D + 2 \text{ mm}$ باشد که D قطر نمونه می باشد. ضخامت صفحات باید حداقل 1.5 mm یا $\frac{D}{3}$ باشد. سطوح صفحات باید سائیده شود و صافی آن باید بیشتر از 0.05 mm باشد.

d- یکی از دو صفحه باید متصل به گوی کروی باشد. گوی کروی باید در قسمت بالای نمونه گذاشته شود. گوی باید بطور براق روغن کاری شود بطوریکه بعد از اینکه وزن مرده حداکثر شد، قفل شود. نمونه، صفحات و گوی کروی باید دقیقاً نسبت به یکدیگر و بارگذاری ماشین هم مرکز باشند. مرکز انحناى سطح گوی باید منطبق با مرکز انتهای بالای نمونه باشد.

۳- روش آزمایش

a) نمونه های آزمایش باید به صورت استوانه های دایره ای مستقیم با نسبت ارتفاع به قطر $2/5$ تا 3 باشد و قطر آن حداقل از سایز NX (تقریباً ۵۴ میلیمتر) باشد. قطر نمونه باید با اندازه بزرگترین دانه در سنگ مقایسه شود، بطوریکه حداقل ۱۰ برابر بزرگترین دانه باشد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

b - دو انتهای نمونه باید تا 0.02 میلیمتر مسطح باشد و انحراف از حالت قائم نسبت به محور نمونه نباید بیشتر از 0.01 رادیان ($3/5$ دقیقه) یا 0.05 mm در طول 50 mm باشد.

c - جوانب نمونه باید صاف باشد و نامنظمی سطوح جانبی در کل طول نمونه نباید بیش از 0.3 mm باشد.

d - استفاده از مصالح اندود یا روش دیگری غیر از استفاده از ماشین جهت آرایش دو انتهای نمونه مجاز نمی باشد.

e - قطر نمونه آزمایش باید با دقت 0.1 mm اندازه گیری شود این عمل با میانگین گیری از ۲ قطر اندازه گیری شده عمود بر هم در پائین، وسط و بالای نمونه انجام می شود. میانگین قطرها باید برای محاسبه سطح مقطع عرضی بکار رود. ارتفاع نمونه نیز باید با دقت یک میلیمتر تعیین شود.

f - سنگ بیش از ۳۰ روز نباید انبار شود، در هر صورت مقدار رطوبت طبیعی سنگ باید تا حد امکان حفظ شود و آزمایش در آن شرایط انجام گیرد. این شرایط رطوبت باید مطابق با روش پیشنهادی برای تعیین مقدار آب سنگ روش آکمیته ISRM در آزمایشهای آزمایشگاهی، گزارش شود.

g - بار وارده بر نمونه باید بطور پیوسته با یک نرخ تنش ثابت وارد شود تا شکست در مدت ۵ الی ۱۰ دقیقه پس از اعمال بار اتفاق افتد یا اینکه نرخ تنش در حد 0.5 الی یک مگاپاسکال بر ثانیه باشد.

h - حداکثر بار وارد بر نمونه باید بر حسب نیوتن (یا کیلو نیوتن و مگانیوتن) با دقت ۱٪ ثبت شود.

c - تعداد نمونه آزمایش باید از مشاهدات محلی تعیین شود. اما حداقل ۵ نمونه توصیه می شود.

۴ - محاسبات

a - مقاومت فشاری تک محوری نمونه باید از تقسیم حداکثر بار وارده بر نمونه در ضمن آزمایش بر سطح مقطع اولیه نمونه محاسبه شود.

۵ - گزارش نتایج

a - توصیف سنگ شناسی نمونه،

b - شیب محور بارگذاری نسبت به غیر همگنی نمونه از قبیل صفحات لایه بندی، تورق و غیره،

c - منبع نمونه شامل: موقعیت محل نمونه برداری، عمق و شیب، تاریخ و روش نمونه گیری و تاریخ ورود به انبار و محیط نگهداری آن،

d - تعداد نمونه های آزمایش شده،

e - قطر و ارتفاع نمونه،

f - مقدار آب و درجه اشباع در زمان آزمایش،

g - مدت آزمایش و نرخ تنش،

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

h - تاریخ انجام و نوع ماشین آزمایش،

i - نوع شکست از جمله: برشی، صفحات لایه بندی و غیره.

j - مشاهدات دیگر یا اطلاعات فیزیکی در دسترس مانند چگالی ویژه، تخلخل و نفوذپذیری که به روشهای مربوطه تعیین می شود.

k - مقاومت فشاری تکه چرزی برای هر نمونه از سنگ و میانگین آنها بر حسب مگاپاسکال یا مضارب آن بیان شود.

l - در مواردی که نمونه آزمایش با ویژگیهای گفته شده مطابقت ندارد باید واقعیت آن در گزارش قید نشود.

قسمت ۲: روش پیشنهادی برای تعیین تغییر شکل پذیری سنگها در فشار تک محوری

۱ - هدف

این آزمایش جهت تعیین ماهیتی تنش - کرنش و مدول یانگ و ضریب پواسون در فشار تک محوری نمونه های سنگ دارای شکل هندسی منظم به کار می رود. آزمایش اصولاً جهت رده بندی و مشخصات سنگهای سالم بکار می رود.

۲ - دستگانهها

- بندهای a تا d قسمت 1.

c - مقاومت الکتریکی گیج های کرنش، تبدیل تغییرات خطی، فشارسنج، وسایل اپتیکی یا وسایل دیگر اندازه گیری. کرنشها از متوسط دو کرنش سنج محیطی و طولی که به فاصله های مناسب قرار گرفته اند برای هر افزایش بار تعیین می شود. وسایل باید قوی و پایدار و با حساسیت کرنش $10^{-6} \times 5$ باشند. (هر دو کرنش محوری و محیطی باید با دقت ۲٪ قرائتها و دقت ۰/۲ درصد مقیاس کل قرائت شوند. اگر از مقاومت الکتریکی گیج های کرنش استفاده شود، طول گیج هایی که کرنش های محوری و محیطی را تعیین می کنند باید حداقل ۱۰ برابر قطر دانه ها بوده و گیج ها نباید از $\frac{D}{4}$ به دو انتها نزدیکتر باشند که D نیز قطر نمونه می باشد) اگر برای اندازه گیری تغییر شکل محوری از LVDT استفاده شود. درجه بندی آنها باید طوری باشد که هر واحد آن ۰/۰۰۲ mm و دقت ۰/۰۰۲ میلی متر در محدوده ۰/۰۲ mm و در حدود ۰/۰۰۵ mm در محدوده ۰/۲۵ mm باشد (LVDT نباید به فاصله حداقل $\frac{D}{4}$ از دو انتها قرار گیرد).

f - یک دستگاه برای ثبت بارها و تغییر شکل ها ترجیحاً یک ثبات با مختصات y - x که مستقیماً متحنی بار تغییر شکل را رسم کند.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

۳- روش آزمایش

- بندهای a تا e قسمت 1.

f- رطوبت یک عامل مؤثر در تغییر شکل پذیری نمونه آزمایش می تواند باشد. تا حد امکان شرایط رطوبت محل باید تا زمان آزمایش حفظ شود. وقتی که مشخصات مصالح سنگ تحت شرایط متغیر از اشباع تا خشک لازم باشد، باید توجه داشت که شرایط رطوبتی ایجاد شود که رابطه بین تغییر شکل پذیری و مقدار رطوبت فابن برداشت باشد. رطوبت اضافی می تواند در چسباندن کرنش سنج مشکل ایجاد کند که ممکن است لازم باشد تغییری در مقدار رطوبت نمونه ایجاد کنیم. شرایط رطوبت باید مطابق با روش ISRM جهت تعیین مقدار آب به روش آزمایشگاهی گزارش شود.

g- بار باید بطور پیوسته و با نرخ تنش ثابت به نمونه وارد شود تا اینکه شکست نمونه بعد از ۵ الی ۱۰ دقیقه افتد، یا تغییرات نرخ تنش باید در حد ۵٪ تا یک مگاپاسکال در ثانیه باشد.

h- بار و کرنش های محوری و محیطی یا تغییر شکل ها باید برای هر افزایش بار هنگام آزمایش ثبت شود، اگر پیوسته ثبت نگردد. حداقل ۱۰ قرائت در دانه بارگذاری جهت منحنی های تنش - کرنش قطری و محوری باید ثبت شود.

ی- ممکن است توصیه شود که تعدادی سیکل بارگذاری و باربرداری انجام شود.

z- تعداد نمونه های لازم جهت آزمایش با توجه به شرایط و مشاهدات محل تعیین می شود. اما حداقل ۳ نمونه توصیه می شود.

۴- محاسبات

a- کرنش محوری ϵ_a و کرنش قطری ϵ_r ممکن است مستقیماً ثبت شده باشند و یا اینکه از قرائتهای تغییر شکل بسته به نوع دستگاه که در بند (e) بحث شد محاسبه گردد.

b- کرنش محوری بصورت زیر محاسبه می شود.

$$\epsilon_a = \frac{\Delta L}{L_0}$$

که در آن:

L_0 = طول محوری اولیه نمونه

ΔL = تغییر در طول محوری (که برای کاهش طول، مثبت می باشد)

c- کرنش قطری ممکن است از تغییرات قطری و یا از کرنش محیطی تعیین شود. در حالتی که تغییرات قطری اندازه گیری می شود کرنش قطری بصورت زیر محاسبه می شود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

$$\varepsilon_d = \frac{\Delta d}{d_0}$$

که در آن:

d_0 = قطر اولیه نمونه

Δd = تغییر در قطر (برای افزایش قطر، منفی می باشد).

اگر کرنش محیطی اندازه گیری شده باشد، از آنجا که محیط برابر با $C = \pi d$ می باشد، تغییرات محیط برابر با $\Delta C = \pi \Delta d$ خواهد شد. در نتیجه کرنش محیطی (ε_c) بصورت زیر یا کرنش قطری (ε_d) مرتبط خواهد شد.

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta c}{C_0} = \frac{\Delta d}{d_0}$$

بنابراین:

$$\varepsilon_c = \varepsilon_d$$

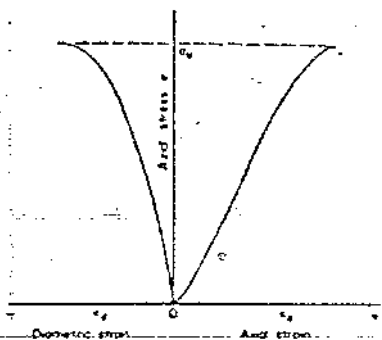
که C_0 و d_0 به ترتیب محیط و قطر اولیه نمونه می باشند.

d - تنش فشاری نمونه آزمایش σ ، از تقسیم بار فشاری P بر سطح مقطع اولیه نمونه محاسبه می شود. بنابراین:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

که در اینجا کرنش ها و تنش های فشاری، مثبت فرض شده اند.

e - شکل ۱ نمونه ای از منحنی تنش محوری در برابر کرنش های قطری و محوری را نشان می دهد. این منحنی ها رفتار سنگ را از تنش صفر تا مقاومت نهایی σ_{11} نشان می دهند. منحنی های کامل توصیف بهتری از رفتار تغییر شکل سنگها را می دهد که در سطوح تنش پائین و بالا بصورت رفتار تنش - کرنش غیرخطی می باشند.

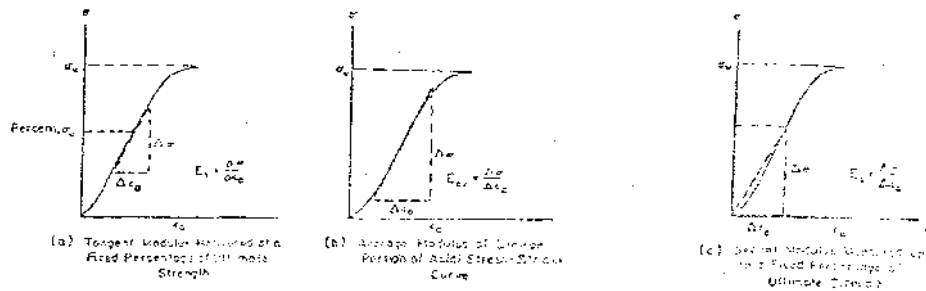


شکل ۱ - نمایش تصویری منحنی های تنش - کرنش محوری و قطری

f - جدول ۱ (نسبت تغییرات تنش محوری به تغییرات کرنش مربوطه) نمونه ممکن است به روشهای مختلف

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

که در کارهای مهندسی کاربرد دارند محاسبه شود. معمولترین روشها به شرح زیر می باشد که در شکل ۲ نیز نشان داده شده است.



شکل ۲ - روشهای محاسبه مدول یانگ از منحنی تنش محوری - کرنش محوری

۱ - مدول یانگ مماسی E_t که در سطح تنش برابر با درصدی از مقاومت نهایی اندازه گیری می شود. (شکل ۲a) که معمولاً در تنش ۵۰٪ مقاومت نهایی اندازه گرفته می شود.

۲ - مدول یانگ متوسط E_L که از شیب میانگین قسمت خطی منحنی تنش - کرنش محوری تعیین می شود. (شکل ۲b)

۳ - مدول یانگ سکانتی E_s از شیب خطی که نقطه تنش صفر را به نقطه درصدی از مقاومت نهایی وصل می کند، بدست می آید که معمولاً تا حد تنش ۵۰٪ مقاومت نهایی می باشد. (شکل ۲c)

مدول یانگ E یا همان واحد تنش (پاسکال) بیان می شود، اما مناسب تر آن است که از ضرایب آن مثلاً گیگاپاسکال (Gpa) استفاده شود.

μ = ضریب پواسون μ که از رابطه زیر بدست می آید.

$$\mu = \frac{\text{شیب منحنی تنش محوری - کرنش محوری}}{\text{شیب منحنی تنش محوری - کرنش قطری}}$$

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک - وزارت راه و ترابری

که شیب منحنی تنش محوری - کرنش قطری نیز همانند سه روش بحث شده برای مدول یانگ در قسمت (f) محاسبه می شود. قابل ذکر است که ضریب پواسون مثبت است، چون شیب منحنی تنش محوری - کرنش قطری منفی می باشد.

h - کرنش حجمی ϵ_v ، برای یک سطح تنش داده شده، از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\epsilon_v = \epsilon_a + 2\epsilon_d$$

۵ - گزارش نتایج

گزارش باید شامل موارد زیر باشد.

بند های (a) تا (j) قسمت 1.

k - مقادیر بار، تنش و کرنش در جدول مربوطه در فرم ثبت می شود.

L - مدول یانگ و ضریب پواسون برای هر نمونه از سنگ به سه روش گفته شده و مقدار میانگین تمام نمونه های سنگ در فرم ثبت می شود.

iii - روش تعیین مدول یانگ و حد تنش محوری خراسته شده باید ثبت شود.

n - در مواردی که نمونه ها شرایط مشخص شده را نداشته باشند، باید واقعیت آن در گزارش قید شود.

دستورالعمل آزمایش نفوذپذیری صحرائی به روش لوفران و لوژن

الف - آزمایش نفوذپذیری لوفران

کلیات

روش لوفران در مورد مواد مختلف نظیر چسبنده و فرماسیونهای آتزه و در شرایط مختلف میدروژنولوژیک مورد استفاده قرار میگیرد. این روش در خاکهای چسبنده نیز بکار میرود ولی نتایج کمتر مورد اعتماد خواهند بود. مناسب با تکنیک حفاری گمانه و طول مورد آزمایش، آزمایش لوفران به دو صورت اصلی زیر انجام میگردد: الف - گمانه تا ته لوله گذاری شده و نفوذ آب فقط در راستای عمودی از ته چاه انجام میگیرد. روش لوفران به اینصورت کمتر مورد استفاده قرار میگیرد زیرا که قسمت بائین چاه ممکن است با مواد ریزدانه مسدود شود. نتایج کاملاً تقریبی که در این روش بدست می آید موجب نیاز به تعداد نسبتاً زیادی آزمایش جهت ارزیابی دقیق نفوذپذیری خاک میگردد.

ب - طولی به میزان ۳۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر از ته گمانه ای که لوله گذاری شده جفر میگردد. نفوذ آب از پایه درون این قسمت انجام میگردد. برای جلوگیری از ریزش در لایه های مست، میتوان از یک لوله مشبک با نفوذپذیری خیلی بیشتر از نفوذپذیری خاک استفاده کرد و با آن رابا شن درشت دانه که نفوذپذیری آن خیلی بیشتر از خاک باشد پر نمود. در اینصورت نفوذ آب افقی خواهد بود اما با ادامه بیشتر آزمایش نتیجه حاصله نمیتواند نماینده توده خاک در هر دو راستا باشد. گاهی نتیجه آزمایش نفوذپذیری افقی با نتایج حاصله از روش الف فوق الذکر ترکیب می شود تا برآیند ضریب نفوذپذیری حاصل شود.

اگر قسمت مورد آزمایش پایتخت از آب زیرزمینی باشد (GWL)، آزمایش غالباً در سه

مرحله انجام میگردد:

۱ - آزمایش با بار خیزان (Rising Head) شکل (۱-الف)

تغییرات سطح آب در طول زمان اندازه گیری می شود بدون آنکه آب به داخل لوله پوشش گمانه ریخته شود.

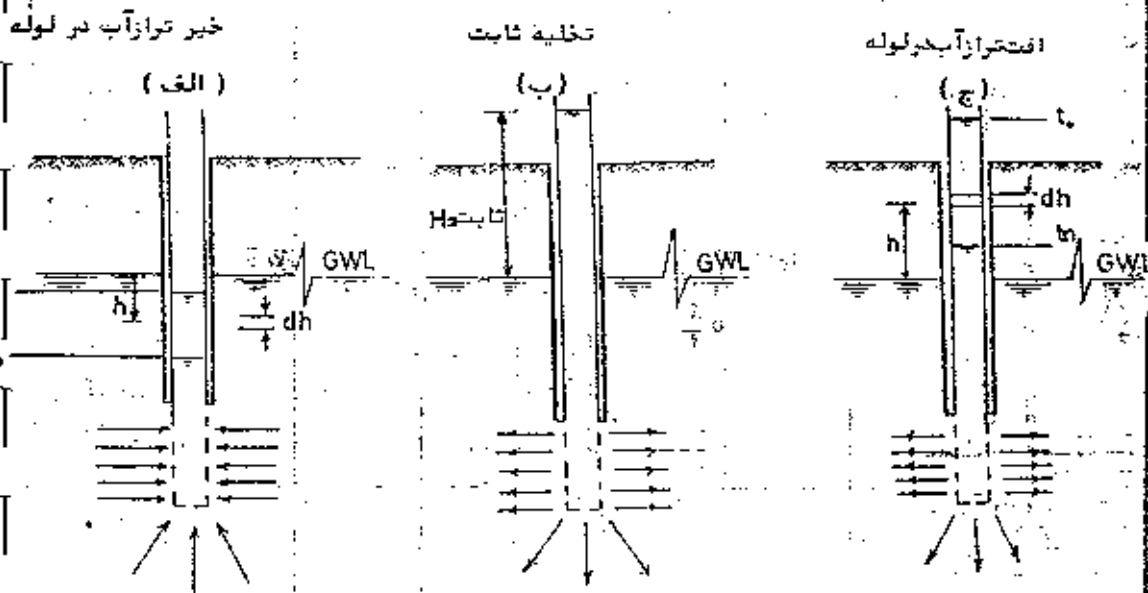
۲ - آزمایش با بار ثابت (Constant Head) شکل (۱-ب)

تغییرات جریان افزوده شده به داخل لوله گمانه در طول زمان اندازه گیری و بار ثابت نگهداشته میشود.

اشتراک ششگانه آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۳- آزمایش با بار افتان (Falling Head)، شکل (۱-ج)

تغییرات سطح آب در طول زمان اندازه‌گیری می‌شود بدون آنکه آبی به داخل لوله پوشش گمانه ریخته شود.



شکل (۱)

توجه - وقتی که قسمت مورد آزمایش بالاتر از تراز آب زیرزمینی باشد، روش (۱) وجود ندارد.

۲- آماده سازی برای آزمایش

این آزمایش همزمان با حفاری گمانه و در صورت احتیاج به هر گونه آزمایشات در محل همزمان با این که آزمایشات انجام می‌گیرد، گل حفاری نباید بکار رود و آزمایش در شرایط "خشک" و یا با استفاده از مقدار کمی آب بشکند در بعضی حالات انجام می‌گیرد. در صورتیکه قرار باشد که آزمایش نفوذپذیری در قسمتهای مختلف گمانه انجام می‌گیرد، حفاری با قطر بزرگتر، ترجیحاً ۱۴۶ میلیمتر، باید شروع گردد.

حفاری را میتوان با دست و یا با دستگاه حفاری دورانی یا ضربه‌ای انجام داد. آماده سازی برای آزمایش بطور خلاصه بشرح زیر است:

الف - حفاری گمانه تا عمقی که نفوذپذیری باید در آن عمق آزمایش شود. سپس لوله گذاری آذانه، لازم

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

است که تماس لوله پوشش بر بدنه گمانه هر چه بیشتر باشد.

ب - قسمت مورد آزمایش باید ظوری مسدود شود که آب زیرزمینی و آب گمانه فقط از طریق قسمت لوله گذاری نشده گمانه و یا از طریق ته آن به هم مرتبط باشند. برای مسدود کردن قسمت مذکور، لوله پوشش را به اندازه ۴۰ تا ۵۰ سانتیمتر بالا کشیده و سپس مقداری رس یا بنتونیت به ارتفاع ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر در نه گمانه ریخته میشود (برای این منظور از ملات سیمان - رس نیز خصوصاً وقتی که قسمت مورد آزمایش خیلی باین تراز سطح آب زیرزمینی باشد استفاده میگردد).

مقدار آب رس باید متناسب با جلد خمیری آن باشد بشرطی که سطح آب زیرزمینی کمی پائینتر از قسمت مورد آزمایش بوده و عمل مسدود کردن در نه تا پنج لایه همراه با کوبیدن انجام گیرد و قتیکه سطح آب زیرزمینی در لوله بالاست، عمل مسدود کردن معمولاً با استفاده از کلوخه بنتونیت و تراکم در هر لایه انجام میگردد. این کار را میتوان با نصب پیستونی بر روی میله حفاری یا اعمال فشار هیدرولیک بر روی دستگاه حفاری انجام داد. روش دوم البته بهتر است چه از بالا و پائین رفتن دستگاه در داخل چاه اجتناب گردیده و نیز از تغییرات متوالی فشار که مانع تراکم لایه مزبور میگردد جلوگیری میشود. کیفیت و رواندگی آن زمان آزمایش پسنگی زیادی به مهارت در آماده ساختن این لایه و کیفیت اسداد دارد. و قتیکه عمل مسدود کردن تمام شده لوله پوشش باید به اندازه ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتر به داخل رانده شود.

ج - حال لایه مسدودکننده را باید (با جمع قبلی حفاری) مورد حفاری مجدد قرار داد.

در طریقه الف (بند ۱) قسمت مورد آزمایش همان ته خود گمانه تمیز شده است. در طریقه ب (بند ۱) قسمت مورد آزمایش باید تا جایی حفاری شود که قسمت لوله گذاری نشده زیر مسدود کننده به ۸۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر برسد. حداقل قطر قسمت مورد آزمایش ۶۶ میلیمتر، ولی اندازه‌ای که توصیه میشود ۸۶ میلیمتر است. در ضمن حفاری باید دقت شود که غنچل بالا و پائین کردن دستگاه به آهستگی انجام گیرد تا از ایجاد خلأ یا افزایش فشار که موجب ریزش دیواره فنیکت مورد آزمایش میشود جلوگیری گردد. اگر با وجود همه احتیاطات باز هم احتمال ریزش قسمت مورد آزمایش وجود داشته باشد باید اقداماتی که در (بند ۱) توضیح داده شده است انجام گیرد.

د - توصیه می شود که قسمت مورد آزمایش دوبار بوسیله تلمبه شستشو داده شود.

ه - قسمت مورد آزمایش که حفاری و شسته شده، را باید به حال خود گذاشت تا تراز آب در داخل گمانه تثبیت شود (هر ۱۰ دقیقه یک بار و جمعیاً ۳ بار کنترل شود). سپس تراز آب زیرزمینی را باید اندازه گیری و ثبت نمود.

۳- روش آزمایش

مکانیک خاکی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

معمولاً لازم است که هر آزمایش به دو بار هم‌روش انجام گیرد. نتایجی که در هر روش مستقلاً بدست می‌آید برای محاسبه ضریب نفوذپذیری بکار می‌رود.

الف - در این روش گمانه را از آب تخته‌کشی کرده و با این کار سطح آب داخل لوله به ۲ تا ۳ متر بالاتر از سطح تخته تثبیت شده آب زیرزمینی رسانده میشود. بعد از آن تیز سطح آب در زمان‌های مختلف اندازه‌گیری میشود. این کار را در صورت امکان، آنقدر باید ادامه داد تا سطح آب لوله تا یک حد منطقی تثبیت شود. با انجام این کار، عملیات مربوط به آزمایش بار خیزان با تمام می‌رسد.

ب - لوله را برآز آب کرده و مقدار آب لازم برای حفظ سطح آب در همان ارتفاع بصورت تابعی از زمان ثبت می‌گردد. اگر همین مقدار آب در اندازه‌گیری‌هایی که در هر ده دقیقه یک بار و جمعاً سه بار انجام می‌گیرد ثبت شود (با توریانس ۱۰٪)، آزمایش تمام است.

ج - آزمایش بار افتاده از لحظه‌ای که سطح آب داخل لوله قطع میشود شروع می‌گردد. تحت تراز آب در لوله بصورت تابعی از زمان ثبت میشود و این کار تا وقتی ادامه می‌یابد که تراز آب بصورتی که در بند الف گفته شد تثبیت شود.

توصیه می‌شود تیز یا لغت تراز آب (h) در مقاطع زمانی زیر ثبت گردد:

۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۱۰، ۲۰ دقیقه و سپس در هر ۱۰ دقیقه یکبار (حداقل دو بار)

بیشترین تثبیت مقدار آب (Q) که در آزمایش بار ثابت به درون لوله ریخته می‌شود را باید ۵ بار در فواصل زمانی یک دقیقه و سپس (حداقل ۲ بار) در فواصل زمانی ۱۰ دقیقه ثبت کرد.

هر روش آزمایش که در اینجا گفته شد حداقل ۳۰ دقیقه طول می‌کشد. تنظیم زمانهای اندازه‌گیری را میتوان در حین کار یا توجه به شرایط موجود انجام داد.

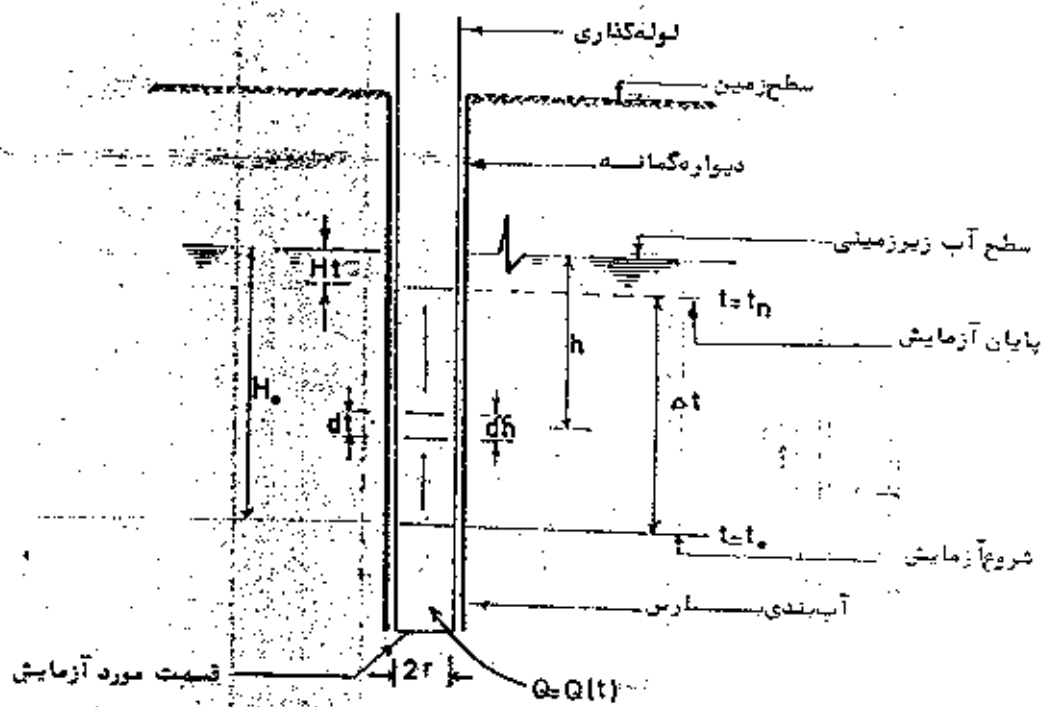
۴ - محاسبه ضریب نفوذپذیری

الف - نفوذپذیری عمودی

۱ - آزمایش‌های بار خیزان و بار افتان

$$K = 1.31 \frac{r}{\Delta t} \log \frac{H_0}{H_t}$$

شکل ۲ تعریف شماتیک متغیرهای این فرمول را برای روش بار خیزان نشان می‌دهد. در مورد آزمایش بار افتان نیز میتوان تصویر مشابهی را ارائه داد.



شکل (۲)

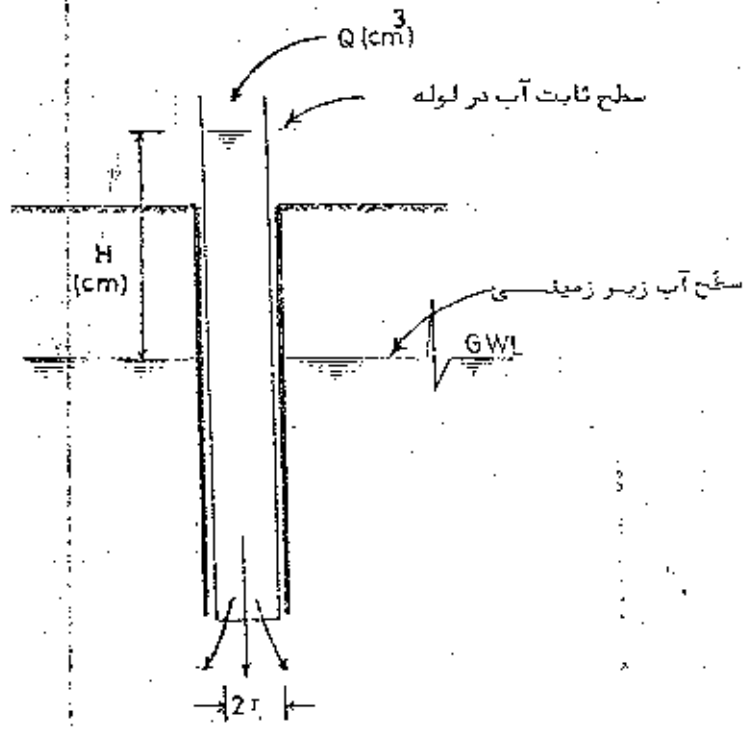
در شکل (۲) در $h = H_0$ در $t = 0$ و در $h = H_2$ در $t = t_n$ می باشد.

۲- آزمایش بار ثابت

$$K = \frac{q}{5.5rH}$$

که در آن $q = Q/t$ جریان آب بر حسب سانتیمتر مکعب در ثانیه است. در شکل (۳) ارتفاع آب داخل لوله بالاتر از تراز آب زیرزمینی یا بالاتر از ته گمانه (هر کدام که کوچکتر باشد) می باشد.

تکثیر گت نلکامی آزمايشگاه فنی و مکانیک خاک



شکل (۳)

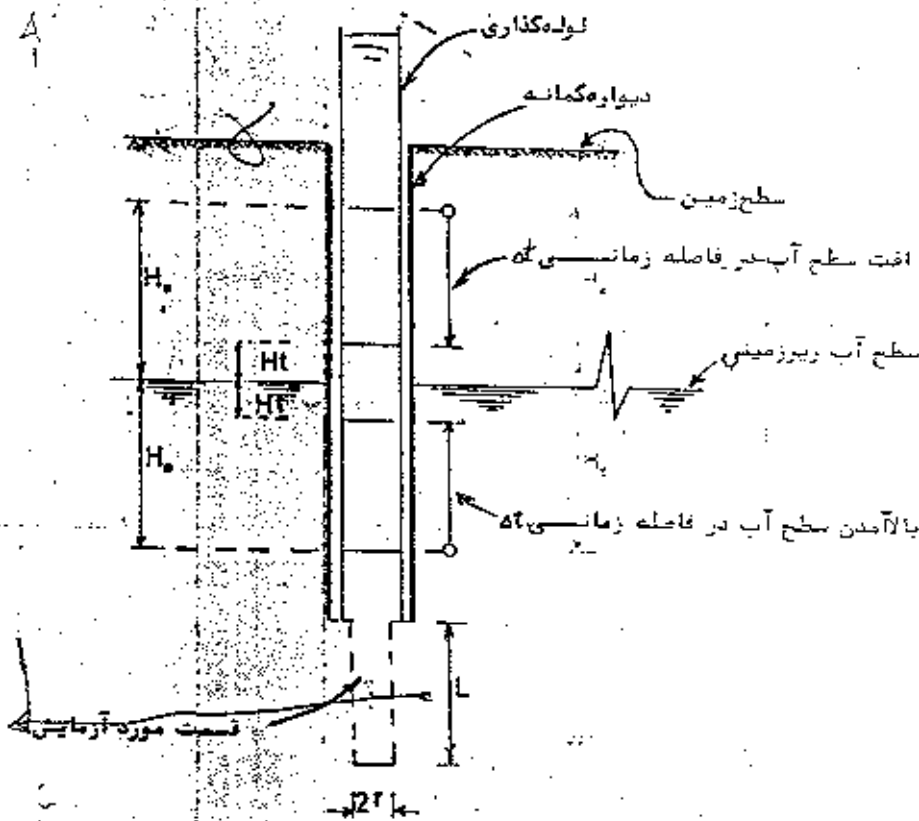
ب - نفوذ پذیری افقی

گمانه لوله گذاری شده و قسمت مورد آزمایش بدون لوله گذاری است.

۱ - آزمایشهای بار خیزان و بار افتان

$$C = 2.64 \frac{r^2}{L} \text{Log}_e \frac{L}{r} \quad K = \frac{C}{t} \text{Log}_e \frac{H_0}{H_t}$$

در این حالت در شکل (۴) نشان داده شده است، طول قسمت لوله گذاری نشده گمانه و فاصله زمانی از آغاز (H_0) تا پایان (H_1) اندازه گیری است.



شکل (۴)

۲- آزمایش بار ثابت

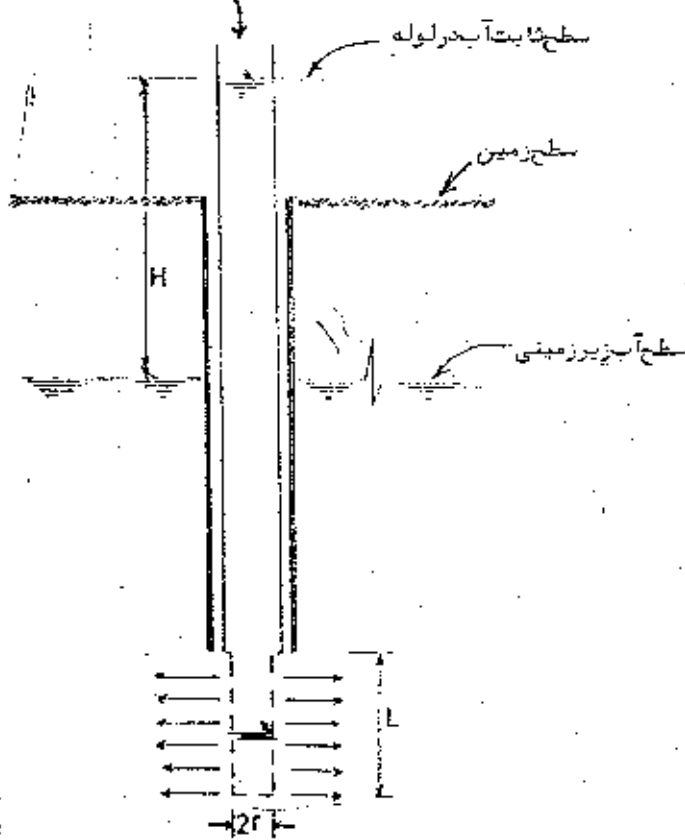
$$K = 0.37 \frac{q}{LH} \text{Log} \frac{L}{r} \quad (L \geq 10r)$$

شکل (۵) مربوط به این حالت است. H همانطور که قبلاً گفته شد ارتفاع آب بالاتر از آب زیرزمینی یا

سکشنهای آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

در بالاتر از وسط قسمت نمونه گذاری نشده میباشد (هرکدام که کوچکتر باشد).

$$Q, q = \frac{Q}{t} \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{sec}} \right)$$



شکل (۵)

۵- اقدامات لازم دیگر برای بهبود بیشتر کیفیت آزمایش

در صورتی که نمونه در بالای قسمت مورد آزمایش غیر قابل نفوذ نباشد، اما اگر کمی نشست هم داشته باشد، نتایج حاصله بارشهای بار خیزان و بار افتان بخصوص بار کم، به اندازه‌های صحیح نزدیکتر خواهد بود.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

بود.

۲ - چنانچه قسمت مورد آزمایش عمیق و بار زیاد باشد گاهی نمیتوان آن قسمت را با رس یا پتتونیت مسدود کرد. در این صورت میتوان عمل انسداد را بشرح زیر انجام داد:
لوله‌ای که قسمتی از آن مشبک است به پائینتر از لوله پوشش گمانه رانده می‌شود. سپس یک بکر در زیر و بکر دیگری در بالای قسمت مشبک لوله نصب و مخلوط غلیظی به نسبت تقریبی ۲۰ - ۱۵٪ سیمان و ۸۵ - ۸۰٪ پتتونیت تزریق می‌شود. فشار تزریق بستگی به نفوذپذیری مواد دارد و مقدار تزریق از دو تا شش لیتر در دقیقه خواهد بود. بدین ترتیب قسمتی که پائینتر از لوله پوشش قرار دارد نیز مسدود خواهد شد. سپس لوله نوک‌داری که یک قسمت آن مشبک است به داخل لایه دست نخورده زیر قسمت تزریق شده رانده شده و نفوذپذیری از طریق قسمت مشبک لوله اندازه‌گیری میگردد.

۳ - نمونه‌هایی که در حفاری قسمتهای مورد آزمایش برداشته می‌شود باید برای آزمایش دانه‌بندی نگهداری گردد. بدین ترتیب نتایج آزمایش نفوذپذیری به روش لورقان را میتوان با مقادیر تقریبی حاصله از روابط تجربی مبتنی بر ضریب پکنواختی (C_u) یا قطر مؤثر دانه (d_{10} یا d_{20}) مقایسه نمود.

ب - آزمایش نفوذپذیری لوژن

مداوله‌ترین آزمایش جهت تعیین نفوذپذیری طبقات سنگی آزمایش لوژن می‌باشد این آزمایش در طبقات سنگی گمانه‌ها و در فواصل حدوداً هر ۵ متر انجام می‌شود که گاه ممکن است بخاطر آبخوری زیاد تشکیلات و یا عدم ایجاد قطعه ۵ متری به علت ریزشی بودن مصالح و یا در ابتدای برخورد با طبقه سنگی جهت رند کردن متر از آزمایشات بعدی، طول قطعه را کمتر از ۵ متر انتخاب نمایند این آزمایش هماهنگ با حفاری انجام می‌گیرد بجز موارد خاصی که از بکر مضاعف (دبل بکر) استفاده می‌شود این آزمایش رویه پائین و با بکر منفرد انجام می‌شود و قبل از آزمایش می‌بایست حتماً قطعه مورد نظر توسط آب صاف فاقد ذرات جامد و کلوئیدی شستشو داده شود تا بریده‌های احتمالی از چاه خارج و در حین آزمایش ایجاد مشکل ننمایند. لازم بذکر است استفاده از پتتونیت (گل حفاری) در حین حفاری باعث نفوذ در درز و شکافهای موجود در سنگ ایجاد تداخل نموده در آزمایش می‌نماید بدین خاطر جهت دستیابی به نفوذپذیری واقعی زمین، حفاری بدون استفاده از گل حفاری انجام می‌گیرد.

ابزار و وسائل مورد نیاز جهت آزمایش

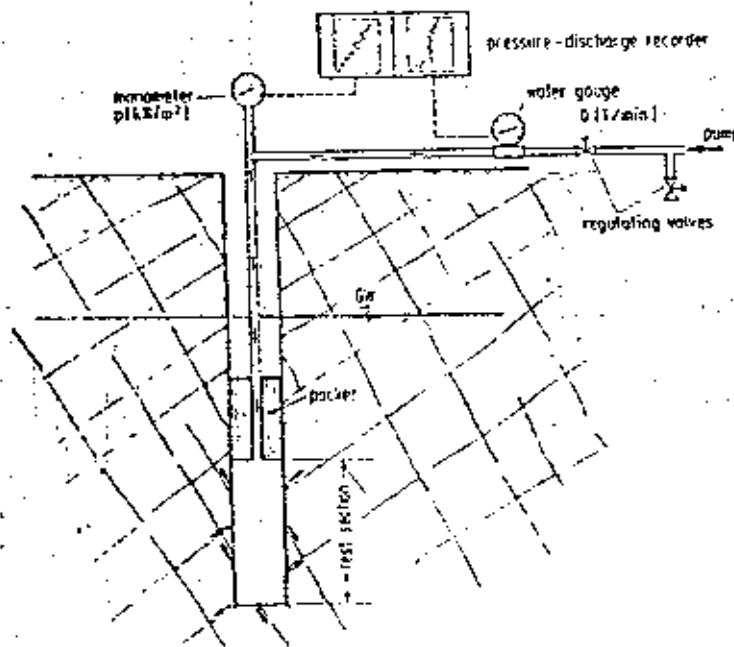
- | | |
|------------------------------|-----------------------|
| ۱ - پمپ آب | ۴ - بکر (مسدود کننده) |
| ۲ - فشارسنج و اتصالات مربوطه | ۵ - کنتور آب |
| ۳ - گیج فشار | ۶ - لوله مشبک |

در بکر مکانیکی لوله مشبک فلزی را به اندازه طول قطعه مورد آزمایش (معمولاً ۵ متر) به زیر بکر می‌بندیم و در انتهای لوله مشبک یک درپوش می‌بندیم تا آب از جوانب لوله به بیرون تراوش ننماید.
بکر مورد استفاده می‌تواند از نوع مکانیکی یا بادی و یا آبی باشد (بکر) یا مسدود کننده باید با ایجاد فشار بر

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

در ژوی محیط گمانه در مقابل فشار اعمالی در قسمت مورد آزمایش مقاومت کافی داشته باشد. طول مسدودکننده این باید حداقل ۵ برابر عرض آن باشد در این آزمایش معمولاً از مسدودکننده تکی استفاده می شود. اگر قطعات خاصه مورد نظر باشد از مسدودکننده مضاعف استفاده میگردد.

گیج فشار (فشارسنج) با ظرفیت سنجشی تا حدود ۲۰ اتمسفر با دقت ۱/۱۰ اتمسفر الزامی است نوسانات عمده فشارسنج در حین آزمایش تنها برای یکی از این تقسیمات ۱/۱۰ اتمسفری مجاز میباشد استفاده از مخازن فشار شکن جهت تثبیت فشار آزمایش الزامی است. آزمایشهای نفوذپذیری نباید در شرایط توام با ضربات هیدرولیکی انجام گیرد. در صورتیکه از پمپهای پیستونی استفاده میشود از تجهیزات لازم جهت کاهش فشار و جذب شوکهای ایجاد شده باید استفاده شود. هرگاه پمپهای سانتریفیوژ مورد استفاده قرار گیرد تجهیزات مزبور موردی نخواهد داشت. آب مورد پمپ بعد از عبور از فشار شکن ها و یکنواخت شدن جریان از کنتور آب عبور می نماید. بعد از کنتور در مسیر لوله یک گیج فشار جهت قرائت فشار موجود در لوله نصب می گردد آب در مرحله بعدی از طریق اتصالات به لوله حفاری وصل شده و بعد از عبور از یک کرکه قطعه مورد آزمایش را از قسمتهای بالایی جاه جدا نموده از طریق سوراخهای جانبی لوله مشبک به قطعه تزریق می شود. (شکل ۱) ضمناً قبل از فشار شکن یک شیر برگشتی و یک شیر رفت جهت کنترل مقدار آب تزریقی و فشار قرار داده می شود.



شکل ۱ - اساس آزمایش لوژن

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

قبل از شروع آزمایش می بایست افت فشار در سینتم پکر، لوله ها و اتصالات اندازه گیری و در شیت مربوطه ثبت گردد و همچنین سطح آب زیرزمینی، طول قطعه مورد آزمایش، عمق قطعه مورد آزمایش، جنس مصالح، شماره گمانه و زمان شروع آزمایش، ارتفاع آب بخش کن و گنج فشار از سطح زمین یادداشت می شود. جهت انجام آزمایش ابتدا محل قطعه مورد آزمایش با آب بدون فشار اشباع می گردد. مرحله اشباع بمدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه بطور می انجامد. زمانیکه آب بطور ثابت جریان پیدا کرد. مرحله اشباع کامل شده است. آزمایش معمولاً در ۵ یا ۷ پله که شامل سه پله رفت و دو پله برگشت یا چهار پله رفت و سه پله برگشت انجام می گیرد و تغییر فشار تدریجی خواهد بود. آزمایش تحت فشار معینی دویار و هر بار بمدت پنج پله ادامه پیدا می کند و مقدار آب تزریقی در طی این مدت و در فشار مورد نظر یادداشت می گردد. البته برای عبور از یک پله به پله بعدی (به فشار بالاتر و یا پائین تر) ۵ یا ده دقیقه زمان لازم است تا مطمئن شویم جریان مایع ثابت شده است. اختلاف دو قرائت هر پله نباید بیشتر از ۱۰٪ باشد. در غیر اینصورت تا حصول اختلاف قرائت ۱۰٪ ± آزمایش ادامه پیدا می کند. اطلاعات بدست آمده توسط آزمایش در شیت مربوطه وارد شده و آب خوری طبق فرمول زیر براساس واحد لوژن محاسبه می شود.

$$W = \frac{10Q}{P_e}$$

که در آن:

W = آب خوری براساس واحد لوژن که عبارت از جریان یک لیتر آب بر دقیقه در متر طول گمانه دو فشار

10 Kg/cm^2 می باشد،

Q = جریان آب تزریقی به لیتر در دقیقه،

P_e = فشار مؤثر بر حسب Kg/cm^2 می باشد.

فشار مؤثر از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$P_e = P_M + P_H - \Delta P$$

که در آن:

P_M = فشار مانومتر که از گنج قرائت می شود،

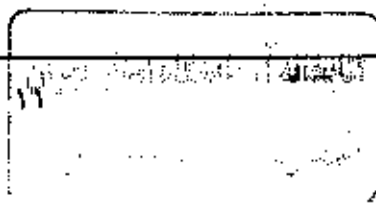
P_H = فشار هیدرواستاتیک،

ΔP = افت فشار

P_H ، فشار هیدرواستاتیک عبارت است از وزن ستون آب روی قطعه مورد آزمایش که در صورت وجود

سطح آبی زیرزمینی تا سطح آب زیرزمینی و در صورت عدم وجود سطح آب زیرزمینی تا وسط قطعه می باشد.

آزمایش محاسبه می شود. علاوه وزن ستون آب ارتفاع آب بخش کن منهای ارتفاع گنج می باشد.



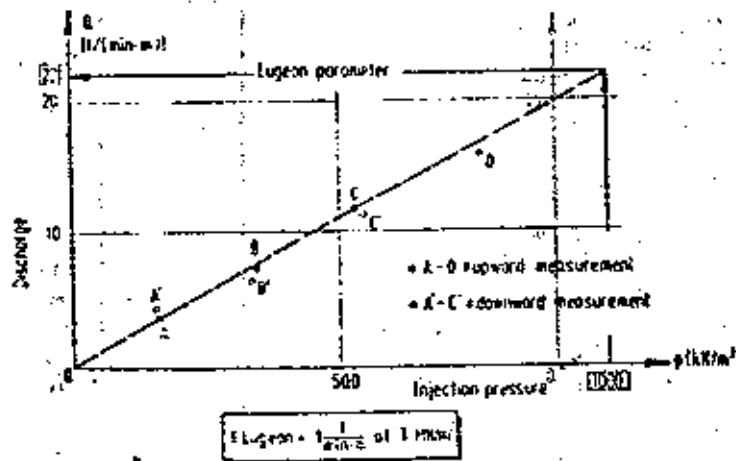
شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ΔP افت فشار شامل افت پیکر بعلاوه افت لوله حفاری می باشد که از فرمول یا جدول منبسط بدست می آید یا اینکه عملاً در صحرا به روش ذیل بدست می آید:

جهت بدست آوردن افت فشار پیکر و لوله مشبک بعلاوه لوله حفاری و آب پنشن کن را بطور سری بسته و آب را با حداکثر دبی مورد آزمایش از آن عبور داده و فشاری را که گنج موجود در مسیر قبل از ورود آب به آب پنشن کن نشان می دهد را بعنوان افت فشار در فرمول قرار می دهیم توضیح اینکه مسیر عبور آب آزاد می باشد.

منحنی لوزن را مطابق شکل ۲ براساس لوزن (دبی (لیتر بر دقیقه در متر)) و فشار مؤثر رسم می کنیم که خط تقریبی عبوری از این نقاط معرف آبخوری تشکیلات زمین می باشد چنانچه تقعر منحنی بسمت بالا باشد معرف باز شدن درزه های تنگ در اثر افزایش فشار می باشد و اگر تحدب منحنی بسمت بالا باشد معرف بسته شدن درزه ها در اثر افزایش فشار می باشد و در صورت مستقیم بودن منحنی (خطی) بیانگری تأثیری درزه های سنگ در اثر فشار اعمالی می باشد.

نفوذپذیری یک واحد لوزن تقریباً برابر 10^{-5} سانتیمتر بر ثانیه می باشد.



شکل ۲ - دبی تابعی از فشار مؤثر

« آزمایش تراکم برای خاک شن دار »
(روابط دانسیته - رطوبت)
USBR : E - ۳۸

۱- هدف

این عنوان روشی را برای تعیین رابطه بین درصد رطوبت خاکهای شن دار با اندازه حداکثر ۳ اینچ و دانسیته های خشک حاصله، تشریح می نماید. خاک توسط دستگاههای تراکم با مقیاس بزرگ در آزمایشگاه کوبیده می شود. این دستگاه طوری طراحی شده است که همان انرژی در واحد حجم (۱۲۳۷۵ فوت - پوند بر فوت مکعب) را با دستگاه تراکم پراکتور تشریح شده در عنوان ۱۱ - E را به خاک وارد کند. درصد رطوبت متناظر با حداکثر دانسیته خشک بدست آمده از دستگاه با مقیاس بزرگ بعنوان درصد رطوبت بهینه خاک شن دار در نظر گرفته می شود.

۲- تجهیزات

دستگاه ممکن است شامل قسمتهای زیر باشد (عنوان ۴ - E و اشکال ۳۸ - ۱، ۳۸ - ۲ و ۳۸ - ۳ ملاحظه گردد). طرحهایی برای متراکم کننده های مکانیکی با مقیاس بزرگ ممکن است از طرف مراکز تحقیقاتی و مهندسی ارائه شده باشد.

- متراکم کننده مکانیکی با مقیاس بزرگ .

- قالب تراکم، ردیف ۲۵

- دیسک های متخلخل، ردیف ۳۲

- اسفنج با پوشش لاستیکی به ضخامت $\frac{1}{4}$ اینچ

- بالابر زنجیری با ظرفیت $\frac{1}{4}$ تن، ردیف A ۳۸

- یوغ

- زنجیر چهار طرفه

- ترازو با ظرفیت ۵۰۰ پوند، ردیف A ۷۴

- صفحه بارگذاری

- حلقه اندازه گیر ۹ اینچی

- شاخص اندازه گیر عقبه ای، ردیف A ۳۵

- آچار ترکی اصلاح شده

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ماله یا خراشنده، ردیف ۸۷
 - خط کش
 - لبه صاف، ۲ فوتی، ردیف ۹۳
 - چکش کوبنده بزرگ
 - چکش کوبنده کوچک
 - لوله هوای فشرده
 - چکش پلاستیکی
 - میله آشکل با نوک خردکننده
 - میله به قطر $\frac{1}{4}$ اینچ، طول ۲ فوت
 - میله حفاری با طول تقریبی ۴ فوت و قطر $\frac{1}{4}$ اینچ
 - سینی بزرگ مخلوط نمودن
 - بیسل
 - قوطی آب پاش
 - تلمبه آب پاش
 - حوله ها
 - کیسه های ضد رطوبت یا مواد دیگر ضد رطوبت
 - سینی های بزرگ رطوبت، مشابه سینی مخلوط کردن، ردیف ۶۰
- ۳- تهیه نمونه

در صورتیکه از مصالح جدید برای هر نمونه استفاده شود، تقریباً ۶۰۰ تا ۸۰۰ پوند وزن خشک برای انجام آزمایش تراکم مورد نیاز است. اگرچه توصیه شده است تا از مصالح جدید برای تهیه هر نمونه استفاده گردد، لیکن مصالح ممکن است مجدداً مورد استفاده قرار گیرند. این عمل به خصوص برای ذرات ریز شامل رس مهم می باشد. و این برای حالتی است که مقدار مصالح موجود کم باشد، به شرطی که بخش درشت دانه شکننده نبوده و در صورتیکه مصالح در گرمخانه (اون) خشک شده و سرند گردند. دستورات ارائه شده در زیر روشی را برای تخمین مقادیر مورد نیاز برای هر نمونه تشریح می نماید. خواص اجزاء متشکله خاک شنی باید قبل از تهیه اولین نمونه متراکم در مقیاس بزرگ معلوم گردد:

- ۱- دانه بندی کل مصالح، عنوان ۶ - E
- ۲- درصد رطوبت بهینه و دانسیته پراکتور برای بخش مصالح عبوری از الک نمرة ۴، عنوان ۱۱ - E

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

- ۳ - چگالی ویژه حقیقی (خشک شده در اون)، بخش مانده روی الک شماره ۴^(۱)، عنوان E - ۱۰
- ۴ - درصد جذب بخش مانده روی الک شماره ۴^(۱)، عنوان E - ۱۰
- ۵ - مقدار حداکثر دانسیته خشک فرض شده برای کل مصالح^(۲)
- (۱) اطلاعات باید روی شکل ۳۸۰ - ۵ گزارش شوند. (فرم ۷ - ۱۸۲۵)
- (۲) حداکثر دانسیته خشک کل مصالح ممکن است با استفاده از رابطه زیر تخمین زده شود:

$$\gamma_t = \frac{100}{\frac{P_x}{D \cdot \gamma_4} + \frac{P_g}{62.4 G}} \quad (1)$$

که در آن :

γ_t = حداکثر دانسیته خشک کل مصالح

γ_4 = حداکثر دانسیته خشک بخش عبوری از الک شماره ۴ در آزمایش پراکتور

G = چگالی ویژه حقیقی (خشک شده در گرمخانه) شن محاسبه شده در خط ۱۳ شکل ۳۸ - ۵

P_x = درصد عبوری از الک شماره ۴

P_g = درصد مانده روی الک شماره ۴

D = درصد دانسیته پراکتور، بصورت اعشاری = (دانسیته بخش عبوری از الک شماره ۴ در نمونه کوبیده شده با مقیاس بزرگ) $\frac{1}{\gamma_4}$

در صورت عدم وجود اطلاعات دقیقتر، مقدار D ممکن است با استفاده از منحنی های شکل ۳۸ - ۴ تخمین زده شود. برای نمونه های خاص، مقدار D واقعی را می توان با توجه به خط ۲۹ شکل ۳۸ - ۵ بکار برد، و نمی توان آنرا قبل از تراکم نمونه و تعیین دانسیته خشک کل مصالح محاسبه نمود. درصد رطوبت بهینه کل مصالح معمولاً نزدیک درصد رطوبت محاسبه شده حاصل از ترکیب بخش اشباع با سطح خشک مانده روی الک شماره ۴ با بخش رده شده از الک شماره ۴ در درصد رطوبت بهینه می باشد. بنابراین توصیه شده است که مصالح برای اولین نقطه تراکم طوری آماده شوند که این شرایط را برآورده نمایند. وزن خشک کل مصالح برای تهیه اولین نقطه تراکم از حاصل ضرب دانسیته خشک فرض شده در حجم نمونه ای با ارتفاع ۹ اینچ بدست می آید. رابطه درصد رطوبت کل نمونه تهیه شده، به صورت زیر است:

$$\omega_t = \frac{P_x \omega_0}{100} + \frac{P_g \omega_g}{100} \quad (2)$$

که در آن :

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

ω_1 = مقدار رطوبت کل مصالح بر حسب درصد، هنگامیکه بخش رده شده از الک نمره ۴ در درصد رطوبت بهینه و بخش مانده روی الک نمره ۴ در حالت اشباع با سطح خشک باشد.

$$P_x = \text{درصد عبوری از الک نمره ۴}$$

$$P_g = \text{درصد مانده روی الک نمره ۴}$$

$$\omega_0 = \text{درصد رطوبت بهینه بخش رده شده از الک نمره ۴}$$

ω_g = درصد جذب آب (درصد رطوبت بخش مانده روی الک نمره ۴ در حالت اشباع شده با سطح خشک) اندازه‌های مختلف شن معمولاً بطور مجزا در هوا خشک می‌شوند. مقادیر درصد رطوبت شن (۳) خشک شده در هوا و مصالح عبوری از الک نمره ۴ باید قبل از وزن نمودن مقادیر برای هر مرحله معلوم گردد، مقادیر وزن خشک را می‌توان متناظر با دانه بندی کل مصالح بدست آورد. وزن خشک دقیق هر اندازه شن باید بطور مجزا برای هر مرحله تعیین شده و مشابه قسمت C مشخصه ۱۰-E اشباع گردد. این وزن‌ها روی فرم ۷-۱۸۲۶B (شکل ۳۸ - ۸) محاسبه شده و براساس آن مقدار دانسیته خشک متراکم شده محاسبه می‌گردد. بنابراین حدود ۵ درصد مصالح اضافی هر اندازه شن باید اشباع شود بطوریکه بتوان دانسیته بالاتری را بدست آورد. این مصالح اضافی باید در قوطی‌های مجزا خیسانده شوند و مورد نیاز نمی‌باشند مگر اینکه وزن‌های هر مرحله یعنی W_2 و W_3 افزایش یابند. کل مصالح عبوری از الک نمره ۴ برای هر یک از مراحل با حدود ۱۰ درصد مصالح اضافی باید در درصد رطوبت مناسب مخلوط گردند. مصالح باید در ظروف و پاکت‌های ضد رطوبت نگهداری شده و درصد رطوبت آن باید در حدود ۰/۵ درصد مقدار مطلوب تنظیم گردد. مصالح اضافی باید جهت تنظیم وزن مراحل و کنترل نمودن درصد رطوبت بکار رود. جهت رسیدن به رطوبت دقیق بخش عبوری از الک نمره ۴ معمولاً جهت اطمینان از توزیع یکسان رطوبت آنرا به مدت یک شب نگهداری می‌کنند. عملاً برای رس‌های ریزدانه مهم می‌باشد.

۴- روش آزمایش

(a) دیسک متخلخل باید داخل قالب تراکم قرار گرفته و با یک حوله خیلی مرطوب جهت جلوگیری از اتلاف زیاد رطوبت از نمونه به دیسک پاک گردد، آنگاه وزن مجموعه قالب تراکم و دیسک متخلخل تعیین شده و در خط ۸ شکل ۳۸-۶ فرم ۷-۱۸۲۶ با دداشت گردد.

(b) حلقه اندازه گیر ۹ اینچی باید داخل قالب تراکم قرار داده شده و صفحه بارگذاری روی قسمت فوقانی آن گذارده شود. آنگاه شاخص عقربه‌ای باید بین دستگیره صفحه بارگذاری و شانه‌های قالب تراکم قرار گیرد. قرائت‌ها باید مانند قرائت‌های اولیه عقربه در خط (۱) شکل ۳۸-۶ با دداشت گردد. عمق قالب تراکم باید با

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

استفاده از وسیله‌ای لبه صاف و خط کش تعیین گردد. آنگاه اندازه‌گیری ضخامت لایه با استفاده از وسیله‌ای لبه صاف و خط کش صورت پذیرد. با استفاده از دستگاه بالابرد، قالب تراکم زیر چکش تراکم در محلی که برای آن تدارک دیده شده است، قرار می‌گیرد.

(C) براساس مقدار حداکثر دانسیته خشک فرض شده، اولین لایه باید با مخلوط نمودن قسمتی از مصالح رد شده از الک نمره ۴ در حالت اشباع با سطح خشک کوبیده شود. مصالح باید بطور کامل مخلوط گردند و داخل قالب تراکم ریخته شده و بطور یکنواخت در قسمت تحتانی آن پخش شوند. قطعات بزرگ شن باید در سراسر لایه بطور یکنواخت پخش گردند. آنگاه چکش تراکم باید تا روی خاک پائین آورده شود. سر قالب روی بدنه چکش تراکم ارتفاع سقوط چکش را تعیین می‌نماید. ارتفاع سقوط حاصله باید ۱۸ اینچ باشد. برای هر دو لایه بعدی، سر قالب باید به اندازه یک شکاف پائین آورده شود. متراکم کننده مکانیکی باید بوسیله کلید الکتریکی روشن شود. برای چرخاندن قالب مطابق شکل ۳۸ - ۱ می‌توان از آچار ترکی اصلاح شده استفاده نمود. بطور تقریبی بعد از هر ضربه، قالب باید به اندازه یک ششم دوران نماید. خاک متراکم نشده در نواحی دور محیط قالب را می‌توان با استفاده از ماله به قسمت مرکزی نمونه، جایی که بوسیله چکش کوبیده می‌شود، منتقل نمود. اگر مقدار زیادی از مصالح به چکش تراکم بچسبد، کوبیدن باید متوقف گردیده و چکش با استفاده از ماله یا خراشنده تمیز شود. مراحل تراکم با اعمال ۲۲ ضربه به هر لایه از سر گرفته می‌شود. بعد از اعمال ۲۲ ضربه به اولین لایه، باید با استفاده از کلید الکتریکی عملیات متراکم کننده مکانیکی متوقف گردد. بعد از اینکه چکش از محل خود بالا آورده شد، باید با استفاده از وسیله‌ای لبه صاف و خط کش، ضخامت لایه اندازه‌گیری شود. میانگین حاصل از تقریباً ده اندازه‌گیری در نقاطی که بطور مساوی در سطح لایه توزیع شده‌اند، بعنوان ضخامت متوسط در نظر گرفته می‌شود. ضخامت مطلوب نمونه پس از کوبیدن اولین، دومین و سومین لایه بترتیب ۳، ۶ و ۹ اینچ می‌باشد. اگر ضخامت نمونه پس از کوبیدن هر لایه، بطور تقریبی در محدوده ارائه شده در ذیل قرار نداشته باشد، نمونه بایستی مجدداً با استفاده از مصالح جدید کوبیده شود.

ضخامت پس از اجرای اولیه لایه $0/25 \pm 3$ اینچ

ضخامت پس از اجرای دومین لایه $0/25 \pm 6$ اینچ

ضخامت پس از اجرای سومین لایه $0/35 \pm 9$ اینچ

(توجه: برای نمونه‌های نفوذپذیر به بند (K) ۴ مراجعه شود). از تقسیم وزن مصالح اولیه لایه به ضخامت آن، ضریبی بدست می‌آید که می‌توان از آن برای محاسبه وزن مورد نیاز دومین لایه استفاده نمود. (این محاسبه در فرم A-7 ۱۸۲۶ شکل ۳۸ - ۷ مختصراً شرح داده شده است). وزن دومین لایه باید طوری محاسبه شود تا ضخامت کل به ۶ اینچ برسد. بعد از اینکه دومین لایه بطور یکنواخت در کل قالب پخش

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

شد، چکش باید مجدداً به سمت خاک پائین آورده شود. آنگاه سر قالب به اندازه یک شکاف پائین آمده و دومین لایه مشابه روش بکار رفته برای تراکم اولیه لایه، کوبیده می شود. ضخامت کلی دو لایه باید با استفاده از وسیله‌ای لبه صاف و خط کش اندازه‌گیری شده و ضریب جدید جهت استفاده برای محاسبه وزن سومین و آخرین لایه بدست می آید. (شکل ۳۸ - ۷ ملاحظه گردد) آخرین لایه باید طوری محاسبه گردد تا ضخامت کل نمونه برابر ۹ اینچ بدست آید. آنگاه چکش به سمت خاک پائین آورده شده و سر قالب به اندازه یک شکاف دیگر پائین تر می آید. آخرین لایه باید مشابه دو لایه قبلی متراکم گردد.

(d) بعد از کوبیدن آخرین لایه، قالب تراکم توسط دستگاه بالابرو روی ترازو قرار داده شده و وزن قالب تراکم و خاک ترا را اندازه‌گیری نموده و در خط ۷ شکل ۳۸ - ۶ یادداشت می نمایند.

(e) تعیین درصد رطوبت باید برای بخش رده شده از الک نمره ۴ صورت پذیرد. اطلاعات باید مطابق شکل ۳۸ - ۶ یادداشت گردد.

(f) قبل از اندازه‌گیری ارتفاع کل نمونه، سطح آن باید مسطح گردد. از چکش کوبنده کوچک و ماله می توان جهت صاف نمودن سطح نمونه استفاده نمود ولی ضربات چکش بایستی آهسته زده شود، چرا که در حین مسطح نمودن نباید انرژی تراکم قابل ملاحظه‌ای به نمونه وارد نمود. بعد از صاف شدن سطح نمونه، صفحه بارگذاری باید روی نمونه در همان محلی که رینگ اندازه‌گیر ۹ اینچی بکار می‌رود، گذارده شود. صفحه بارگذاری باید با اعمال سه ضربه آهسته توسط چکش کوبنده بزرگ در جای خود قرار گیرد. زمانیکه مقادیر از روی عقربه قرائت می‌گردند، چکش باید از صفحه بارگذاری جدا شده باشد. آنگاه نشانگر عقربه‌ای باید در محل خود قرار گیرد. قرائت‌هایی از روی عقربه بدست آمده و در خط ۲ شکل ۳۸ - ۶ یادداشت گردد.

(g) با استفاده از دستگاه بالابرو، میله T شکل و میله مستقیم، قالب تراکم باید بطور معکوس روی سینی رطوبت بزرگ قرار گرفته و به سمت سینی پائین آورده شود. در صورتیکه نتوان با اعمال ضربه چکش لاستیکی به قالب، نمونه را خارج ساخت، لوله هوای فشرده باید به قسمت تحتانی قالب داخل شده و از فشار هوا جهت خروج نمونه استفاده گردد.

(h) از میله T شکل و میله حفاری می توان برای خرد کردن نمونه به قطعات کوچک استفاده نمود. تعیین درصد رطوبت باید با استفاده از کل نمونه بعنوان نمونه مرطوب انجام پذیرد. برای قرار دادن نمونه، دو سینی رطوبت بزرگ مورد نیاز است. اطلاعات مربوط به تعیین درصد رطوبت باید در شکل ۳۸ - ۶ یادداشت گردد.

(i) بعد از توزین نمونه‌های مرطوب، وزن نهایی قالب تراکم و دیسک متخلخل بدست آمده و در خط ۸ شکل ۳۸ - ۶ یادداشت شود.

(j) نمونه‌های دیگر مشابه روش بکار رفته برای اولین نمونه متراکم می‌شوند. با این تفاوت که رطوبت کلی آن باید

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

به اندازه ۲ درصد افزایش یابد. پیشنهاد می شود که دومین نمونه با رطوبت ۲ درصد بیشتر از اولین نمونه متراکم گردد. اگر دانسیته خشک دومین نمونه بیشتر از اولی باشد، سومین نمونه را می توان با رطوبت ۴ درصد بیشتر از اولین نمونه، متراکم نمود. اگر دانسیته خشک دومین نمونه کمتر از اولی باشد، سومین نمونه را می توان با رطوبت ۲ درصد کمتر از اولین نمونه متراکم نمود. اگر دانسیته خشک نمونه های اول و دوم تقریباً یکسان باشند، جهت دستیابی به منحنی تراکم رضایت بخش، باید یک نمونه با ۲ درصد رطوبت کمتر از اولین نمونه و دیگری با رطوبت ۴ درصد بیشتر از اولین نمونه متراکم گردد.

(K) اگر آزمایش نفوذپذیری روی نمونه متراکم شده انجام گیرد، قالب تراکم باید با استفاده از پوشش لاستیکی پوشانده شود (به اشکال ۳۱-۲ و ۳۸-۳ مراجعه گردد). اولین و دومین لایه قبل از قرارگیری لایه بعدی باید خراشیده شوند. اگر انتظار می رود که نمونه دارای نفوذپذیری بسیار بالایی می باشد، ممکن است استفاده از یک لایه ماسه یا شن در قسمت های فوقانی و تحتانی نمونه بجای دیسک های متخلخل مناسب باشد. لایه ماسه و یا شن باید معیار ارائه شده برای فیلتر که در بخش ۷۹ فصل III آمده است را برآورده نماید. لایه ای از شن نمره ۴ با پوشش فلزی نمره ۸ بین نمونه و لایه شن مناسب می باشد.

۵- محاسبات

ارتفاع نمونه بایستی با استفاده از قرائت های اولیه و نهایی عقربه در شکل (۳۸-۶) تعیین گردد. اگر قرائت نهایی کوچکتر از قرائت اولیه عقربه باشد، اختلاف دو قرائت عقربه مثبت خواهد بود و علت آن این است که ارتفاع نمونه بیشتر از ۹ اینچ می باشد. ارتفاع نمونه با افزودن مقدار جبری ۹ اینچ به میانگین اختلاف بین قرائت های عقربه محاسبه می گردد. حجم نمونه با ضرب ضریب حجم مناسب در ارتفاع نمونه بدست می آید. ضریب حجم بستگی به سطح مقطع قالب تراکم دارد و واحد آن بصورت فوت مکعب بر اینچ ارتفاع می باشد. وزن تر نمونه با کم نمودن وزن اولیه قالب تراکم از مجموع وزن قالب تراکم و مصالح تر محاسبه می گردد. اگر وزن نهایی قالب تراکم به مقدار قابل ملاحظه ای بیشتر از وزن اولیه باشد، وزن نهایی بایستی در محاسبات بکار برده شود، چراکه افزایش وزن احتمالاً به علت عبور رطوبت از نمونه به دیسک می باشد. دانسیته تر از تقسیم وزن مرطوب نمونه به حجم آن محاسبه می گردد. بعد از تعیین دانسیته خشک و درصد رطوبت کل نمونه در شکل (۳۸-۶) درصد رطوبت و دانسیته خشک بخش عبوری از الک نمره ۴ ممکن است با انجام عملیات نشان داده شده در شکل ۳۸-۵ محاسبه گردد. درصد رطوبت بدست آمده از بخش عبوری الک نمره ۴ در خط ۱۷ شکل ۳۸-۶ بعنوان کنترل

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

درصد رطوبت محاسبه شده در خط ۲۸ شکل ۳۸ - ۵ محسوب می‌گردد.

۶- رابطه دانسیته - رطوبت

با توجه به اطلاعات حاصل از بند ۵ مقادیر دانسیته خشک روی محور عرض‌ها و درصد‌های رطوبت متناظر روی محور طول‌ها مطابق شکل ۳۸ - ۹ رسم می‌شوند (فرم ۷-۱۴۱۴) منحنی یکنواخت عبوری از این نقاط رسم و مقادیر زیر با استفاده از آن تعیین می‌گردد.

الف - درصد رطوبت بهینه - درصد رطوبت متناظر با نقطه حداکثر منحنی، به عنوان درصد رطوبت بهینه برای آزمایش تراکم در مقیاس بزرگ محسوب می‌گردد.

ب - حداکثر دانسیته خشک در مقیاس بزرگ - دانسیته خشک بر حسب پوند بر فوت مکعب، متناظر با درصد رطوبت بهینه، بعنوان حداکثر دانسیته خشک برای تراکم در مقیاس بزرگ در نظر گرفته می‌شود. مقدار مزبور اغلب با ترسیم سه منحنی دانسیته - رطوبت زیر در برگه مشابه برای تراکم توصیف می‌گردد.

الف - کل مصالح

ب - بخش عبوری از الک نمره ۴ از نمونه‌های با مقیاس بزرگ (مقادیر محاسبه شده در خطوط ۲۷ و ۲۸ شکل ۳۸ - ۵)

ج - پراکتور استاندارد

۷- منحنی تئوری در حالت اشباع کامل (منحنی با منافذ هوای صفر)

منحنی اشباع کامل یا منحنی با منافذ هوای صفر مشابه شکل ۳۸ - ۹ ترسیم می‌گردد. این منحنی نشانگر رابطه بین دانسیته‌های خشک و درصد‌های رطوبت متناظر، با فرض اینکه منافذ بطور کامل با آب پر شده‌اند، می‌باشد. مقادیر دانسیته خشک و درصد‌های رطوبت متناظر برای رسم منحنی با هوای صفر با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌گردند:

$$\gamma_d = \frac{62.4}{G} \left[1 - \frac{wn}{100} \right]$$

$$\omega = \frac{62.4 n}{\gamma_d} \quad (4)$$

که در آن:

γ_d = دانسیته خشک کل مصالح بر حسب پوند بر فوت مکعب

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

۶۲/۴ = وزن یک فوت مکعب آب برحسب پوند

G = چگالی ویژه ظاهری کل مصالح (۴)

π = بوکی برحسب درصد

ω = درصد رطوبت

(۴) چگالی ویژه ظاهری کل مصالح با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$G = \frac{100}{\frac{P_x}{G_x} + \frac{P_g}{G_g}}$$

که در آن:

G = چگالی ویژه ظاهری کل مصالح،

G_x = چگالی ویژه بخش عبوری از الک نمره ۴،

G_g = چگالی ویژه ظاهری بخش مانده روی الک نمره ۴ (در خط ۱۴ شکل ۳۸ - ۵ محاسبه شده است)،

P_x = درصد عبوری از الک نمره ۴، و

P_g = درصد مانده روی الک نمره ۴.

جهت سهولت برای تعیین مقادیر دانسیته خشک و درصد رطوبت حالت اشباع کامل در چگالی‌های ویژه بین ۲/۴۵ و ۲/۹۰ و درصد تخلخل بین ۱۰ و ۶۰، جدول ۱۱ - ۱ در مشخصه ۱۱ - E تهیه شده است.

(توجه: مصالح متراکم شده با استفاده از روش‌های معمول محلی و تراکم آزمایشگاهی دارای هوای محبوس می‌باشند، بنابراین منحنی‌های دانسیته - غلظت در محل و منحنی‌های آزمایش دانسیته آزمایشگاهی ممکن است به هم نزدیک باشند، ولی هرگز منحنی با هوای صفر را قطع نمی‌کنند.)

۸- احتیاطات ایمنی

در هنگام انجام آزمایش تراکم با مقیاس بزرگ باید به احتیاطات ایمنی زیر توجه خاص نمود.

الف - برای اطمینان از اینکه چکش به لبه قالب برخورد نمی‌کند، باید قبل از شروع به کار ماشین، قالب تراکم در محل خود قرار گیرد.

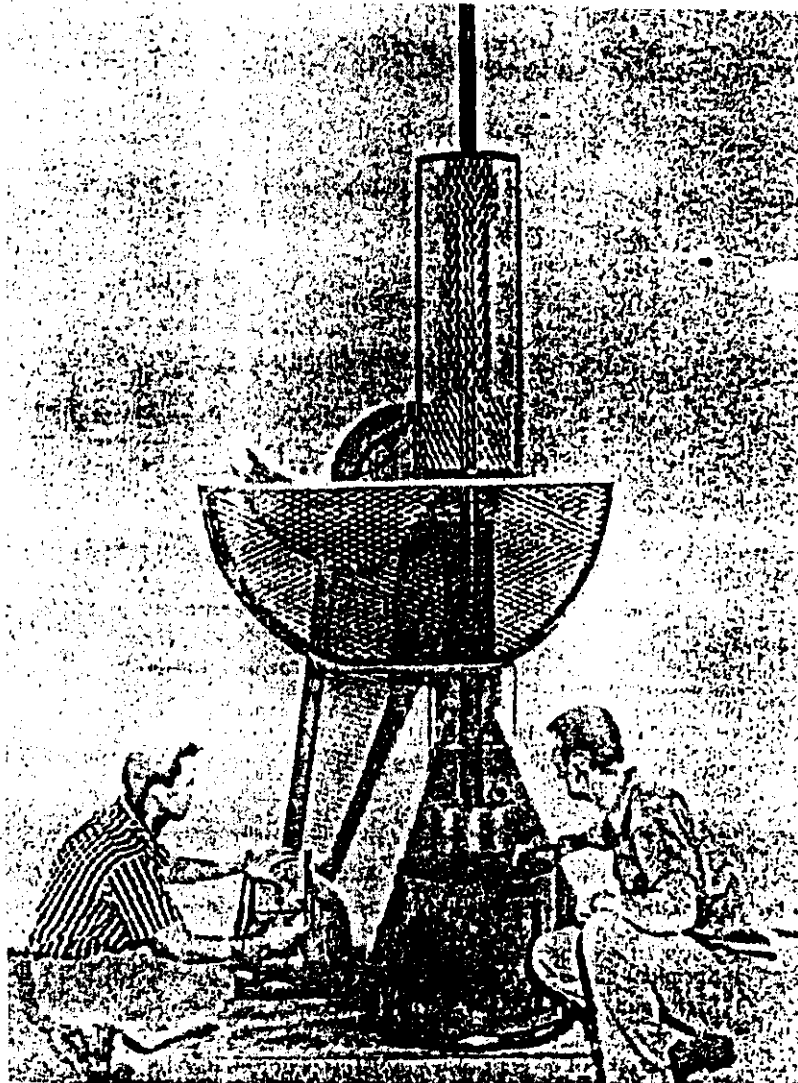
ب - هنگامی که ماشین در حال کارکردن است، تحت هیچ شرایطی نباید دست شخص در قسمت زیر محل سقوط چکش تراکم قرار گیرد، حتی زمانی که چکش به سمت بالا در حال حرکت است.

ج - قالب تراکم و سینی پر از مواد مخلوط، همیشه باید با دستگاه بالابر بلند شوند.

د - قبل از بلند کردن باید از بسته بودن یوغ به طرفین قالب تراکم اطمینان حاصل گردد.

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

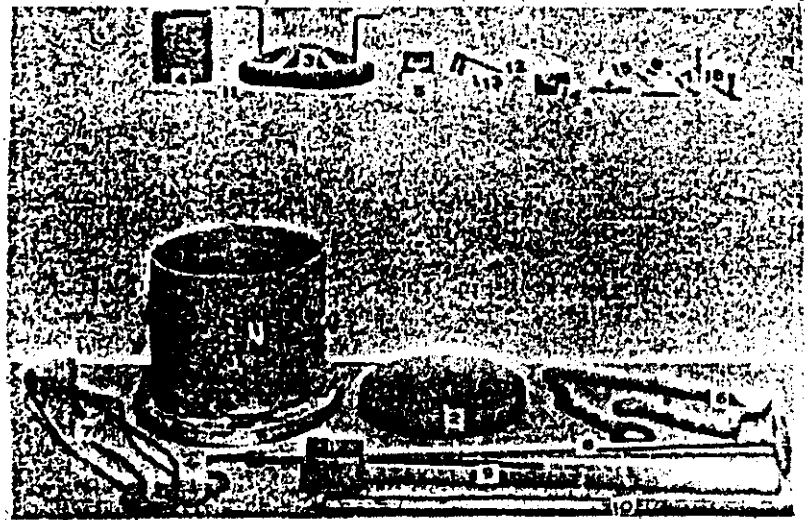
هـ - به منظور اطمینان از کنترل قالب هنگامی که بطور معکوس بصورت معلق قرار دارد، برای دوران آن بایستی از میله T شکل و میله مستقیم استفاده گردد.



وزن چکش	۱۸۵/۷ پوند	مساحت استوانه تراکم بدون اسفنج با
ارتفاع سقوط چکش	۱۸ اینچ	پوشش لاستیکی ۲۹۱ اینچ مربع
مساحت چکش	۷۰/۹ اینچ مربع	

شکل (۳۸ - ۱) ماشین تراکم برای خاک شن دار ۲۰۳۶۱ - D - PX

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی



فهرست شناسایی

۱۰ - میله حفاری	۱ - قالب تراکم
۱۱ - خط کش	۲ - دیسک متخلخل
۱۲ - آچار ترکی اصلاح شده	۳ - صفحه بارگذاری با دیسک متخلخل متصل به آن
۱۳ - ماله	۴ - حلقه اندازه گیر ۹ اینچی
۱۴ - چکش لاستیکی	۵ - شاخص عقربه‌ای با پوشش
۱۵ - شیاردهنده	۶ - یوغ مورد استفاده برای بلند کردن قالب تراکم
۱۶ - میله T شکل	۷ - زنجیر چهارسر - مورد استفاده برای بلند کردن سینی مخلوط کردن
۱۷ - میله مستقیم	۸ - چکش کوبنده کوچک
۱۸ - لبه صاف	۹ - چکش کوبنده بزرگ

(توجه: دیسک متخلخل ممکن است توسط نوار چسب به صفحه بارگذاری متصل گردد.)

شکل (۲-۳۸) دستگاه تراکم برای خاک شن دار ۳۱۸۲۲ - D - PX



فهرست شناسایی

۱ - قوطی آب پاش	۵ - اسفنج با پوشش لاستیکی
۲ - کیسه ضد رطوبت	۶ - سینی رطوبت بزرگ
۳ - تلمبه آب پاش	۷ - سینی مخلوط کردن
۴ - بیل	۸ - حوله

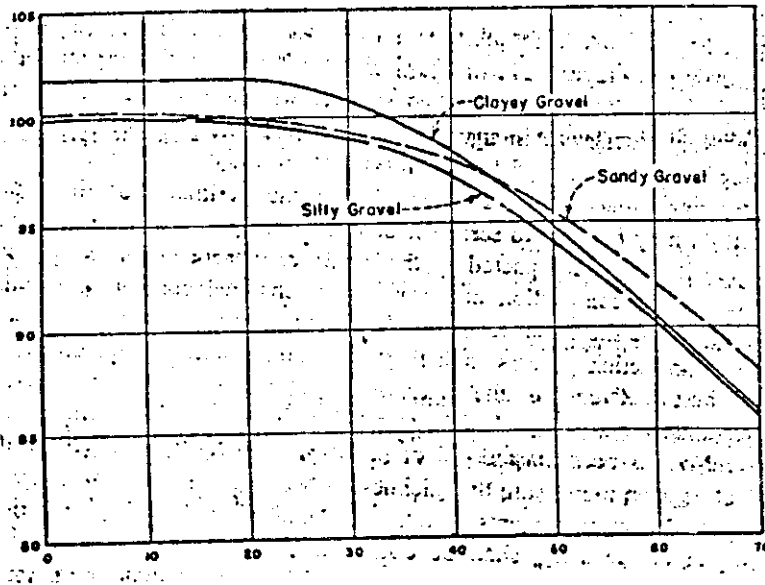
(توجه : اسفنج با پوشش لاستیکی را می توان با بریدن نواری به عرض $\frac{3}{8}$ اینچ و طول

کافی توسط چسب لاستیکی به قسمت داخلی قالب چسباند)

شکل (۳۸ - ۳) وسایل مورد نیاز جهت تهیه نمونه برای آزمایش تراکم خاکهای شن دار

PX - D - ۳۱۸۲۳

D - درصد حداکثر دانسیته خشک پراکتور
(برای بخش رنده از الک نمبر ۴)



درصد شن - با ذرات حداکثر ۳ اینچ

شکل (۳۸-۴) درصد حداکثر دانسیته خشک پراکتور بدست آمده با انرژی استاندارد تراکم
مربوط به درصد شن - (۳۹۰-D-۱۰۱)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

7-1025 (3-66)
Bureau of Reclamation
PROJECT: Example LARGE-SCALE COMPACTION TEST - DATA SHEET 1

DATE: _____ TITLE: _____ COMPILED BY: _____ SAMPLE NO.: _____ CHECKED BY: _____

SPECIFIC GRAVITY AND PERCENT ABSORPTION OF THE PLUS NO. 4 FRACTION			
TEST NO.	1	2	
1. WEIGHT OF WET SAMPLE (GROSS) - (1)	3274.8	3278.8	
2. WEIGHT OF WET SAMPLE (NET)	485.0	485.0	
3. WEIGHT OF WET SAMPLE IN AIR (1)-(2)	2791.8	2793.8	
4. WEIGHT OF WET SAMPLE IN WATER	1647.0	1660.8	
5. WEIGHT OF WET SAMPLE IN WATER (1)-(4)	1144.8	1133.0	
6. WEIGHT OF DRY SAMPLE - (1)	3530.0	3552.8	
7. WEIGHT OF DRY SAMPLE (NET)	885.0	894.8	
8. WEIGHT OF DRY SAMPLE IN AIR (6)-(7)	2645.0	2658.0	
9. SPECIFIC GRAVITY (GROSS), (G) = (6)	2.31	2.35	
10. SPECIFIC GRAVITY (NET), (G) = (7)	2.65	2.67	
11. WEIGHT OF WATER IN SAMPLE (4)-(7)	146.8	135.8	
12. ABSORPTION, (W) = (11)	5.55	5.11	
13. AIR DRY SPECIFIC GRAVITY (GROSS)		2.33	
14. AIR DRY SPECIFIC GRAVITY (NET)		2.66	
15. AIR DRY ABSORPTION		5.3	

DRY DENSITY AND MOISTURE CONTENT OF THE MINUS NO. 4 FRACTION			
TEST NO.	1	2	
1. WEIGHT OF WET SAMPLE (GROSS) - (1)	115.2		
2. WEIGHT OF WET SAMPLE (NET)	59.7		
3. WEIGHT OF WET SAMPLE IN AIR (1)-(2)	40.3		
4. WEIGHT OF WET SAMPLE IN WATER (1)-(2)	125.3		
5. WEIGHT OF WET SAMPLE IN WATER (1)-(4)	8.4		
6. WEIGHT OF DRY SAMPLE (1)-(5)	3.1		
7. WEIGHT OF DRY SAMPLE (NET) (6)-(7)	7.7		
8. WEIGHT OF DRY SAMPLE IN AIR (7)-(8)	74.8		
9. WEIGHT OF DRY SAMPLE IN WATER (7)-(8)	0.514		
10. WEIGHT OF DRY SAMPLE IN WATER (7)-(9)	0.486		
11. WEIGHT OF DRY SAMPLE IN WATER (7)-(10)	50.5		
12. DENSITY OF WET SAMPLE (GROSS) (1)-(2)	103.9		
13. DENSITY OF WET SAMPLE (NET) (2)-(3)	13.0		
14. DENSITY OF WET SAMPLE (NET) (2)-(4)	90.2		

شکل (۳۸ - ۵) آزمایش تراکم برای خاک شن دار - برگه اطلاعات شماره ۱
(۱۰۱ - D - ۶۰۶)

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

7 30.7
 (15.6)
 Bureau of Reclamation
LARGE-SCALE COMPACTION TEST - DATA SHEET 2
 Project: Example Feature: _____ Sample No. _____
 Date: _____ Tested by: _____ Computed by: _____
 Checked by: _____ Compaction Mold No. 5 Volume Factor with sponge-rubber liner 1.982
 _____ without sponge-rubber liner 1.11

VOLUME DETERMINATIONS						
Specimen No.	Description	A		B		Remarks
		in	cm	in	cm	
1	Subst. dia.	0.471	0.041			
2	Flat dia.	0.250	0.258			
3	Difference	+0.221	-0.217			
4	Avg difference	+0.002				
5	Spec. height (9" long dia)	9.002				
6	Specimen volume	1.487				

WEIGHT DETERMINATIONS			
7	Wt compaction mold + wet soil	lb	504.5
8	Wt compaction mold	lb	302.5
9	Wt wet soil	lb	202.0
10	Wt density	pcf	135.8

MOISTURE AND DRY DENSITY DETERMINATIONS							
Material	Total		-4	Total		-4	Remarks
	lb	g		lb	g		
Pen No.	20	21					
11	Wt pan + wet soil	127.0	125.2				
12	Wt pan + dry soil	119.1	117.4				
13	Wt pan	25.2	25.0				
14	Wt water	15.7					
15	Wt dry soil	186.3					
16	Dry density	125.3					
17	Moisture content	8.4					

شکل (۳۸-۶) آزمایش تراکم برای خاک شن دار - برگه اطلاعات شماره ۲
 (۱۰۱-D-۶۰۷)

دفتر پژوهش و تحقیقات علمی

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

3-18744 (6-79)
Bureau of Reclamation

Large Scale Compaction Test - Data Sheet 3

Project Example Feature _____ Sample No. _____

Computed by _____ Checked by _____ Date _____

P_s 40.3% Est D .92% G 2.33 w_g 5.3

P_g 59.7% γ_4 115.2 w_0 13.1

Estimate of Compacted Dry Density

$$\gamma_c = \frac{100}{\frac{P_s}{\gamma_4} + \frac{P_g}{w_0}} = \frac{100}{\frac{40.3}{(0.92)(115.2)} + \frac{59.7}{(13.1)(2.33)}} = 126.6$$

Container Area 1.982 sq. ft. Gage Ring Length 9 in. Container Vol. 1.486 cu. ft.

Estimated Dry Weight per Specimen = Vol x γ_c = 1.486 x 126.6 = 188.1 lbs.

Measurements Top of Container to:		Weight per Lift	
(a) Bottom Stone	<u>14</u>	1st Lift = $w_1 = \frac{\text{Total Dry Weight}}{\text{No. of Layers}}$	$\frac{188.1}{3} = 62.7$
(b) Top of 1st Lift	<u>11</u>		
h_1 (height of 1st Lift) = (a)-(b)	= <u>3</u>		
(c) Top of 2nd Lift	<u>7 5/16</u>	2nd Lift = $w_2 = \frac{w_1}{h_1} (6-h_1)$	$\frac{62.7}{3} (6-3) = 62.7$
h_2 (height of 2nd Lift) = (b)-(c)	= <u>3 1/16</u>		
(d) Top of 3rd Lift	<u>5</u>	3rd Lift = $w_3 = \frac{w_1 + w_2}{h_1 + h_2} (9-h_1-h_2)$	$\frac{62.7 + 62.7}{3 + 3 1/16} (9-3-3 1/16) = 60.8$
h_3 (height of 3rd Lift) = (c)-(d)	= <u>2 15/16</u>		
			$\frac{125.4}{6.06} = 60.8$

شکل (۷-۳۸) آزمایش تراکم برای خاک شن دار - برگه اطلاعات شماره ۳

(۱۰۱-D-۶۰۸)

شرکت سهامی آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک

Standard Form
Bureau of Reclamation

Large Scale Compaction Test - Data Sheet 4

Project Example

Feature _____

Sample No. _____

Computed by _____

Checked by _____

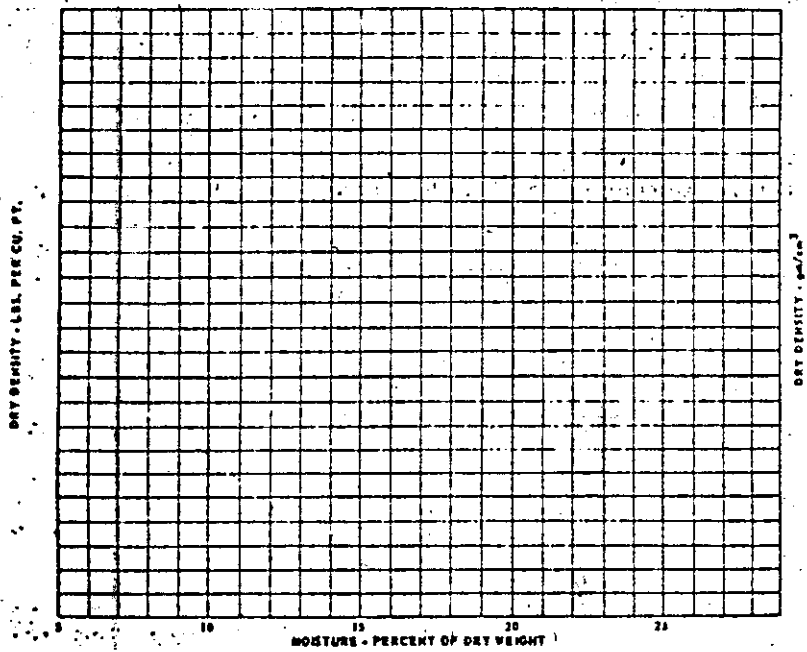
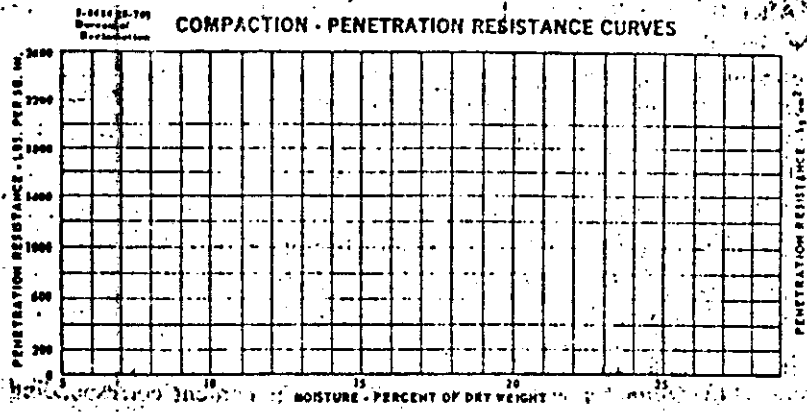
Date _____

Life - Number	1			2			3			
Dry Weight	$M_1 = 62.7$			$M_2 = 62.7$			$M_3 = 60.8$			
Screen Size	Water Content (f) (%)	Dry Weight (g) = (a)(M ₁)	Net Weight (1+f)(g)	Cum. Net Weight	Dry Weight (j) = (a)(M ₂)	Net Weight (1+f)(j)	Cum. Net Weight	Dry Weight (k) = (a)(M ₃)	Net Weight (1+f)(k)	Cum. Net Weight
3"	0.0	0.0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-1/2"	17.9	5.3	11.22	11.8	11.8	11.22	11.8	10.88	11.5	11.5
3/4"	15.4	5.3	9.66	10.2	22.0	9.66	10.2	9.36	9.9	21.4
3/8"	14.4	5.3	9.03	9.5	31.5	9.03	9.5	8.75	9.2	30.6
No. 4	12.0	5.3	7.52	7.9	39.4	7.52	7.9	7.30	7.7	38.3
No. 6	40.3	13.1	25.27	28.6	68.0	25.27	28.6	24.50	27.7	66.0
Totals	100.0		62.7	68.0		62.7	68.0	60.79	66.0	

1/ Percent absorption for gravel sizes, actual water content of No. 4

NOTES:

شکل (۳۸-۸) - آزمایش تراکم برای خاک شن دار - برگه اطلاعات شماره ۴
(۱۰۱۰ D-۶۰۹)



COMPACTION

_____ % Larger than Tested	_____ Blows per Layer	_____ Soil Classification
_____ Maximum Dry Density - pcf	_____ No. of Layers	_____ Specific Gravity
_____ Minimum Dry Density - pcf/cm^3	_____ Wt. of Hammer - $Lb.$	_____ Notes _____
_____ Optimum Water Content - %	_____ No. of Drops - $in.$	_____
_____ Penetration Resistance - pcf	_____	_____
_____ Penetration Resistance - kg/cm^2	_____	_____
Sample No. _____	Hole No. _____	Depth _____ $ft.$ (_____ m)

شکل (۳۸-۹) فرم رسم منحنی های آزمایش تراکم (۶۱۰-D-۱۰۱)

(V. S. S) روشی برای کنترل ظرفیت باربری ساختمان راه

بر طبق نظریه انجمن راههای شوسه سویس

استاندارد ۴۰۳۱۰، ۴۰۳۱۲ و ۴۰۳۱۷-SNV سویس

۱- هدف

۱-۱- این روش، اطلاعاتی را برای کنترل ظرفیت باربری عناصر مختلف ساختمان راه که شامل پوشش کامل شده راه (بدون روسازی) می باشد را با استفاده از آزمایشهای بارگذاری صفحه ای فراهم می سازد.

۲- وسایل لازم

- ۲-۱- صفحات باربر - صفحات باربر دایره ای به مساحت ۲۰۰ سانتیمتر مربع و ۷۰۰ سانتیمتر مربع
- ۲-۲- کامیون سنگین و جک هیدرولیکی برای تامین و نگهداری بار
- ۲-۳- گیج فشارسنج - برای اندازه گیری نیروئی که جک اعمال می کند.
- ۲-۴- وسایل ثبت نشست، مانند گیج های عقربه ای که قادر به اندازه گیری نشست صفحات آزمایش با دقت حداقل ۰/۰۰۱ اینچ (۰/۰۲۵ میلیمتر) باشند.
- ۲-۵- تجهیزات لازم برای تعیین درصد رطوبت
- ۲-۶- ابزارهای متفرقه جهت آماده کردن سطحی که بایستی آزمایش انجام شود.

۳- روش آزمایش

۳-۱- آزمایش بر روی بستر (Subgrade)، زیراساس (subbase) و یا بر روی قشر اساس تمام شده (base course) انجام می گیرد. در دو مورد اول صفحه ۲۰۰ سانتیمتر مربع و در مورد آخر صفحه ۷۰۰ سانتیمتر مربع استفاده می شود.

توجه ۱- لایه هایی که می بایست مورد آزمایش قرار گیرند بایستی دارای درصد رطوبت برابر با شرایط جاده باشد بدین معنی که نه خیس و نه خشک باشد.

۳-۲- سطحی که بار بر روی آن قرار می گیرد بایستی تسطیح و هموار شود. بدین منظور محل آزمایش را کمی گود کنید و سپس آن را با ماسه ریز پر کرده و صاف نمایید. پس از آماده شدن زمین، صفحه باربر را روی آن قرار داده و مجموعه جک را روی آن سوار کنید. میله ای که گیج های اندازه گیری نشست بر روی آن قرار می گیرند در وضعی قرار دهید که بارگذاری روی آن تاثیری نداشته باشد. (شکل ۱ را ملاحظه نمایید). پایه های میله در فاصله حداقل ۵۰ سانتیمتر از پیرامون صفحه قرار گیرند. سوزن گیج های اندازه گیری نشست را بر روی صفحه باربر قرار دهید.

۳-۲-۴- برای نشان دادن صفحه ابتدا حدود ۲/۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع (بار نشاننده) به صفحه وارد کرده سپس بار را برداشته و عقربه فشارسنج (نشاندهنده بار) را روی صفر تنظیم نمایید. همچنین عقربه گیج های نشست را روی صفر تنظیم نمایید.

۲-۵- بارگذاری را با بار ۰/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع شروع کنید. قرائت گنج های نشست را در فواصل زمانی مشخص ثبت نمایید. بار را ثابت نگه دارید تا میزان نشست مساوی یا کمتر از ۰/۰۵ میلیمتر در دو دقیقه (یا سه دقیقه) شود و سپس بار جدید را اعمال کنید.

۱-۲-۵- برای آزمایش بستری (Subgrade) افزایشهای مراحل بعدی ۰/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. این افزایش را ادامه دهید تا بار تجمعی حداقل به ۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع برسد. هرگاه امکان داشته باشد آزمایش را ادامه دهید تا خاک بستر قادر به تحمل فشار نباشد و یا گسیخته شود.

۲-۲-۵- برای آزمایش زیراساس (Subbase) ضخامت هر کدام از این لایه ها نباید کمتر از قطر صفحه (۱۶ سانتیمتر) باشد) افزایشهای مراحل بعدی ۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. این افزایش را ادامه دهید تا بار تجمعی به حداقل ۴/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع برسد.

۳-۲-۵- برای آزمایش قشر اساس تمام شده (base course) افزایشهای مراحل بعدی ۱ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. این افزایش را ادامه دهید تا بار تجمعی به حداقل ۵/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع برسد.

۲-۶- بارگذاری مراحل بعدی زمانی انجام می شود که میزان نشست ثبت شده کمتر از ۰/۰۵ میلیمتر در دو دقیقه (یا سه دقیقه) گردد.

۲-۷- پس از اتمام مراحل بارگذاری، تجانس و یکجوری خاک (Homogeneity) را تا عمق حدود ۱/۵ برابر قطر صفحه بار بر، بازرسی نمایید.

۳- محاسبات

۱-۳- نمودار نشست (میلیمتر) را در مقابل بار وارده (کیلوگرم بر سانتیمتر مربع) رسم نمایید. این نمودار باید تقریباً به صورت خط درآید که معادله آن به صورت زیر است:

$$S = \frac{D}{M_E} \cdot P \quad (1)$$

که در آن:

S: نشست بر حسب سانتیمتر

D: قطر صفحه (۱۶ یا ۳۰ سانتیمتر)

P: بار وارده بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

M_E: مدول تغییر شکل بر حسب کیلوگرم بر سانتیمتر مربع

۴- تفسیر نتایج آزمایش

۱-۴- برای صفحه با مساحت ۲۰۰ سانتی متر مربع خطوط مستقیمی با معادله (۱) برای مدول تغییر شکلهای (M_E)

برابر با ۱۵۰، ۴۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در شکل (۲) رسم شده است. این خطوط مستقیم

نمودار را به چهار منطقه (۱ و ۲ و ۳ و ۴) تقسیم می کند همچنین برای صفحه ۷۰۰ سانتیمتر مربع، خط

مستقیمی با مدول تغییر شکل (M_E) برابر با ۱۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در شکل (۳) رسم شده است

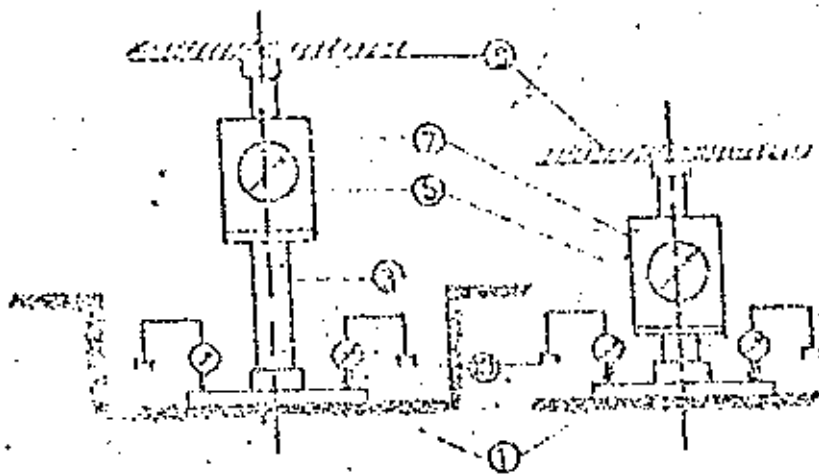
این خط مستقیم نمودار را به دو منطقه A و B تقسیم می کند.

۲-۲- برای بستر خوب یا مرمت شده (Subgrade) نمودار نشت - بار بایستی در منطقه ۲ شکل (۲) قرار گیرد و شیب نمودار در فاصله ۰/۵ تا ۱/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نباید بیش از شیب خط حدود پایینی منطقه ۲ باشد. اگر این نیاز برآورد نگردد بستر باید با یک لایه از مصالح مرغوبتر مرمت شود.

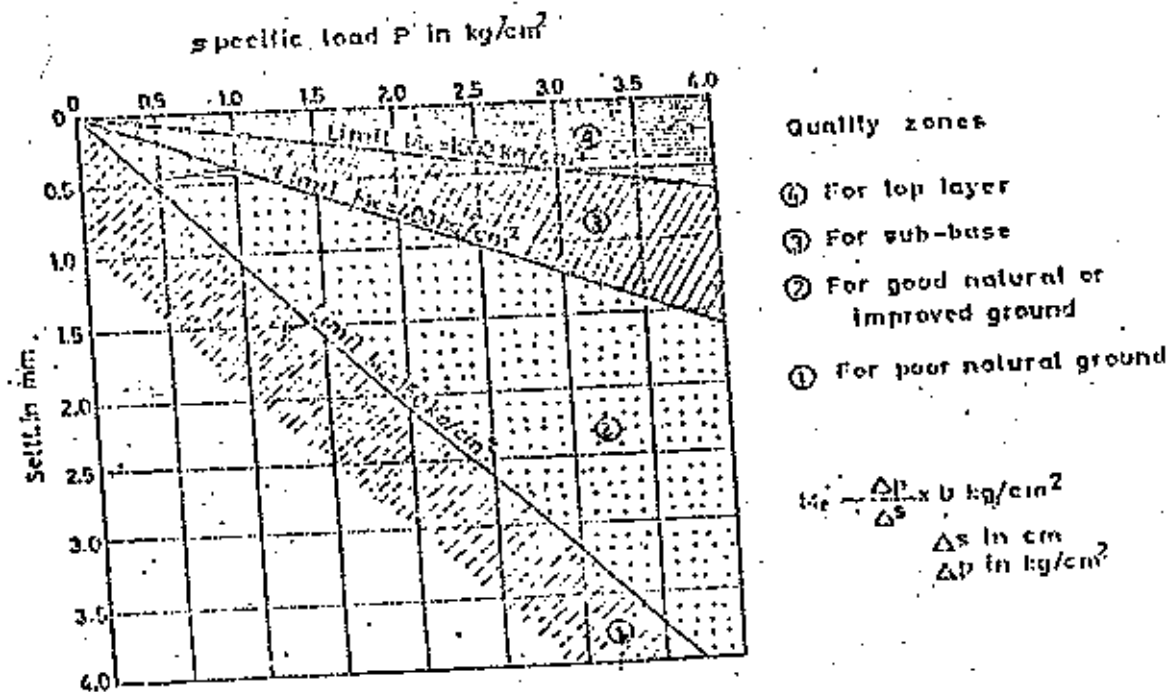
۳-۳- برای زیراساس (Subbase) نمودار نشت - بار باید به ترتیب در منطقه ۳ یا ۴ شکل (۳) قرار گیرد و شیب نمودار در فاصله ۱/۵ تا ۲/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع نباید بیش از شیب خط حدود پایینی منطقه مجاز باشد. اگر این نیاز برآورده نگردد زیراساس یا اساس را باید تقویت کرد یا باز هم کوبید.

۴-۴- برای اساس تمام شده (base - course) نمودار نشت - بار باید در منطقه B شکل ۳ قرار گیرد و شیب نمودار در فاصله ۲/۵ تا ۳/۵ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بیش از شیب خط حدود نباشد. در این صورت پی جاده رضایت بخش است. چنانچه فستی یا کلیه نمودار در منطقه A قرار گیرد و با یک شیب تندتری در ردیف بحرانی، از آنچه در بالا مشخص گردید، داشته باشد در این صورت پی جاده رضایت بخش نیست و بایستی با کوبیدن اضافی یا طور دیگری قبل از اینکه روسازی به کار برده شود، آن را اصلاح نمود.

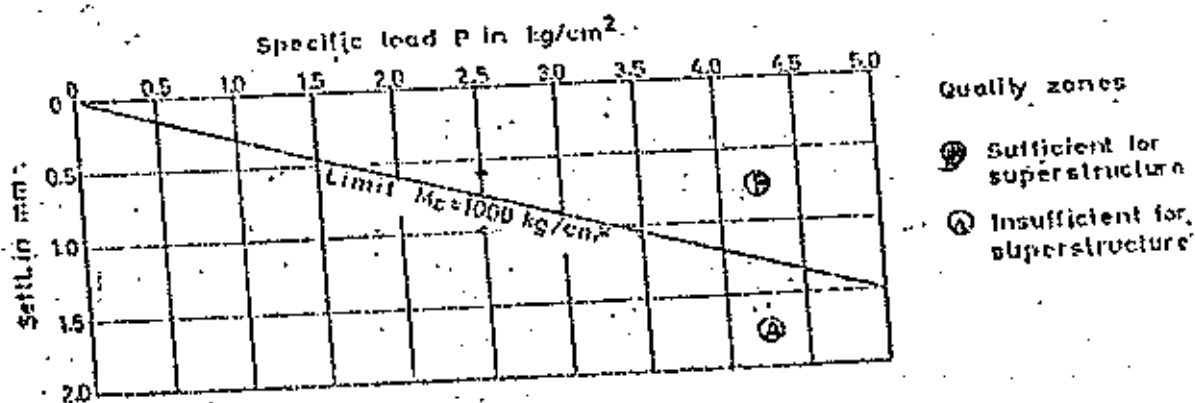
مراجع: ابلاغیه فنی شماره ۷ اداره کل راه



شکل ۱ - ترتیب قرار گرفتن وسایل آزمایش



شکل ۲- محدوده مقادیر M_E برای صفحه ۲۰۰ سانتیمتر مربع



شکل ۳- محدوده مقادیر M_E برای صفحه ۷۰۰ سانتیمتر مربع

روش آزمایش یخبندان برای مصالح درشت دانه (روش کانادایی)

۱- کلیات:

۱-۱- این روش برای تعیین مقاومت مصالح درشت دانه در برابر یخ زدن و آب شدن مکرر در محلول نمک طعام می باشد. این آزمایش اطلاعات مفیدی در مورد مرغوبیت مصالح در مقابل عمل یخ زدن و آب شدن ارائه می دهد، بخصوص در مواقعی که اطلاعات دقیقی از شرایط هوازدگی واقعی محیط در دسترس نباشد.

۲- منابع

۲-۱- *CAN/CSSA.A23.2-24A, Method of Test for Resistance of Unconfined Coarse Aggregate to Freezing and Thawing.*

۳- تجهیزات

۳-۱- فریزر: یک فریزر که قادر به تولید برودت $2 \pm 18^{\circ}C$ باشد مورد نیاز است. ممکن است یک سیستم فن هوا را طوری به جریان اندازد که حداکثر تفاوت دما در ۲۵ سانتیمتری از کف و سقف یخچال بیشتر از $2^{\circ}C$ نگردد. برودت فریزر باید به طور مداوم در نقاط مختلف آن توسط دماسنج یا ترموکوپل کنترل گردد. اگر از دماسنج استفاده می شود، حباب آن باید در پوششی قرار گیرد که به هنگام باز و بسته شدن درب، دچار تغییر ناگهانی دما نگردد.

۳-۲- الکها: الکها با ۳۰۰ میلیمتر و سوراخهای مربعی و در اندازه های زیر مطابق با مشخصات *OPSS* انتخاب می گردند:

اندازه چشمه الکها به میلیمتر
۳۷/۵
۲۶/۵
۱۹/۰۰
۱۳/۲
۹/۵
۴/۷۵

۳-۳- دماسنجها: ممکن است از نوع جیوه ای و یا الکلی در محدوده دمای -35 تا $+50$ درجه سانتیگراد با تقسیمات یک درجه ای و دقت $0.5^{\circ}C$ باشند. تمام دماسنجها باید در دمای صفر درجه با دقت $0.1^{\circ}C$ با کمک

دماسنج مرجع *ASTM* کالیبره شده باشند.

توجه ۱- دماسنجها در *CANLAB* در دسترس هستند.

محدوده دمائی	مدل	نوع
-38°C تا $+2^{\circ}\text{C}$	<i>T2352-62</i>	<i>ASTM Precision</i>
-35°C تا $+5^{\circ}\text{C}$	<i>T2025-1C</i>	<i>Lab Grade</i>

۳-۴- ظروف: عبارتند از قوطی های پلاستیکی قابل اتوکلاو شدن با درپوش کاملاً کیپ که قادر به تحمل حرارت دائم 110°C هستند. ظروف یک لیتری برای نمونه های مانده روی الکهای $13/2$ میلیمتر و $9/5$ میلیمتر و ظروف 500 میلی لیتر برای ذرات رد شده از الک $9/5$ میلیمتر و مانده روی الک $4/75$ میلیمتر می باشد.

توجه ۲- ظروف پلاستیکی قابل اتوکلاو شدن در *CANLAB* در دسترس هستند.

<i>J 3030-1</i>	500ml
<i>J 3030-2</i>	1L

توجه ۳- ظروف نباید با قفسه های فلزی یا دیواره های فریزر تماس پیدا کنند، چراکه ممکن است سریعاً سرد شوند.

۳-۵- سبدهای مشبک با ظرفیت چهار ظرف 500 میلی لیتری یا دو ظرف یک لیتری و یک 500 میلی لیتری به همراه جداکننده ها چوبی یا پلاستیکی برای جلوگیری از تماس ظروف با یکدیگر.

۳-۶- ترازو: یک ترازو با دقت یک گرم یا $0/1$ درصد وزن نمونه و با ظرفیتی بیشتر از ظرفیت مورد نیاز آزمایش.

۳-۷- گرمخانه با همرفت مکانیکی: قادر به تولید و ثابت نگه داشتن حرارت $5^{\circ}\text{C} \pm 110$.

۳-۸- مصالح مرجع استاندارد: مربوط به معدن پیتربورگ، بدست آمده از قسمت خاک و مصالح، وزارت راه و

ترابری، به آدرس *1201 Wilson Ave. Downsview, Ontario M3M 1 J8*

۴- آماده سازی محلول

۴-۱- برای این آزمایش از محلول ۳ درصد نمک طعام استفاده می شود. به عنوان مثال 30 گرم نمک را در 970 گرم آب بریزید. (تجربیات نشان داده که محلول ۳ درصد نمک بیشترین تخریب را در یخبندان دارد). یک استوانه مدرج برای برداشتن یک میلی لیتر معادل یک گرم آب لازم است که باید دقت آن مورد تایید باشد. تهیه محلول نمک طعام به مقدار زیاد باید با کمترین خطای ممکن صورت گیرد. همچنین قبل از استفاده از محلول باید آنرا کاملاً به همزد.

۵- آماده سازی نمونه

۵-۱- مصالح باید شامل قطعات مانده روی الک $4/75$ میلیمتر (درشت دانه) باشند. نمونه طبق جدول (۱) جداسازی می شود. وزن مورد نیاز هر بخش نیز در جدول آمده است. اگر وزن هر قسمت کمتر از ۵ درصد وزن کل نمونه باشد، آن قسمت را نباید آزمایش کرد.

توجه ۴- الک کردن مداوم مصالح در دستگاه الک کن مکانیکی باعث شکسته شدن نمونه شده که این موضوع استفاده از الک مکانیکی را محدود می کند.

وزن (گرم)	مانده روی الک (میلیمتر)	رد شده از الک (میلیمتر)
۵۰۰۰	$26/5$	$37/5$
۲۵۰۰	$19/00$	$26/5$
۱۲۵۰	$13/2$	$19/00$
۱۰۰۰	$9/5$	$13/2$
۵۰۰	$4/75$	$9/5$

جدول ۱

سپس مصالح مانده روی هر الک وزن شده و در یک ظرف مناسب قرار می گیرد. شماره ای نیز روی ظرف زده می شود که این شماره به همراه مشخصات الک در فرم آزمایش ثبت می گردد. روی در پوش ظرف باید فلشی زده شود تا جهت چرخش ظرف در بین سیکلها را نشان دهد.

۵-۲- هرگاه یک آزمایش یخبندان انجام می گیرد باید به همراه آن یک نمونه مرجع استاندارد هم مورد آزمایش قرار گیرد. مصالح مورد نظر باید طبق بند ۵-۱ آماده گردد.

۶- روش انجام آزمایش

۶-۱- نمونه رد شده از الک 19 میلیمتر و مانده روی $13/2$ میلیمتر را در ظرف یک لیتری قرار دهید. نمونه رد شده از الک $13/2$ میلیمتر و مانده روی الک $9/5$ میلیمتر را نیز در ظرف یک لیتری بریزید. نمونه رد شده از الک $9/5$ میلیمتری و مانده روی الک $4/75$ میلیمتر را در ظرف 500 میلی لیتری قرار دهید. مصالح بزرگتر از 19 میلیمتر در دو یا چند ظرف ریخته می شود تا تمام نمونه مورد نیاز آزمایش گردد.

۶-۲- اشباع نمونه در محلول: ظروف حاوی نمونه باید از محلول ۳ درصد نمک طعام پر شوند، چنانکه مصالح کاملاً در

محلول غرقاب شوند. در پوش ظروف را کاملاً سفت کنید تا از تبخیر جلوگیری شود و سپس آنرا در دمای اتاق به مدت 24 ± 2 ساعت نگه دارید.

۳-۶- زهکشی نمونه‌ها بعد از غرقاب شدن: زهکشی سریع محلول از مصالح با وارونه کردن ظروف محتوی نمونه روی صفحه مشبک با سوراخهای کوچکتر از $4/75$ میلیمتر به مدت ۵ ثانیه صورت می‌گیرد (مصالح را از ظرف خارج نکنید). برای راحتی کار می‌توان صفحه مشبکی با روزه‌های $1/18$ میلیمتر بیرید و روی درپوش ظرف بچسبانید تا شستشو و زهکشی آسان شود. دو یا سه میلی لیتر محلول باید در ظرف باقی بماند. ظروف را باید طوری عایق کرد تا رطوبت 100% ثابت بماند.

توجه ۵- مطمئن شوید که در پوشها آنقدر سفت شده باشند تا ظروف کاملاً آب بندی شوند. در هنگام خالی کردن آب ظرف با کمک صفحه مشبک مطمئن شوید که در پوش کاملاً سفت شده باشد و برای اطمینان بیشتر انگشت را روی درپوش قرار دهید.

۴-۶- سیکلهای یخ زدن و آب شدن نمونه تحت ۵ سیکل یخ زدن و آب شدن قرار می‌گیرد. ظروف را با مقداری فاصله از هم داخل سبیدی قرار داده و آنرا داخل فریزر با دمای $2 \pm 18 -$ به مدت 2 ± 16 ساعت قرار دهید (معمولاً شب‌ها) و صبح‌ها آنرا به مدت تقریباً ۸ ساعت در دمای اتاق بگذارید. پس از هر سیکل ظروف را به اندازه $\frac{1}{4}$ دور بچرخانید تا مطمئن شوید که کلیه مصالح به مقدار کافی در محلول قرار می‌گیرند.

توجه ۶- اگر نرخ سرمادهی در دمای $2^{\circ}C$ تا $12^{\circ}C -$ نسبتاً کند باشد، صدمات ناشی از یخ زدن و آب شدن بیشتر می‌گردد. بهتر است که در پایان هر مرحله یخبندان فریزر خاموش شده و درب آن کاملاً بسته باشد و هنگامیکه نمونه‌ها به فریزر برگردانده می‌شود مجدداً روشن گردد.

توجه ۷- اگر به هر دلیلی سیکل یخبندان و آب شدن متوقف گردید، مصالح را باید به صورت یخ زده و در داخل ظرفشان تا آغاز مجدد آزمایش نگهداری کرد.

۵-۶- پس از مرحله آب شدن در پایان پنجمین سیکل مصالح سنگی را بشوئید. ظروف را پر از آب نموده و طبق روش گفته شده در قسمت ۳-۵ عمل کنید. این شستشو را پنج بار بدون خارج کردن مصالح سنگی از ظروف تکرار کنید.

۶-۶- خشک کردن نمونه‌ها: درپوش ظروف را برداشته و نمونه‌ها را در گرمخانه با دمای $5 \pm 110^{\circ}C$ خشک کنید (معمولاً در شب).

۷- آزمایشات کمی (الک کردن و توزین نمونه‌ها)

۱-۷- پس از خشک شدن نمونه‌ها، مصالح سنگی را در همان الکی که برای آماده سازی استفاده شده بود قرار دهید و به

مدت ۳ دقیقه و ± 10 ثانیه با دستگاه برقی تکان دهنده الکهای با قطر ۳۰۰ میلیمتر سرنند کنید. سپس به مدت ۵ ثانیه الک را به آرامی و با دست تکان دهید تا از رد شدن کامل ذرات مطمئن شوید.

توجه ۸- الکها ممکن است قبل از اینکه نمونه الک شود به صورت برعکس گذاشته شوند (یعنی الک ۴/۷۵ میلیمتر در بالا و ۱۳/۲ میلیمتر در پایین قرار گیرد)، بنابراین هر ذره‌ای که از الک ۴/۷۵ عبور کند طبیعتاً داخل بزرگترین الک می‌ریزد.

توجه ۹- الک کردن بیش از سه دقیقه ممکن است باعث افزایش افت نمونه در اثر خرد شدن مکانیکی ذرات گردد.

۲-۷- وزن مصالح مانده روی هر الک را وزن کرده و با دقت یک گرم یادداشت کنید.

۸- محاسبات

۸-۱- درصد افت برای هر قسمت از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$۱۰۰ \times \frac{\text{وزن مانده پس از آزمایش} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} = \text{درصد افت وزنی}$$

این عدد را با دقت ۰/۱ درصد محاسبه کنید.

۸-۲- درصد افت وزنی میانگین به روش زیر محاسبه می‌گردد: درصد مانده هر الک از دانه‌بندی مصالح سنگی درشت دانه را بدست آورده و آنرا در درصد افت آن قسمت ضرب کنید. این حاصلضربها با هم جمع و بر صد تقسیم می‌گردند. این عمل درصد افت وزنی میانگین نمونه در اثر یخبندان را نشان می‌دهد.

۸-۲-۱- جهت محاسبه میانگین وزنی، دقت کنید که برای هر الکی که مقدار آن کمتر از ۵ درصد وزن کل نمونه است، مقدار مربوط به الک قبل یا بعد از آن (هر کدام که موجود باشد) به آن نسبت داده می‌شود.

۹- استفاده از مصالح کنترلی

۹-۱- هرگاه یک آزمایش یخبندان انجام می‌گیرد، باید از یک نمونه مصالح کنترل کننده نیز استفاده کرد. نمونه باید طبق روش تشریح شده در بند ۵-۱ آماده شده باشد.

۹-۲- برای محاسبه درصد افت وزنی میانگین نمونه کنترلی از دانه‌بندی جدول (۲) استفاده می‌شود.

شماره الک به میلیمتر	درصد باقیمانده
۱۳/۲-۱۹	۳۵
۹/۵-۱۳/۲	۳۳
۴/۷۵-۹/۵	۳۲

۹-۳- افت وزنی نمونه کنترلی ۱۹ آزمایش از ۲۰ آزمایش انجام شده باید بین ۲۰ و ۲۹ درصد باشد. میانگین افت پس از انجام آزمایشهای زیاد باید ۲۴/۵ درصد باشد. اگر مقدار به دست آمده به میزان زیادی بالاتر یا پائینتر از این عدد باشد مشخص می شود که یک خطای سیستماتیک در کار بوده است.

۱۰- گزارش نتایج

- ۱-۱۰- مقادیر افت وزنی هر الک را با یک رقم اعشار گزارش کنید. همچنین افت وزنی کل را با یک رقم اعشار گزارش کنید.
- ۱۰-۲- افت وزنی مصالح کنترلی (مصالح پیترزبورگ) را نیز با یک رقم اعشار گزارش کنید.