

وزارت راه و ترابری
اداره کل آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان خراسان رضوی

استاندارد ها و دستورالعمل های آزمایشهای مکانیک خاک



آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان خراسان رضوی
آذرماه ۸۵

بسمه تعالی

کنترل کیفیت در مراحل گوناگون کلیه امور تولید و ساخت حائز اهمیت حیاتی می باشد . یکی از مهمترین مصادیق امور یاد شده را می توان امور احداث سازه ها و ابنیه و بطور عام پروژه های عمرانی دانست . کنترل کیفی از ابزارهای اصلی بهره وری در این پروژه هاست که بدیهی است عطف توجه ویژه به آن در کشور ما نقش بسزائی در حفظ سرمایه ها و منابع ملی و نیز یافتن جایگاه مناسب جهانی در عرصه سازندگی دارد . کنترل کیفیت پروژه های عمرانی مستلزم انجام آزمایشهای مختلف زیربط است که روش و ابزار آنها می بایست منطبق با دستور العمل ها و استانداردهای عملی و فنی موجود باشد . مجموعه دستور العمل های حاضر که معطوف به خدمات آزمایشگاهی قابل ارائه از سوی واحدهای محلی تابعه شرکت گرد آوری شده است ، قبلاً“ به شکل پراکنده و ناقص و با کیفیتی نازل در دسترس واحد های مذکور قرار داشت که اینک توسط آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان خراسان با بذل دقت خاص و در قالبی جدید ارائه می گردد . لازم می داند ضمن آرزوی توفیق روز افزون ، از جناب آقای رضا آباده کارشناس فعال استان خراسان رضوی و جناب آقای مرتضی آقاچان زاده کارمند دبیرخانه استان که با تلاش و زحمات بی شائبه خویش اقدام به تهیه این مجموعه نموده اند ، تقدیر و سپاسگزاری نماید . امید است کلیه همکاران ارجمند با انجام اقدامات مشابه در راستای اعتلای علمی و عملی شرکت کوشا باشند .

اداره کل آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک خراسان رضوی

سید محمد باقر مجتهد سیستانی

فصل اول : آزمایشات مصالح سنگی

۷.....	۱- روش نمونه برداری از مصالح سنگی
۱۱.....	۲- آزمایش دانه بندی با الک
۲۱.....	۳- روش مصالح ریزتر از الک ۲۰۰ (الک ۷۵ میکرومتر)
۲۵.....	۴- دانه بندی هیدرومتری
۴۱.....	۵- تعیین میزان رطوبت خاک
۴۵.....	۶- تعیین حدود اتربرگ
۴۹.....	۷- تعیین حد روانی خاک
۵۴.....	۸- تعیین حد خمیری و نشانه خمیری خاکها
۵۷.....	۹- آزمایش ضریب تطویل مصالح درشت دانه
۶۲.....	۱۰- آزمایش ضریب تخت بودن مصالح درشت دانه
۶۶.....	۱۱- آزمایش ارزش ماسه ای
۷۳.....	۱۲- آزمایش سایش مصالح سنگی با دستگاه لس آنجلس
۷۸.....	۱۳- آزمایش تعیین درصد ذرات شکسته در مصالح سنگی درشت دانه

فصل چهارم : قیر

۸۲.....	۱- تعاریف و اصلاحات قیر
۸۳.....	۲- مشخصات عمومی و طبقه بندی قیر
۸۵.....	۳- امولسیون های قیر (قیرابه) و انواع آن
۸۶.....	۴- آزمایشات قیرهای خالص
۸۸.....	۵- استاندارد آزمایش درجه نفوذ مواد قیری
۸۹.....	۶- استاندارد وزن مخصوص دانسیته مواد قیری نیمه جامد
۹۰.....	۷- استاندارد نقطه نرمی قیر
۹۱.....	۸- استاندارد خاصیت انگمی قیر

فصل پنجم : آزمایشات آسفالت

۹۲.....	۱- نمونه گیری از مخلوط های آسفالتی ASTM D979
۹۶.....	۲- تعیین میزان پخش مواد قیری ASTM D2995
۱۰۰.....	۳- تعیین درصد قیر آسفالت
۱۰۲.....	۴- روش استاندارد دانه بندی مکانیکی سنگدانه حاصل از اکستراکشن
.....	۵- آزمایش تعیین مقاومت در مقابل تغییر شکل پلاستیک مخلوط های آسفالتی

- با دستگاه مارشال ASTM D1559 ۱۰۴
- ۶- درصد فضای خالی آسفالت ASTM D3203 ۱۱۴
- ۷- حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوط های آسفالتی ۱۱۶
- ۸- تعیین وزن مخصوص و دانسیته مخلوط های آسفالتی متراکم شده ۱۲۲
- به روش اشباع شده با سطح خشک ASTM D2726 ۱۲۲
- ۹- وزن مخصوص حقیقی مخلوط های آسفالتی کوبیده با استفاده از ۱۲۷
- پوشش پارافین ASTM D1188 ۱۲۷
- ۱۰- نمونه گیری از مخلوط های آسفالتی متراکم شده برای آزمایش ۱۳۰
- آزمایشگاهی ASTM D5361 ۱۳۰
- ۱۱- آزمایشات آسفالت متراکم ۱۳۴



آزمایش های مصالح سنگی

نمونه برداری از مصالح سنگی

AASHTO-T2 , ASTM-D75

بازگشت

۱- هدف :

این روش آزمایش شامل نمونه برداری از مصالح سنگی (درشت و ریزدانه) بمنظور دستیابی به اهداف ذیل می باشد . مطالعات اولیه در مورد شناسایی ذخایر یا ظرفیت معادن و همچنین کنترل مصالح استخراج شده از آن می باشد . از اهداف دیگر آن می توان به کنترل عملیات در محل مصرف مصالح استخراجی و تطابق یا عدم آن با استانداردهای تعریف شده می باشد . ذکر این نکته لازم است که روشهای نمونه برداری و آزمایشات تائید و کنترل مصالح با توجه به نوع سازه متغییر بوده و رعایت استانداردهای ASTM-E105 و ASTM-D3665 جهت استفاده به عنوان راهنما ضروری است .

۲- مشخصات و کاربرد : نمونه برداری به اندازه انجام آزمایش از اهمیت زیادی برخوردار است و شخص نمونه بردار باید دقت زیادی به عمل آورد تا بتواند نمونه هایی که معرف و نماینده مصالح می باشند جمع آوری شوند .

۳- نمونه های قابل اطمینان (دارای سلامت) : نمونه هایی که جهت انجام آزمایشات کنترل کیفی به آزمایشگاه ارسال می شود باید از آخرین مرحله تولید مصالح اخذ گردند و در صورتی که تغییرات قابل توجه در مصالح به چشم می خورد باید ابتدا مورد بازرسی و بررسی قرار گیرند .

۴- دستورالعملهای نمونه برداری :

۴-۱- نمونه برداری از مصالح در حال جریان (مسیر تخلیه بین ها یا خروجی نوارهای نقاله) : محل هایی را برای نمونه برداری به روش اتفاقی بر اساس استاندارد ASTM-D3665 باید انتخاب کرد . حداقل سه مقدار تقریباً مساوی از فواصل تقریباً مساوی در هر بخش اخذ کرده و سپس با هم ترکیب کنید به صورتی که وزن نهایی نمونه های اخذ شده از وزن توصیه شده در استاندارد کمتر نباشد . لازم به ذکر است که نمونه ها را باید از مقطع عرضی جریان اخذ شوند . برای نمونه برداری معمولاً از یک سری سینی به ابعاد مناسب استفاده می شود . این سینی ها در مقطع عرضی جریان قرار داده می شود و برای اخذ نمونه های مورد نیاز به کار می رود .

۴-۲- نمونه برداری از روی نوار نقاله : محل هایی روی نوار جهت نمونه گیری به روش اتفاقی بر اساس ASTM-D3665 باید انتخاب نمائید . حداقل سه مقدار تقریباً مساوی از فواصل تقریباً مساوی از هر واحد اخذ نمائید سپس با هم ترکیب کنید به صورتی که وزن نهایی نمونه حاصله از وزن توصیه شده در استاندارد کمتر نباشد .

هنگام نمونه برداری ابتدا باید تسمه نقاله را متوقف کرده و دو ورق یک اندازه که یک ضلع آنها مشابه مقطع تسمه نقاله باشد تهیه کرده و آنها را به صورتی روی تسمه نقاله قرار دهید که مصالح بین دو ورق روی مسیر در حدود وزن مورد نیاز در استاندارد باشد سپس با دقت مصالح بین دو ورق را جمع آوری نمود حتی باید ذرات ریز باقیمانده روی تسمه نقاله را نیز با یک برس جمع کرده و به نمونه اضافه نمود .

۴-۳- نمونه برداری از محلهای ذخیره مصالح و تولیدی :

از مصالح درشت دانه یا مخلوط درشت و ریزدانه که بصورت دپو انباشته شده اند و همچنین از وسایل انتقال دهنده مصالح حتی المقدور سعی شود نمونه برداری انجام نشود . چنانچه نمونه برداری از محلهای ذخیره مصالح درشت یا

ترکیبی از مصالح درشت و ریز ضروری به نظر می رسد باید یک روش نمونه گیری خاص انجام شود . در این روش شخص نمونه بردار باید از منطبق بودن نمونه ها با کلیه قسمتهای محل مورد نظر اطمینان داشته باشد . در این خصوص باید برای تهیه یک نمونه چند بار از مصالح برداشته و پس از مخلوط کردن چند نمونه برای شناسائی کل مصالح لازم است . در دیوهای مصالح درشت دانه یا مخلوط درشت و ریزدانه تا حد ممکن سعی شود و سایل نمونه گیری موتوری مورد استفاده قرار گیرند با این وسایل ابتدا از سطوح و لایه های مختلف دیو اصلی یک دیو جداگانه جهت نمونه برداری نهائی تشکیل می شود سپس از قسمتهای مختلف دیو کوچک مقادیری اخذ و پس ترکیب آنها نمونه اصلی حاصل می گردد . اگر تعیین میزان تغییرات در مصالح دیوی اصلی لازم باشد باید نمونه های مجزائی از سطوح مختلف دیو گردد .

در صورتی که وسیله نمونه گیری موتوری در دسترس نباشد . باید حداقل از ۳ نقطه دیو (قسمت بالایی ، میانی و پایینی) نمونه برداری انجام شود . فرو کردن یک صفحه بطور قائم روی سطح دیو و دقیقاً در بالای محل نمونه برداری جدایی دانه ها را کاهش می دهد . در مصالح ریزدانه هنگام نمونه برداری از محل انباشت آنها ، لایه خارجی که ممکن است در آن جدائی اتفاق افتاده باشد باید کنار زده شده و از زیر آن نمونه برداری به عمل آید . همچنین می توان لوله های نمونه گیری به قطر تقریبی حداقل ۳۰ میلیمتر و طول حداقل ۲ متر را به طور تصادفی حداقل در پنج نقطه از دیو فرو کرد و از جمع مصالح خارج شده نمونه اصلی را تهیه نمود .

۴-۴- نمونه برداری از جاده ها (اساس - زیر اساس) : محل هایی از جاده را با یک روش اتفاقی بر اساس استاندارد ASTM-D3665 جهت نمونه برداری انتخاب نمائید . از هر محل حداقل سه مقدار تقریباً مساوی و از فواصل تقریباً مساوی طوری انتخاب کنید که بتوان از ترکیب آنها نمونه هایی با وزن حداقل توصیه شده در استاندارد را بدست آورد . در تمام محلهای انتخاب شده از جاده بایستی تا پایین ترین عمق لایه نمونه برداری انجام گیرد و مصالح لایه های زیرین با آن مخلوط نشود . سطوحی که نمونه ها از آن اخذ می شود قبلاً علامت گذاری گردد و با گذاشتن یک ورق فلزی روی هر یک از این سطوح تنظیم فواصل نمونه برداری راحت تر می شود .

۴-۵- نمونه برداری سنگ از معادن یا رگه ها : رگه یا معدن بایستی به منظور تعیین و تشخیص تغییرات قابل رویت ابتدا مورد بازدید و بررسی قرار گیرند و اختلاف در رنگها و ساختارها ثبت گردد . در این خصوص نمونه های جداگانه به وزن حداقل ۲۵ کیلوگرم بایستی از هر لایه مشخص اخذ گردد . نمونه ها نباید شامل مواد هوازده باشند طوری که به کیفیت آنها لطمه خورده باشد . یک قطعه یا بیشتر از هر نمونه که دارای ابعاد $100 \times 100 \times 150$ میلیمتر بوده و هیچگونه شکست یا ترکی نداشته باشد انتخاب و یکی از وجوه صاف آن به طور واضح علامت گذاری شود .

علاوه بر اطلاعاتی که هر نمونه آزمایشگاهی باید دارا باشد . نمونه های اخذ شده از رگه ها یا معادن باید دارای اطلاعات ذیل نیز باشند :

۱- مقدار تقریبی مصالح قابل دسترس .

۲- مقدار و کیفیت مصالح سربار .

۳- ثبت جزئیاتی که نشان دهنده محدوده و محل مصالح مربوط به هر نمونه باشد .

۴-۶- نمونه برداری از کنار جاده ها یا از رسوبات شن و ماسه ای :

ظرفیت و پتانسیل این منابع ممکن است توسط حفار هایی که قبلاً انجام شده قابل مشاهده باشد . همچنین میتوان بر اساس مطالعات دیگر این ظرفیت را تعیین کرد . در این خصوص نمونه ها بایستی از هر لایه که برای شخص نمونه

بردار قابل تشخیص باشد اخذ گردد . جهت مشاهده لایه ها یک کانال قائم حفر و سپس از پایین تا بالا از آنها نمونه برداری به عمل آید . مصالح لایه های بالایی (سربار) و مصالح دست خورده با این نمونه ها مخلوط نگردد . ضمناً تعدادی چاهک شناسایی در موقعیت های مختلف معدن حفر شود تا کیفیت مصالح و مقدار رسوبات قابل تعیین باشد . تعداد و عمق گمانه ها بستگی به مقدار مصالح مورد نیاز ، توپوگرافی سطحی ، طبیعت رسوبات ، خواص مصالح و مقدار ذخیره یا پتانسیل معدن دارد و اگر مشاهدات خاصی نشان دهد که تغییرات قابل توجهی در مصالح معدن وجود دارد نمونه های مجزائی باید از لایه ها گرفته شود . هر یک از نمونه های اخذ شده باید در صورت لزوم بطور کامل مخلوط و کوارتر گردد طوری که پس از کوارتر کردن ، وزن نمونه های ماسه ای حداقل ۱۲ کیلوگرم و وزن نمونه هایی که دارای مقدار قابل توجهی درشت دانه می باشند حداقل ۳۵ کیلوگرم بدست آید . علاوه بر اطلاعات عمومی همراه باتمام نمونه ها ، اطلاعات اضافی زیر نیز بایستی برای نمونه های اخذ شده از معادن ماسه و شن ثبت شود :

۱- محل معدن .

۲- تخمین تقریبی مقادیر قابل دسترس و مقدار و کیفیت مصالح سربار .

۳- فاصله حمل مصالح تا محل پروژه و شرایط حمل (نوع جاده و ...) .

۴- جزئیاتی که میزان و موقعیت مصالح متناظر با هر نمونه اخذ شده را مشخص نماید .

۵- تعداد و وزن نمونه های صحرایی :

تعداد نمونه های لازم بستگی به بحرانی بودن یا میزان تغییرات ویژگی مورد نظر در مصالح دارد . قبل از نمونه برداری تعداد بخشهایی که باید نمونه برداری شوند مشخص شود . نمونه های اخذ شده باید به اندازه ای باشند که اطمینان دلخواه از نتایج آزمایشات وجود داشته باشد . در خصوص تعیین تعداد نمونه ها و رسیدن به سطح دلخواهی از اطمینان به نتایج آزمایشات ، به استانداردهای ASTM-D2334,E105,E122,E141 می توان مراجعه کرد .

تائید و کنترل آزمایشات بر مبنای استاندارد AASHTO می باشد و میتوان بر اساس دستورالعملهای مربوطه مقادیر لازم برای هر آزمایش را تعیین نمود . در جدول ۱ مقادیر مناسبی از مصالح برای وقتی که دانه بندی و کیفیت آنها بصورت معمول باشد مشخص شده است . جداکردن بخشی از نمونه اخذ شده جهت انجام آزمایش (کاهش مقدار نمونه تا رساندن آن به مقدار لازم برای هر آزمایش) بر اساس استاندارد AASTO T248 یا سایر استاندارد انجام می شود .

حداقل وزن تقریبی نمونه های صحرایی (KG)	حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی (*)
--	--------------------------------------

مصالح سنگی ریزدانه

(۱۰)	الک نمره ۸ (2/36mm)
(۱۰)	الک نمره ۴ (۴/۷۵)

مصالح سنگی درشت دانه

۳/۸ اینچ (9/5mm)	(۱۰)
۱/۲ اینچ (12/5 mm)	(۱۵)
۳/۴ اینچ (19 mm)	(۲۵)
۱ اینچ (25 mm)	(۵۰)
۱ ۱/۲ اینچ (37/5 mm)	(۷۵)
۲ اینچ (50 mm)	(۱۰۰)
۲ ۱/۲ اینچ (63 mm)	(۱۲۵)
۳ اینچ (75 mm)	(۱۵۰)
۳ ۱/۲ اینچ (90 mm)	(۱۷۵)

جدول یک - مقدار نمونه ها

* برای مصالح سنگی مورد آزمایش حداکثر اندازه اسمی ذرات در واقع بزرگترین شماره الک در مشخصات دانه بندی است که هیچ مقداری از مصالح مجاز نیست روی آن بماند .

۶- انتقال نمونه ها :

انتقال مصالح سنگی در جعبه ها و یا هر وسیله دیگر بایستی به صورتی انجام گیرد که باعث کمترین آسیب دست خوردگی به نمونه ها شده و همچنین به خواص مصالح در حین انتقال صدمه ای وارد نشود . مشخصات جعبه های انتقال نمونه های مصالح سنگی بایستی به طور جداگانه و مناسب در آنها قرار داده شود تا بتوان بر اساس آنها گزارش صحرایی ، لوگهای آزمایشگاهی و نتایج آزمایش را به آسانی ارائه نمود .

در نمونه گیری از مصالح سنگی درشت بارگیری شده در واگنها یا دیگر وسایل باید دقت نمود از وسایل قدرتمندی که بتواند از موقعیت و اعماق مختلف مصالح نمونه برداری کند استفاده کرد . هر جا چنین وسیله ای در اختیار نباشد به طور کلی لازم است در سه نقطه یا بیشتر تا عمق مناسب حفاری شود طوری که نمونه های اخذ شده معرف خواص مصالح بارگیری شده باشند . کف این حفاری ها تقریباً باید هم تراز و هموار بوده و به ابعاد حداقل ۳۰ سانتیمتر در عرض و عمق انجام گیرد . با استفاده از بیلچه حداقل در سه نقطه با فواصل تقریباً مساوی از عمق گودال حفر شده نمونه برداری شود.

Sieve Analysis - آزمایش دانه بندی با الک - AASHTO - T27 , ASTM-C136

بازگشت

۱- هدف : منظور از تجزیه مکانیکی عبارت است از تجزیه خاک به اندازه های مختلف که هر قسمت بصورت درصدی از ذرات نسبت به کل نمونه خاک بیان می شود . میتوان گفت این آزمایش در تمام آزمایشگاههای مکانیک خاک انجام میگردد . دانه بندی با استفاده از یک سری الک به ترتیب از درشت به ریز که بر روی هم قرار دارند و با حرکت لرزش مکانیکی یا تکان دادن با دست انجام می پذیرد . شکل ۱- انواع مختلف الک را که با لرزش مکانیکی ذرات خاک را تجزیه می کنند نشان می دهد .



شکل ۱- دستگاه دانه بندی ذرات خاک به روش مکانیکی

کاربرد : در مورد مخلوطهای مصالح ریزدانه و درشت دانه قسمتی از نمونه که ریزتر از $\frac{4}{75}$ میلی متر است را می توان در روی دو یا چند سری الک توزیع نمود تا از انباشته شدن بیش از حد مصالح روی الکهای مجزا جلوگیری شود . این روش برای تعیین دانه بندی مصالح سنگی که شامل شن و ماسه است به کار می رود . نتایج این آزمایش به منظور انطباق اندازه دانه ها با مشخصات تعیین شده برای مصالح سنگی و همچنین برای کنترل تولید کنندگان سنگدانه های مختلف و یا مخلوطهایی که در آنها مصالح سنگی به کار می رود ، کاربرد دارند .

عمل الک کردن با شستشوی خاک روی الکها نیز امکان پذیر است . در هنگام دانه بندی بهتر است خاک را ابتدا خشک کرده و سپس کلیه کلوخها و ذرات بهم چسبیده را بوسیله چکش لاستیکی از هم جدا نمود . در تجزیه مکانیکی ، دانه بندی خاکهای با قطر دانه ۷۵ میکرون (برابر با الک شماره ۲۰۰) به بالا صورت می گیرد . نمونه برداری جهت دانه بندی هم باید به روش استاندارد AASHTO – T248 (Reducing Samples Of Aggregate To Testing Size) انجام گیرد . در این روش وزن نمونه ها کاهش می یابد . بدین صورت که کلیه نمونه برداشته شده آزمایش می شود مگر در موارد بخصوص که نمونه تقسیم میشود . آماده کردن نمونه جهت دانه بندی و یا تقسیم آن به دو صورت انجام می شود .

الف - جدا کننده مکانیکی :

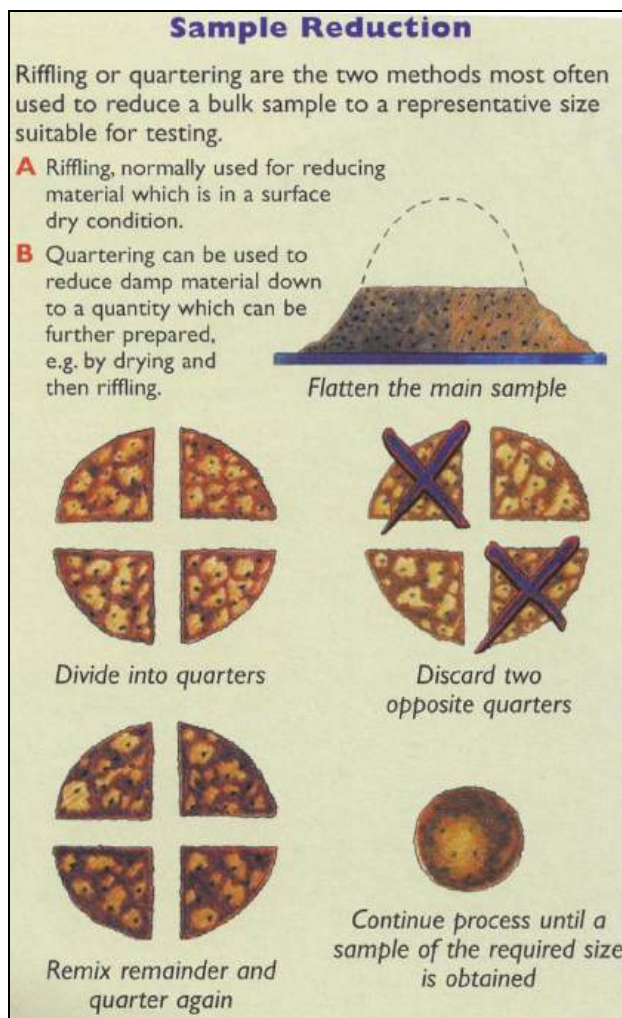
این روش وقتی انجام می شود که سطح دانه های مصالح خشک باشد . دستگاه دارای شیارها ئیست با پهنای مساوی شامل هشت شیار جهت مصالح با دانه های درشت و دوازده شیار جهت ریزدانه ها و حداقل پهنای شیارها باید تقریباً ۵۰ درصد بزرگتر از بزرگترین قطر دانه در مصالح باشد . از این روش هنگامی استفاده میشود که سطح دانه های خاک خشک باشد . شکل ۲ دستگاه جداکننده مکانیکی (splitter) را نشان می دهد.



شکل ۲ - دستگاه جدا کننده مکانیکی (splitter)

ب - روش چهار قسمتی (چهار قسمت کردن نمونه) :

در این روش نمونه روی یک سطح صاف و تمیز و محکم ریخته می شود که هیچگونه امکان ریزش و یا اضافه شدن به آن نباشد . نمونه را خوب مخلوط کرده و در آخر بصورت مخروطی در آورده شود سپس با فشار دادن نوک مخروط خاک به پایین نمونه بصورت مسطح در می آید و بعد به چهار قسمت تقسیم می شود . بهتر است از طریق قطر دو قسمت روبرو بعنوان نمونه مورد آزمایش انتخاب و بطور کامل برداشته شود . بطوریکه هیچگونه مصالح ریزدانه بر جا نماند . اگر باز هم زیاد بود بهمین طریق ادامه داده می شود تا میزان مطلوب بدست آید . شکل دو ، روش چهار قسمتی نمونه را نشان می دهد .



شکل ۲ - روش چهارقسمتی کردن نمونه

۲- مشخصات الکهای استاندارد

الک ها از سیم های بافته شده ای که سوراخ چهارگوشی را بوجود می آورند ساخته می شوند و در اندازه های ۱۰/۶ الی ۲۰۰ میلیمتر برای سری های درشت تا ۰/۰۳۸ میلی متر برای سری های ریزدانه وجود دارند که الک شماره ۲۰۰ کوچکترین اندازه این سری ها می باشد . الک ها براساس استاندارد ASTM و U.S National Bureau طراحی شده اند . (جدول ۱- انواع سری های الک براساس دو استاندارد U.B.S و تیلور به همراه جدول انواع الک برحسب شماره و اندازه آنها در سیستم های مختلف را نشان می دهد) .

U. S. (1)		TYLER (2)	CANADIAN (3)		BRITISH (4)		FRENCH (5)		GERMAN (6)
Standard	Alternate	Mesh Designation	Standard	Alternate	Nominal Aperture	Nominal Mesh No.	Opp. M.M.	No.	Opp.
107.6 mm	4.24"								
101.6 mm	4"								
90.5 mm	3 1/2"								
76.1 mm	3"								
61.0 mm	2 1/2"								
53.8 mm	2.12"								
50.8 mm	2"								
45.3 mm	1 3/4"								
38.1 mm	1 1/2"								
32.0 mm	1 1/4"								
26.9 mm	1.06"	1.05"	26.9 mm	1.06"					
25.4 mm	1"								25.0 mm
*22.6 mm	3/4"	.883"	22.6 mm	3/4"					20.0 mm
19.0 mm	3/4"	.742"	19.0 mm	3/4"					18.0 mm
									16.0 mm
*16.0 mm	5/8"	.624"	16.0 mm	5/8"					12.5 mm
13.5 mm	.530"	.525"	13.5 mm	.530"					10.0 mm
12.7 mm	1/2"								8.0 mm
*11.2 mm	7/16"	.441"	11.2 mm	7/16"					6.3 mm
9.51 mm	3/8"	.371"	9.51 mm	3/8"					
*8.00 mm	5/16"	2 1/2	8.00 mm	5/16"					
6.73 mm	.265"	3	6.73 mm	.265"					
6.35 mm	1/4"								
*5.66 mm	No. 3 1/2	3 1/2	5.66 mm	No. 3 1/2					
4.76 mm	4	4	4.76 mm	4			5.000	38	5.0 mm
4.00 mm	5	5	4.00 mm	5			4.000	37	4.0 mm
3.36 mm	6	6	3.36 mm	6	3.35 mm	5			
*2.83 mm	7	7	2.83 mm	7	2.80 mm	6	3.150	36	3.15 mm
2.38 mm	8	8	2.38 mm	8	2.40 mm	7	2.500	35	2.5 mm
*2.00 mm	10	9	2.00 mm	10	2.00 mm	8	2.000	34	2.0 mm
1.68 mm	12	10	1.68 mm	12	1.68 mm	10	1.600	33	1.6 mm
*1.41 mm	14	12	1.41 mm	14	1.40 mm	12			
1.19 mm	16	14	1.19 mm	16	1.20 mm	14	1.250	32	1.25 mm
*1.00 mm	18	16	1.00 mm	18	1.00 mm	16	1.000	31	1.0 mm
0.841 micron	20	20	841 micron	20	850 micron	18			
*707 micron	25	24	707 micron	25	710 micron	22	.800	30	800 micron
595 micron	30	28	595 micron	30	600 micron	25	.630	29	630 micron
*500 micron	35	32	500 micron	35	500 micron	30	.500	28	500 micron
420 micron	40	35	420 micron	40	420 micron	36			
*354 micron	45	42	354 micron	45	355 micron	44	.400	27	400 micron
297 micron	50	48	297 micron	50	300 micron	52	.315	26	315 micron
*250 micron	60	60	250 micron	60	250 micron	60	.250	25	250 micron
210 micron	70	65	210 micron	70	210 micron	72	.200	24	200 micron
*177 micron	80	80	177 micron	80	180 micron	85	.160	23	160 micron
149 micron	100	100	149 micron	100	150 micron	100			
*125 micron	120	115	125 micron	120	125 micron	120	.125	22	125 micron
105 micron	140	150	105 micron	140	105 micron	150	.100	21	100 micron
*88 micron	170	170	88 micron	170	90 micron	170			80 micron
74 micron	200	200	74 micron	200	75 micron	200	.080	20	71 micron
*63 micron	230	250	63 micron	230	63 micron	240	.063	19	63 micron
53 micron	270	270	53 micron	270	53 micron	300			56 micron
*44 micron	325	325	44 micron	325	45 micron	350	.050	18	50 micron
37 micron	400	400	37 micron	400			.040	17	45 micron

(1) U. S. Sieve Series - ASTM Specification E-11-61.
(2) Tyler Standard Screen Scale Sieve Series.
(3) Canadian Standard Sieve Series 1-GP-1b.

(4) British Standards Institution, London BS-410-62.
(5) French Standard Specifications, AFNOR X-11-501.
(6) German Standard Specification DIN 4113.

جدول ۱ - انواع سری های الک براساس دواستندارد U.B.S و تیلور به همراه جدول انواع الک برحسب شماره و اندازه آنها در سیستم های مختلف

از سری الکهای استاندارد که در آزمایشگاهها وجود دارد سری الکهای تیلور است که در آن مساحت سوراخ هر الک دو برابر مساحت سوراخ الک ریز تر و نصف مساحت سوراخ الک درشت تر از خود است. مثلاً الکهای ۴ و ۲ و ۱/۲ اینچ معمولاً اندازه الکها بر حسب تعداد سوراخها در یک اینچ بیان می شود. لذا تعداد سوراخها در یک اینچ مربع برابر مجذور شماره الک خواهد بود. مثلاً الک شماره ۱۰۰ تعداد ۱۰۰۰۰ عدد سوراخ در یک اینچ مربع دارد. باستثنای دو الک بالایی و الکهای شماره ۹ و ۶۰ طوری تنظیم شده اند که قطر سوراخ هر یک از آنها $\sqrt{2}$ برابر الکی است که بلافاصله در زیر آن قرار دارد

. استاندارد معمول آزمایشگاه استاندارد امریکائی است که در جدول (۱) نشان داده شده است . در این استاندارد قطر سوراخ هر الک از تقسیم قطر سوراخ الک قبلی به $\sqrt[4]{2}$ و با نسبت تقریبی بدست می آید که بصورت رابطه زیر بیان می شود .

$$N_i = (N - 1) / \sqrt[4]{2}$$

در سری الکهای آمریکائی اساس انتخاب الک دو در میان یا چهار در میان جهت یک دانه بندی می باشد . مگر اینکه مشخصات الکها توسط کارفرما یا مشاور در یک آزمایش دانه بندی مشخص شده باشد .

۳- وسایل آزمایش :

۱- ترازو : ترازوها برای توزین مصالح درشت دانه یا مخلوطی از مصالح ریز دانه و درشت دانه به کار می رود. دقت ترازو باید ۰/۵ گرم یا ۰/۱ درصد بار مورد آزمایش هر کدام که بزرگتر باشد بکار می رود و در مورد مصالح ریز دانه دقت ترازو باید ۰/۱ درصد بار مورد آزمایش یا ۰/۱ گرم باشد (هر کدام که بزرگتر باشد) .

۲- گرمخانه : با کنترل درجه حرارت قادر به نگهداری درجه حرارت در دمای 110 ± 5 درجه سانتیگراد باشد .

۳- الک ها : الکها باید به صورتی بر روی هم قرار گیرند که از هدر رفتن مصالح برروی هم جلوگیری شود . الک ها باید با مشخصات ASTM E11 منطبق باشند . تغییرات قطر متوسط سوراخ الکهای آنها بزرگتر از 125mm است می تواند ± 2 درصد بوده و قطر اسمی سیمهای آنها باید ۸ میلی متر یا بزرگتر باشد .

۴- لرزننده مکانیکی الکها : لرزاننده مکانیکی الک ها باید لرزش قائم ، یا لرزش قائم و جانبی را به الک منتقل نماید به صورتی که دانه ها در روی الک به بالا و پائین پریده و غلطیده و در جهات مختلف در روی سطح الک قرار گیرند .

۴- نمونه های آزمایش : وزن نمونه ها برای دانه بندی مصالح ریز و درشت ، پس از خشک شدن تقریباً برابر وزن خواسته شده باشد .

۱- مصالح سنگی ریز دانه : وزن مصالح سنگی ریز دانه بعد از خشک کردن باید به صورت زیر باشد .

مصالحی که حداقل ۹۵ درصد آن از الک ۲/۳۶ میلیمتر (الک نمره ۸) عبور می کند به میزان ۱۰۰ گرم ، مصالحی که حداقل ۸۵ درصد آن از الک ۴/۷۵ میلیمتر (الک نمره ۴) عبور کرده و بیش از ۵ درصد درشت تر از روی الک ۲/۳۶ میلیمتر (الک نمره ۸) باقی می ماند به مقدار ۵۰۰ گرم ، ولی اگر از ۵ درصد کمتر باشد حداقل ۲۰۰ گرم میتوان اختیار کرد . در هر حال در هیچ شرایطی در پایان عمل سرند کردن مقدار مانده بر روی هر الکی نباید بیش از ۴ گرم بر اینچ مربع سطح الک باشد . برای نمونه های به وزن ۵ کیلوگرم یا بیشتر می توان از الکهای به قطر ۱۶ اینچ (۴۱۰ میلیمتر) یا بزرگتر استفاده شود . در مورد مصالح ریزدانه مقدار مصالح ریزتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر (نمره ۲۰۰) مطابق روش استاندارد تعیین خواهد شد که همان روش هیرومتری است .

۲- مصالح سنگی درشت دانه : وزن نمونه مصالح درشت دانه باید مطابق با (جدول ۲) باشد .

حداقل مقدار نمونه به کیلوگرم	درشت اندازه ترین دانه به اینچ	درشت اندازه ترین دانه به میلیمتر
۱	۳/۸	۹/۵
۲	۱/۲	۱۲/۵
۵	۳/۴	۱۹
۱۰	۱	۲۵
۱۵	۱, ۱/۲	۳۷/۵
۲۰	۲	۵۰
۳۵	۲, ۱/۲	۶۳
۶۰	۳	۷۵
۱۰۰	۳, ۱/۲	۹۰
۱۵۰	۴	۱۰۰
۳۰۰	۵	۱۲۵

جدول ۲ - حداقل وزن نمونه انتخابی برای دانه بندی

نمونه آزمایش را تا رسیدن به وزن ثابت در دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد خشک کنید .

۵- روش آزمایش :

عمل سرند کردن با حرکات افقی و عمودی بطوریکه مصالح دائماً در سطح الک در حرکت باشند انجام خواهد گرفت . حرکت الک را میتوان بوسیله تکان دهنده مکانیکی و یا با دست ایجاد کرد . در هیچ صورتی نباید مصالح روی یک الک با دست از الک رد شود . برای الک هایی که سوراخ های آنها کوچکتر از $4/75$ میلی متر (شماره ۴) می باشند ، نباید وزن مصالح باقی مانده روی الک بیش از 7 kg/m^2 سطح الک باشد . در مورد الک هایی که سوراخهای آنها $4/75\text{mm}$ (شماره ۴) یا بزرگتر است ، وزن مصالح روی الک برحسب کیلوگرم بر متر مربع باید از $2/5$ برابر اندازه سوراخهای الک برحسب میلی متر بیشتر نباشد . در هر صورتی نباید وزن مصالح موجود در روی الک به اندازه ای باشد که بافت الک دارای تغییر شکل دائمی شود .

عمل سرند کردن باید تا زمانی ادامه دهید که پس از آن به ازای هر یک دقیقه الک کردن کمتر از یک درصد وزن مصالح باقی مانده روی هر الک از آن عبور کند . برای تکان دادن الک ها به صورت جداگانه باید زیر الک را در یک تاوه قرار داد و سر آن را با درپوش پوشانید و به حالت کمی شیبدار در یک دست نگه داشت . الک را با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه تکان دهید و در هر ۲۵ مرتبه تکان دادن الک آن را به اندازه یک ششم دور بگردانید . در مورد الکهای بزرگتر از $4/75$ میلی متر باید الک کردن تا آنجایی ادامه یابد که فقط یک لایه از دانه ها برروی الک باقی بماند .

پس از پایان سرند کردن به روش مکانیکی وزن مصالح مانده روی هر الک با دقت $0/1$ درصد وزن نمونه خشک اولیه تعیین کنید . وزن کل مصالح باید پس از الک کردن با وزن اولیه نمونه کنترل شود و در صورتی که اختلاف آن بیش از

۰/۳ باشد نتایج قابل قبول نیست . اگر نمونه قبلاً به روش ASTM C117 آزمایش شده است مصالح ریزتر از الک ۷۵ میکرون (شماره ۲۰۰) را که به صورت خشک از این الک عبور داده شده است به وزن نمونه اضافه کنید .

۶- محاسبه :

درصدهای عبور کرده ، درصدهای کل باقی مانده یا درصد دانه ها با اندازه های مختلف را با دقت ۰/۱ درصد بر اساس وزن کل نمونه خشک اولیه محاسبه کنید . اگر همین نمونه آزمایش ابتدا براساس روش ASTM C117 مورد آزمایش قرار گرفته و بوسیله شستن دانه های ریزتر از ۷۵ میکرون از آن جدا شده بود ، برای محاسبه درصدهای مصالح از وزن خشک کردن مصالح (شامل دانه های ریزتر از ۷۵ میکرون) بعنوان مبنای محاسبات استفاده می شود (

نتایج دانه بندی روی برگ آزمایش بصورت زیر محاسبه و گزارش میشود :

$$\text{درصد مانده روی هر الک} = \frac{\text{وزن خاک مانده}}{\text{وزن کل نمونه}} * 100$$

$$\text{درصد مانده روی هر الک} = 100 - \text{درصد رد شده از هر الک}$$

درصد ها بصورت نزدیکترین عدد کامل گزارش شوند . چنانچه وزن نمونه انتخاب شده در قسمت دوم و سوم جزئی از وزن کل نمونه قسمت اول باشد باید مانده روی هر یک از الکها در دو قسمت فوق الذکر به کل نمونه سنجیده شود طبق رابطه زیر :

$$\text{درصد عبوری هر یک از الکها در قسمت ۲ و ۱} * \text{درصد} = \frac{\text{عبوری آخرین قسمت اول}}{100} = \text{درصد عبوری نسبت به کل نمونه}$$

ضریب نرمی : در صورتی که لازم باشد ضریب نرمی را با جمع کردن کل درصد مصالح مانده روی الکهای زیر (درصدهای تجمعی مانده) و تقسیم آن به ۱۰۰ ، بدست آورید . الکهای شماره ۱۰۰ ، ۵۰ ، ۳۰ ، ۱۶ ، ۸ ، ۴ ، $\frac{3}{18}$ اینچ ،

$$\frac{3}{4} \text{ اینچ و } \frac{1}{2} \text{ اینچ و بزرگتر با افزایش نسبت ۲ به ۱ برای اندازه الکها}$$

۷- گزارش :

گزارش با توجه به موارد مورد نیاز آزمایش باید موارد ذیل در آن قید شده باشد .

۱- درصد کل مصالح عبور کرده از هر الک

۲- درصد کل مصالح باقی مانده روی هر الک

۳- درصد مصالح باقی مانده بین الک های متوالی

۴- درصدها باید به صورت یک عدد صحیح گزارش شوند ، به استثنای درصدهای عبور کرده از الک ۷۵ میکرون (الک شماره ۲۰۰) که اگر کوچکتر از ۱۰ درصد باشد باید با دقت ۰/۱ درصد گزارش شود .

۵- ضریب نرمی را در صورتی که لازم باشد با دقت ۰/۱ گزارش کنید .

در نمایش پراکندگی دانه ها روی جداول دانه بندی می توانیم اندازه قطر کلیه دانه ها از درشت ترین (۴ اینچ) تا الک شماره ۲۰۰ (۰/۰۷۴ م.م) را روی محور افقی بصورت لگاریتمی و درصد دانه های رد شده از الک مزبور را روی محور عمودی جدول رسم کنیم. بدین ترتیب کلیه نقاط مربوط به قطر دانه های مختلف که بهم وصل شوند منحنی را نشان می دهد بنام منحنی دانه بندی که معرف خاک مورد آزمایش است. شکل ۳- منحنی دانه بندی را نشان می دهد. ترسیم منحنی دانه بندی روی سیستم مختصات نیمه لگاریتمی دارای مزایای زیادی به شرح زیر است:

گزارش دانه بندی و طبقه بندی خاک

= LL

= PI

NONPI

طبقه بندی خاک :

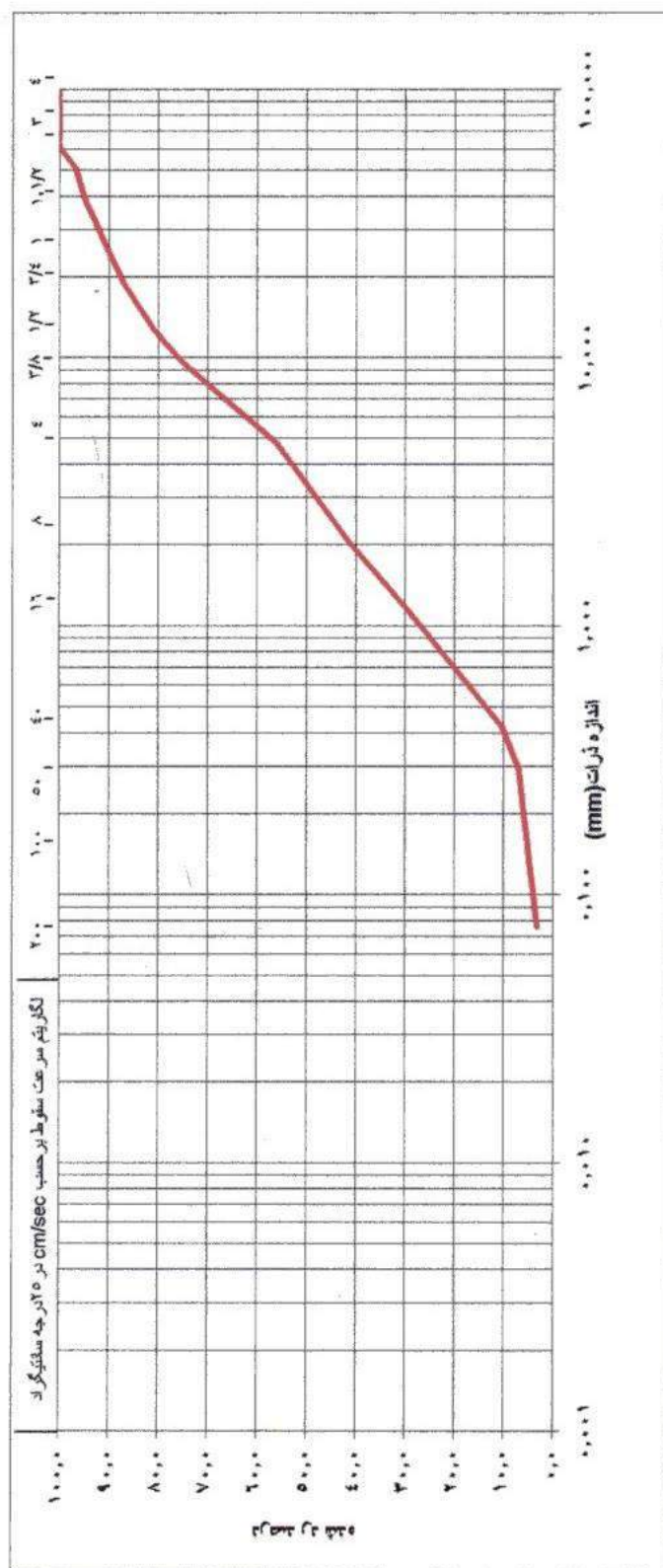
شماره کار :

پروژه :

شماره نمونه

شماره گدازه :

صق نمونه :



UNIFIED AASHTO	ریم	کلی و ریم		ماسه		شن		کلوسه سنگی
		کلی	ریم	ماسه	ماسه	شن	شن	

شکل ۳- نمودار دانه بندی

اولا : مقیاس در مورد ذرات کوچک و خیلی کوچک و سیعتر شده و لذا توزیع ذرات خیلی ریزدانه را به نحو بهتری میتوان نشان داد . چنانچه منحنی دانه بندی خاک را که در سیستم مختصات نیمه لگاریتمی رسم شده در روی یک محور مختصات حسابی رسم کنیم ذرات ریز و خیلی ریز بخوبی قابل مشاهده نیستند . ثانیا ترسیم منحنی در سیستم نیمه لگاریتمی مقایسه دانه بندی دو خاک به اندازه متفاوت را خیلی آسانتر می سازد . در سیستم مختصات لگاریتمی خاکهایی که دارای دانه بندی مشابه هستند با منحنی های موازی مشخص میشوند .

• نتایج قابل استخراج از یک منحنی دانه بندی :

اگر منحنی با شیب تند بدست آید نشان میدهد که دانه های موجود در خاک همه تقریبا دارای یک اندازه هستند خاک را با دانه های یک اندازه یا یکنواخت مینامند . اگر منحنی با شیب ملایم باشد نشان دهنده پراکندگی زیاد در دانه های خاک است . بعبارت دیگر دانه های با اندازه های مختلف از درشت و ریز در خاک وجود داشته خاک را با دانه بندی خوب توصیف می کنند . تفسیرهای عملی زیادی از منحنی دانه بندی می شود که مورد مصرف آزمایشگاهی ندارند . مانند اندازه موثر که دلالت بر اندازه دانه هایی میکند که به مقدار ۱۰ درصد در مخلوط وجود دارند و به D_{10} یا D_e نشان میدهند . اندازه موثر عامل بسیار مهمی است جهت تعیین نفوذ پذیری در جاهائیکه مسایل زهکشی باید مورد توجه قرار گیرد . از آنجائیکه درجه دانه بندی خاک بستگی به شیب منحنی دانه بندی دارد . اندازه ۶۰ درصد ذرات یعنی D_{60} (۶۰ درصد وزنی خاک کوچکتر از این اندازه اند) را به اندازه موثر ذرات D_{10} تقسیم میکنیم که بیان کننده شیب منحنی دانه بندی است و این نسبت را ضریب یکنواختی مینامند که طبق تعریف برابر است با :

$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

ضریب یکنواختی خاکهای کاملا یکنواخت معادل یک است و در مورد خاکهای دانه بندی شده غیر یکنواخت این ضریب بزرگتر از یک است و با بهتر شدن دانه بندی این عدد از یک دورتر و بیشتر خواهد شد . طبق طبقه بندی یونیفاید ضریب یکنواختی بزرگتر از ۴ برای شن با دانه بندی خوب در نظر گرفته شده و در مورد ماسه ضریب یکنواختی بزرگتر از ۶ است . ضریب دیگری که در دانه بندی معمول است ضریب انحنا است که از رابطه زیر بدست می آید .

$$D_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

ضریب انحنا در مورد شن با دانه بندی خوب و ماسه با دانه بندی خوب بین ۱ تا ۳ گزارش میشود . موارد استفاده دیگر دانه بندی در طرح بتن و آسفالت است . شن و ماسه ای که خوب دانه بندی شده باشد دارای فضای خالی کمتری بوده و در نتیجه سیمان کمتر مصرف میشود و از نفوذپذیری آن کاسته میشود . بعلاوه مقاومت در مقابل هوازگی افزایش می یابد . همینطور در مورد آسفالت شن و ماسه با دانه بندی خوب به قیر کمتر نیاز دارد لذا از وارفتن مخلوط آسفالت جلوگیری و از خزش آن تحت تاثیر بارهای وارده می کاهد .

روش آزمایش مصالح ریزتر از الک نمرة ۲۰۰ (۷۵ میکرومتر)

Materials Finer Than NO-200 Sieve in Mineral Aggve Gates by Washing
ASTM : C117-AASHTO:T11

بازگشت

۱- هدف :

این روش آزمایش تعیین مقدار مصالح ریزتر از ۷۵ میکرومتر (الک نمرة ۲۰۰) در مصالح با شستشو بیان می کند . ذرات رس و سایر ذرات مصالحی که با آب شستشو تجزیه می شوند و یا از نوع مواد قابل حل در آب هستند ، در طول اجرای آزمایش از مصالح جدا خواهند شد. این آزمایش براساس دو روش انجام می شود. یکی استفاده از آب برای عملیات شستشو و دیگری شامل روش تر نمودن که مصالح ریزتر از الک ۷۵ میکرومتر (الک نمرة ۲۰۰) را از مصالح درشت کاهش می دهد . در صورتی که روش دیگری مشخص نشده باشد ، روش اول (استفاده از آب) باید استفاده شود .

۲- خلاصه روش آزمایش :

نمونه ای از مصالح دانه ای براساس استاندارد شسته می شود و آب شستشوی سرریز حاوی مواد حل شده و ذرات معلق از الک ۷۵ میکرومتری (نمرة ۲۰۰) رد می شود . کاهش وزن ناشی از اصلاح شستشو بصورت درصد وزن نمونه اصلی محاسبه و بعنوان درصد مصالح ریزتر از الک نمرة ۲۰۰ از طریق شستشو گزارش می شود .

۳- اهمیت و مورد استفاده :

مصالح ریزتر از الک ۷۵ میکرومتری (نمرة ۲۰۰) را می توان به صورت بهتر و کامل تر از طریق الک خیس کردن از دانه های درشت تر جدا کرد تا با استفاده از الک خشک . از این رو وقتی محاسبه دقیق مصالح دانه ای ریزتر از ۷۵ میکرومتر در داخل مصالح دانه ای ریز یا درشت مورد نظر باشد ، این روش روی نمونه قبل از استفاده از الک خشک با استفاده از استاندارد ASTM C136 اعمال می شود . نتایج این آزمایش در محاسبات روش ASTM C136 منظور می شود و مقدار کل مصالح دانه ای ریزتر از ۷۵ میکرومتر با شستشو بعلاوه با بدست آمده با الک کردن خشک از همان نمونه محاسبه می شود و با نتایج روش ASTM C136 گزارش می شود . معمولاً مقدار اضافی مصالح ریزتر از الک ۷۵ میکرومتر بدست آمده از روش الک خشک مقدار جزیی میباشد . چنانچه مقدار حاصله زیاد باشد می توان آزمایش را دوباره تکرار کرد و یا دلیل دیگر آن این است که مصالح دانه ای تجزیه و خرد شده اند .

۴- وسایل و مصالح آزمایش :

۴-۱- ترازو : ترازو با دقت و تقسیمات ۰/۱ گرم یا ۰/۱٪ بار آزمایش هر کدام که بیشتر بودند در مقیاس و محدوده مورد استفاده .

۴-۲- الکها : یک مجموعه الک دوتایی الک زیرین الک ۷۵ میکرومتری (نمرة ۲۰۰) و بالایی ۱/۱۸ میلیمتر (نمرة ۱۶) که هر دو واجد شرایط مشخصات ASTM E11 باشند .

۴-۳- ظرف : یک سینی یا بشقاب یا ظرف مشابه با اندازه کافی برای قراردادن نمونه پوشیده شده با آب و اینکه بتوان نمونه را در آن بشدت بهم زد بدون آنکه افت مصالح یا آب روی بدهد .

۴-۴- اون (گرمخانه) : یک اون با اندازه کافی و ظرفیت نگهداری درجه حرارت ۱۱۰±۵ درجه سانتیگراد .

۴-۵- معرف جداساز : هر معرف جداسازی نظیر شوینده های مایع ظرف که جداسازی مصالح ریز را تسریع می بخشد .

نکته ۱- استفاده از دستگاه مکانیکی برای عملیات شستشو منع نمی شود مشروط بر اینکه نتایج همان باشد که با عملیات دستی بدست می آید . استفاده بعضی از تجهیزات شستشوی مکانیکی در بعضی از نمونه ها ممکن است موجب خرد شدن نمونه گردد .

۵-نمونه گیری :

نمونه مصالح دانه ای را بر اساس استاندارد ASTM D75 اخذ کرده ، چنانچه همان نمونه قرار باشد برای آزمایش الک مطابق روش ASTM C136 مورد استفاده قرار بگیرد ، مطابق با شرایط آن روش تهیه می گردد. نمونه مصالح دانه ای مورد آزمایش را خوب باید مخلوط کنید و به مقدار لازم انجام آزمایش و با استفاده از روش های تصریح شده در استاندارد ASTM C702 کاهش دهید . چنانچه قرار باشد همین نمونه بر طبق روش ASTM C136 آزمایش شود حداقل جرم باید به مقدار مشروحه در بخشهای مربوطه آن روش باشد . در غیر این صورت جرم نمونه آزمایشی پس از خشک کردن مطابق با جدول زیر می باشد . نمونه آزمایش ، نتیجه نهایی کاهش خواهد بود . کاهش تا جرم دقیق از پیش تعیین شده مجاز نمی باشد .

حداکثر اندازه اسمی	جرم حداقل (gr)
۲/۳۶۶ میلی متر (نمره ۸)	۱۰۰
۴/۷۵ میلی متر (نمره ۴)	۵۰۰
۹/۵ میلی متر ($\frac{3}{8}$ اینچ)	۱۰۰۰
۱۹ میلی متر ($\frac{3}{4}$ اینچ)	۲۵۰۰
۳۷/۵ میلی متر ($1\frac{1}{2}$ اینچ یا بزرگتر)	۵۰۰۰

۶- انتخاب روش : روش A استفاده می شود ، مگر اینکه روش دیگری برای مشخص کردن با نتایج آزمایشی که باید مقایسه شود یا وقتی که توسط کارفرمایی که کار برای او انجام می شود مد نظر باشد .

۷- روش شستشو با آب خالص (روش A) :

نمونه آزمایشی را تا جرم ثابت در دمای 5 ± 11 درجه سانتیگراد خشک کنید سپس جرم آن را با تقریب $1/0\%$ جرم نمونه آزمایشی وزن کنید .

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 مورد نظر جدا کنید و جرم مصالح رد شده از الک طرح را بادقت $1/0\%$ جرم این بخش نمونه آزمایشی تعیین کنید . این جرم را به عنوان جرم خشک اولیه نمونه آزمایشی مورد استفاده قرار دهید .

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 ریز تر از ۷۵ میکرومتر (الک نمره ۲۰۰) از دانه های درشت جدا شوند و مصالح ریز به حالت 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 سپس 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 .

نکته ۲- اگر تجهیزات شستشوی مکانیکی مورد استفاده قرار می گیرد . آب ریختن ، بهم زدن و صاف کردن ممکن است بطور پیوسته انجام گیرد .

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 110 ± 5 درجه سانتیگراد خشک کنید و جرم آن را با تقریب 0.1% وزن اولیه نمونه تعیین کنید .

نکته ۳- در هنگام 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 (نمره ۲۰۰) بگذرد تا از هدر رفتن مصالح جلوگیری شود . آب اضافی از برگرداندن باید از نمونه طی عملیات خشک کردن تبخیر شود .

۸-روش شستن با استفاده از یک معرف (روش B) :

ابتدا نمونه را مطابق با روش A آماده کنید سپس 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 . نمونه را با شدت بهم بزنید تا همه دانه ای ریزتر از ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) از دانه های درشت جدا شوند و مصالح ریز به صورت معلق درآیند . بلافاصله آب شستشو را که حاوی مواد حل شده و معلق می باشد را روی الکهای دوتایی بریزید الکهای 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 .

نکته ۴- ماده معرف باید بمقدار کافی باشد که وقتی نمونه هم زده شده کمی کف تولید شود . مقدار آن به سختی آب و مقدار پاک کننده بستگی دارد . کفهای اضافی ممکن است از الک جاری شود و مقداری مصالح را نیز با خود ببرد . دوباره به نمونه در ظرف آب (همراه با ماده معرف) اضافه کنید به هم بزنید و این عمل را تا زمانی که آب زلال و صاف شود تکرار کنید و سپس همانطور براساس روش شستشو با آب خالص (روش A) آزمایش را تکمیل کنید .

۹- محاسبه : مقدار مصالح گذشته از الک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) به روش شستشو را براساس رابطه 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 .

C = جرم خشک نمونه بعد از شستشو به گرم .

۱۰- گزارش : اطلاعات زیر را در پایان آزمایش باید گزارش کرد .

درصد مصالح ریز ازالک ۷۵ میکرومتر (نمره ۲۰۰) از طریق شستشو را تا تقریب ۱/۰٪ گزارش کنید . مگر آنکه ۱۰٪ یا بیشتر باشد که درصد را به نزدیکترین عدد کل گزارش کنید . سپس شرحی از روش مورد استفاده بیان شود .

استاندارد دانه بندی هیدرومتری

Hydrometer Analysis

ASTM D 422-AASHTO- T88

بازگشت

هدف: در این روش نحوه توزیع ذرات خاک با اندازه های متفاوت مورد بررسی قرار می گیرد. توزیع ذرات بزرگتر از ۰/۰۷۵ میلیمتر (باقیمانده بر الک شماره ۲۰۰) به روش الک کردن و توزیع ذرات کوچکتر از ۰/۰۷۵ میلی متر به روش ته نشینی با استفاده از هیدرومتر استاندارد تعیین می گردد.

در قسمت دانه ریز خاک مثل لای و رس و ماسه خیلی ریزدانه برای اندازه گیری قطر دانه ها از روش هیدرومتری استفاده می شود. این آزمایش بر اساس اندازه گیری وزن مخصوص دانه های خاک معلق در آب می باشد که با گذشت زمان به تدریج دانه ها رسوب می کنند و از وزن مخصوص مایع کاسته می شود لذا میزان کاهش وزن مخصوص مبنای محاسبه مقدار و اندازه ذرات معلق در آب می باشد.

طریقه محاسبه بر اساس قانون یا معادله استوک می باشد که در آن ذرات کروی در یک مایع با لزجت مشخص با سرعت معینی بحالت آزاد سقوط میکنند. عملاً این قانون کاملاً صادق نیست زیرا دانه های خاک همه کروی نیستند و در حقیقت بیشتر آنها پهن یا دراز هستند. بطور کلی تاکنون تنها روش عملی است که می توان به کمک آن قطر ذرات ریزدانه های خاک را تعیین کرد و مورد مصرف بسیاری دارد.

۱- وسایل مورد نیاز:

۱-۱- ترازو: ترازویی با حساسیت ۰/۰۱ گرم جهت وزن نمونه خاک رد شده از الک شماره ۱۰ (۲ میلیمتر) یا الک شماره ۴۰ (۰/۴۲۵ میلیمتر) برای نمونه های با وزن بیشتر حساسیت ترازو می تواند تا ۰/۱ درصد وزن کل نمونه باشد.

۲-۱- دستگاه بهم زن:

الف - دستگاه بهم زن با سرعت زیاد: این دستگاه که بوسیله موتور الکتریکی کار میکند، موتور، میله بهم زن و پره نوک آن را با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه بدون اینکه در محلول قرار گیرد می چرخاند. محور موتور دارای پروانه قابل تعویض از جنس فلز، پلاستیک و یا لاستیک سخت می باشد. طول محور به گونه ای انتخاب شده است که پروانه به هنگام چرخش در فاصله ۱۹ الی ۲۸ میلیمتری از کف جام حرکت کند. شکل (۱) دستگاه بهم زن با موتور الکتریکی را نشان می دهد.



شکل ۱ - دستگاه بهم زن با موتور الکتریکی

ب - دستگاه بهم زن با فشار هوا : این دستگاه که با فشار هوا کار می کند ، فشار هوا از زیر دستگاه به مخلوط نمونه و آب وارد شده و آنرا بهم می زند . این دستگاه توسط Chu ساخته شده است .

۱-۳- چگالی سنج یا هیدرومتر : چگالی سنج دقیقا به شکل و اندازه ای که در شکل ۲ نشان داده شده ساخته شده است . چگالی سنج قالب شیشه ای است که در انتها دارای حباب بیضوی شکل می باشد . قطر ساقه آن بسته به نوع چگالی سنج مختلف بوده و متناسب با مقیاس آن می باشد . در هر صورت ساقه چگالی سنج در طول ، قطری یک اندازه دارد . چگالی سنج بر دو نوع 152H هیدرومتری نوع الف ، 151H هیدرومتری نوع ب که بر حسب دو مقیاس درجه بندی شده اند . چگالی سنج 152H بر حسب گرم در لیتر خاک یا گرم در ۱۰۰۰ سانتیمتر مکعب خاک (به شرطی که بیش از ۶۰ گرم خاک درمحل وجود نداشته باشد و وزن مخصوص آن ۲/۶۵ باشد) و از ۵+ تا ۶۰+ درجه بندی شده است . با تصور اینکه آب خالص (آب مقطر) دارای وزن مخصوص ۱ و در ۲۰ درجه سانتیگراد انجام شود . چگالی سنج 151H بر حسب وزن مخصوص ذرات معلق در آب و از ۹۹۵/۰ تا ۱/۰۳۸ گرم بر سانتیمتر مکعب درجه بندی شده است . این نوع درجه بندی نیز بر مبنای وزن مخصوص آب خالص برابر ۱ در ۲۰ درجه سانتیگراد حرارت می باشد . شکل (۲) انواع مختلف چگالی سنج را نشان می دهد .



شکل ۲ - چگالی سنج

هیدرومترها به گونه ای درجه بندی شده اند که مقدار آن باید درست در زیر انحناء سطح آب در کنار جداره هیدرومتر قرائت شود ، عملاً به دلیل وجود ذرات معلق قرائت دقیق بدین گونه مقدور نخواهد بود . در نتیجه درجه در بالای انحناء قرائت شده و ضریب اصلاح مربوطه اعمال شود . جدول (۱) مشخصات استاندارد هیدرومترهای خاک را بر اساس استاندارد ASTM-E100 نشان می دهد .

جدول (۱) مشخصات استاندارد هیدرومترهای خاک طبق ASTM-E100

نوع هیدرومتر	۱۵۲H	۱۵۱H
محدوده مقیاس واقعی	-۵-۶۰ g/l	۰/۹۹۵-۱/۰۳۸ sp.gr.
درجه حرارت استاندارد (°C)	۲۰	۲۰
تقسیم بندی ها	۱ g/l	۰/۰۰۱ sp.gr.
خطوط میانی 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	۱/۰۰۰-۱/۰۳۱ 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 og/l	۲۴۵ ± ۱	۲۴۵ ± ۱
طول کل (mm)	۲۷۸-۲۸۰	۲۷۸-۲۸۰

بر اساس استاندارد فوق ابعاد هر دو هیدرومتر یکسان بوده و تنها تفاوت در نحوه درجه بندی آنها می باشد .

هیدرومترهای مورد استفاده باید دارای چهار مشخصه اصلی زیر باشد :

الف - اساس مقیاس (دانسیته یا گرم در لیتر) .

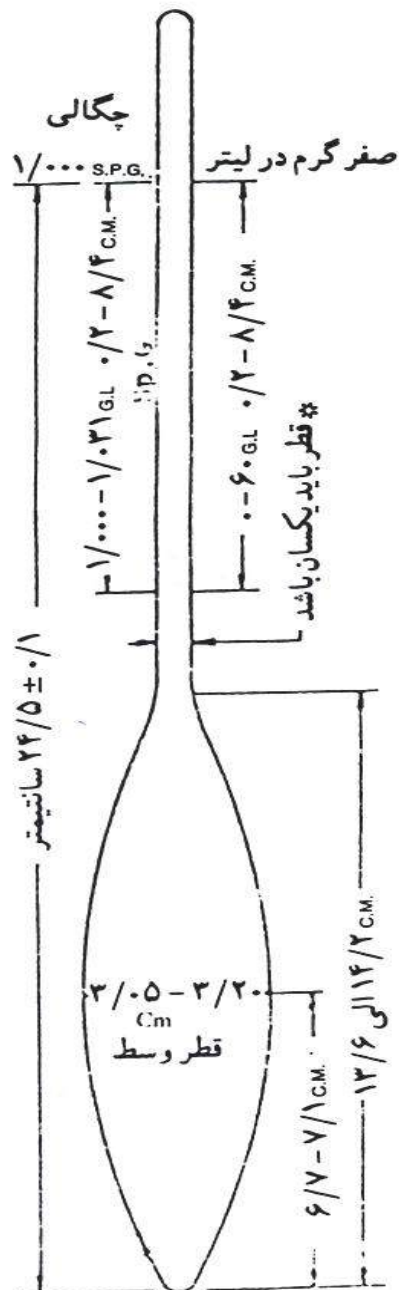
ب- نام و مشخصات سازنده .

ج- شماره مشخصه .

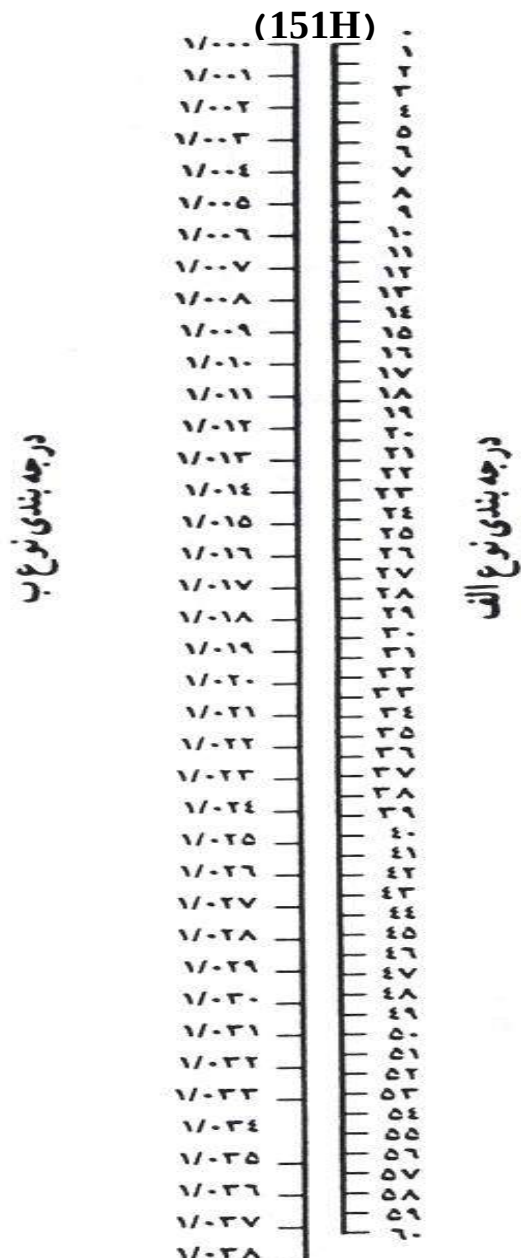
د- شماره استاندارد .

در شکل (۳) مشخصات یک هیدرومتر استاندارد نشان داده شده است و در شکل (۴) اختلاف درجه بندی هیدرومتر نوع (الف) و (ب) نشان داده شده است .

شكل ٣- مشخصات يك
هيدرومتر



شکل ۴- اختلاف درجه بندی
هیدرومتر نوع الف (152H) و نوع ب



با توجه به موارد بالا ، قبل از استفاده از هر نوع هیدرومتر بهتر است مشخصات هندسی و سایر مشخصات آن با استاندارد مربوطه مقایسه شده و پس از کنترل دقیق آن نسبت به انجام آزمایشها مورد استفاده قرار گیرد .

۴-۱- استوانه رسوب گذاری : بر اساس مشخصات استاندارد ASTM-D422 استوانه ای است شیشه ای یا پلاستیکی روشن بطول تقریباً ۴۶۰ میلی لیتر (۱۸ اینچ) و قطر ۶۰ میلیمتر (۲/۱۲ اینچ) با ظرفیت ۱۰۰۰ میلی لیتر با خطی که بر روی آن رسم شده است . قطر داخلی باید به اندازه ای باشد که خط مشخصه حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر در ارتفاع 360 ± 20 میلیمتر از کف ظرف قرار گیرد .

۵-۱- دماسنج : با دقت ۰/۵ درجه سانتیگراد .

۶-۱- الکها : الکهای مورد نیاز براساس استاندارد و به شماره های ۴۰ و ۱۰ و ۲۰۰ می باشند .

۷-۱- گرمخانه برقی (اون) با کنترل درجه حرارت : دستگاهی است که می توان استوانه های رسوبگذاری را در آن قرار داده و درجه حرارت آن را به میزان مورد نیاز و در طول آزمایش هیدرومتری ثابت نگه داشت (۲۰ درجه سانتیگراد) .

۸-۱- بشر : با ظرفیت ۲۵۰ میلی لیتر .

۹-۱- ظرف نگهداری آب با دمای ثابت : این ظرف برای ثابت نگذاشتن دمای مخلوط دوغاب خاک در طول آزمایش هیدرومتری مورد استفاده قرار می گیرد . توصیه می شود که دمای آب در طول آزمایش ۲۰ درجه سانتیگراد ثابت نگهداشته شود . در مواردی که آزمایش در اتاقی با دمای ثابت انجام شود استفاده از ظرف مذکور مورد نیاز خواهد بود .

۱۰-۱- زمان سنج : با دقت یک ثانیه

۲- ماده جدا ساز : محلول جدا کننده با یکی از چهار ماده شیمیائی که در جدول زیر نشان داده شده است ساخته می شود . ماده جدا ساز هگزا متافسفات سدیم (متافسفات سدیم) در آب مقطر یا آب عاری از مواد معدنی به غلظت ۴۰ گرم در لیتر محلول است . آب مصرفی باید دارای دمای تقریبی معادل دمای آزمایش باشد .

نام ماده جدا کننده	گرم در لیتر	فرمول شیمیائی
سدیم هگزا متا فسفات	۴۵/۷	NaPO_3 or $(\text{NaPO}_3)_6$
سدیم پلی فسفات	۲۱/۹	$\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$
سدیم تری پلی فسفات	۱۸/۸	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$
سدیم تترا فسفات	۳۵/۱	$\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$

مواد جدا کننده جهت جدا کردن دانه ها از هم از نظر چسبندگی و یا خنثی کردن بارهای الکتریکی ذرات کوچک به کار می رود . از مهمترین مواد جدا کننده هگزا متا فسفات یا سدیم متا فسفات و دیگری سیلیکات سدیم است . محلول به مقدار مورد نیاز برای استفاده در یک ماه تهیه شود و PH آن بین ۸ تا ۹ باشد . اگر زمان تهیه محلول بیش از یک ماه باشد ، باید PH آن کنترل شده و در صورت پایین آمدن آن با استفاده از کربنات سدیم اصلاح شود .

۳- تهیه نمونه :

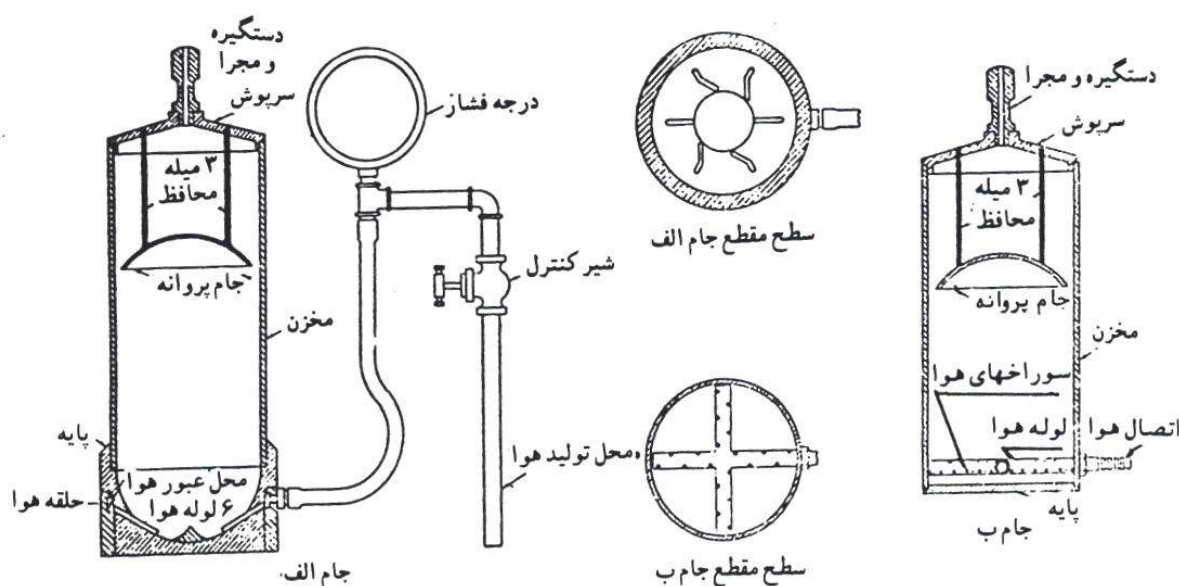
از آنجایی که تعیین اندازه قطر دانه ها در آزمایش هیدرومتری به دنبال آزمایش تجزیه مکانیکی و در نتیجه تکمیل شکل منحنی دانه بندی است ، لذا وزن نمونه انتخاب شده جهت آزمایش هیدرومتری باید نسبت به وزن نمونه انتخاب شده در تجزیه مکانیکی سنجیده Whole شود . از این رو نمونه برداری طبق روش AASHTO – T87 برای نمونه خشک و AASHTO – T146 برای نمونه تر بکار می رود که روشها و مقدار آن در بخش دانه بندی شرح داده شده است . از نظر وزنی اندازه دانه هایی که از الک نمره ۱۰ یا الک نمره ۴۰ عبور کرده شامل موارد ذیل است .

الف : جهت آزمایش هیدرومتری تقریباً ۱۰۰ گرم برای خاکهای ماسه ای و ۵۰ گرم برای خاکهای لای و رسی انتخاب می شود .

ب : تعیین رطوبت : جهت تعیین درصد رطوبت حداقل ۱۰ الی ۱۵ گرم وزن نمونه ها در قوطی شیشه ای و یا فلزی قرار داده شده و پس از خشک و ثابت شدن وزن در گرمخانه تحت دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد بار دیگر توزین و سپس وزنهای بدست آمده یادداشت می شود . در هر حال باید با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شوند .

۴- جداسازی ذرات خاک با محلول :

الف - به کمک دستگاه هم زن برقی : تقریباً ۵۰ تا ۱۰۰ گرم نمونه برای آزمایش هیدرومتری وزن کرده و در کاسه ۲۵۰ میلی لیتری بریزید و اگر خاک دارای مواد آلی است جهت از بین بردن آن مقدار ۱۰۰ میلی لیتر محلول ۶ درصد هیدروژن پراکسید به نمونه اضافه کنید . پس از مدتی وقتی که هیچ گونه گازی خارج نشد به محلول اسید کلریدیک ۰/۲ نرمال اضافه کنید . اسید کلریدیک ترکیبات کلسیم که به صورت سیمان کربنات کلسیم ذرات خاک را به هم چسبانده حل نموده و دانه های خاک را از هم جدا می کند . آنگاه ۱۲۵ میلی لیتر محلول ۴ درصد نرمال (یکی از محلولهای جدا سازنده بسته به نوع خاک) به آن اضافه کنید . مخلوط را با میله شیشه ای خوب به هم زده و به مدت ۱۲ ساعت در جای خود بگذارید تا خیس بخورد . در مورد خاکهای ماسه ای در زمان کوتاه ۱ ساعت و خاکهای رسی زمان خیلی زیادتری جهت جداسدن و خنثی شدن نیاز دارند ، پس از زمان لازم خیس خوردن محتویات کاسه را داخل ظرف مخلوط کن برقی بریزید و آنقدر آب مقطر اضافه کنید تا نصف بیشتر ظرف پر شود . دستگاه هم زن برقی را بکار انداخته تا مدت ۶۰ ثانیه مخلوط را بهم زند . بنا به پیشنهاد (Bowls) عمل بهم زدن برای خاکهای دانه ای ۱ دقیقه و برای خاکهای چسبنده که نیاز به خیس خوردن تا ۱۲ ساعت دارند ۳ تا ۵ دقیقه کافی می باشد .



شکل (۵) جزئیات دستگاه بهم زن با فشار هوا

ب - به کمک دستگاه بهم زن با فشار هوا : مانند روش قبل تقریباً ۵۰ تا ۱۰۰ گرم نمونه برای آزمایش وزن کرده و در کاسه ۲۵۰ میلی لیتری بریزید ، سپس ۱۲۵ میلی لیتر محلول جدا کننده به آن اضافه کنید ، مخلوط را با میله شیشه ای خوب بهم زده و به مدت ۱۲ ساعت در جای خود بگذارید تا خیس بخورد . دستگاه بهم زن با فشار هوا را بدون سرپوش سوار کنید . درجه کنترل فشار تا وقتی که فشار سنج مقدار فشار ۶/۹ کیلو پاسکال را نشان می دهد باز نگاه دارید . این

فشار اولیه برای آنست که وقتی خاک در ظرف دستگاه بهم زن ریخته می شود از مسدود شدن مجرای فشار هوا جلوگیری شود. پس از آنکه دستگاه تنظیم شد، مخلوط آب و خاک بداخل ظرف دستگاه بهم زن ریخته می شود به کمک آفشان کلیه ذرات خاک باید شسته و بداخل ظرف ریخته شود. حجم مخلوط آب و خاک در ظرف بهم زن بیش از ۲۵۰ میلی لیتر نخواهد شد. سرپوش شامل صفحه بهم زن را روی ظرف بهم زن گذارده و دریچه فشار هوا را باز کنید تا فشار سنج مقدار فشار ۱۵۲ کیلو پاسکال را نشان دهد. پس از آنکه مرحله بهم زدن تمام شد، دریچه فشار هوا را بسته تا اینکه فشار سنج اولیه ۶۹ کیلو پاسکال را نشان دهد. آنگاه سرپوش را برداشته و ذراتی که زیر سرپوش چسبیده اند به کمک آفشان بداخل ظرف بشوئید. با هر دو روش ذکر شده اگر ضریب خمیری خاک مشخص شده باشد تجربه نشان می دهد که بهتر است خاکهای با ضریب خمیری (PI) برابر با ۵ یا کمتر به مدت ۵ دقیقه، خاکهای با ضریب خمیری بین ۶ تا ۲۰ به مدت ۱۰ دقیقه و خاکهای با ضریب خمیری بیشتر از ۲۰ به مدت ۱۵ دقیقه مخلوط شوند. خاکهای با درصد زیاد میکا لازم است فقط به مدت ۱ دقیقه بهم زده شوند. پس از خاتمه عمل هم زدن به منظور انتقال مواد به استوانه ته نشینی فشار هوا به مقدار اولیه ۷ کیلو پاسکال باز گردانده شود. شکل (۵) دستگاه بهم زن با فشار هوا را نشان می دهد.

۵- قرائت چگالی سنجها :

پس از آنکه مخلوط آب و خاک به داخل استوانه مدرج رسوبگذاری منتقل شد، با آب مقطر که درجه حرارت آن برابر درجه حرارت ثابت حمام آب گرم می باشد، حجم مخلوط را به ۱۰۰۰ میلی لیتر برسانید سپس استوانه را در داخل حمام آب گرم قرارداده تا درجه حرارت ذرات معلق نیز به درجه حرارت حمام برسد. وقتی درجه حرارت به حالت تعادل رسید آن را بیرون آورده و به مدت یک دقیقه به خوبی تکان دهید. برای این کار از کف دست یا یک درپوش لاستیکی برای پوشاندن درب استوانه استفاده کنید. پس از اینکه محتویات استوانه خوب تکان داده و مخلوط شد، استوانه را مجدداً در حمام و یا اتاق با درجه حرارت ثابت قرار دهید و در همان لحظه زمان را یادداشت نموده، کرنومتر را بکار اندازید. بلافاصله چگالی سنج را به آرامی وارد محلول کنید و درجه چگالی سنج را درست در بالای محلی که آب به ساقه چگالی سنج چسبیده و تشکیل حلقه ای را می دهد بخوانید. تعداد دفعات واژگون و برگرداندن استوانه باید تقریباً ۶۰ بار در دقیقه باشد تا کلیه ذرات ته نشین شده کاملاً معلق شوند. در این شمارش واژگون کردن استوانه و برگرداندن آن به وضعیت اولیه دوبار به حساب می آید. اگر چگالی سنج H ۱۵۲ بکار رود باید با دقت ۰/۵ گرم در لیتر خوانده شود و در صورت استفاده از چگالی سنج H ۱۵۱ با دقت تا ۰/۰۰۵ و وزن مخصوص خوانده خواهد شد. قرائت های بعدی به فواصل ۰/۵ و ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و ۵ و ۱۵ و ۳۰ و ۶۰ و ۲۵۰ و ۱۴۴۰ دقیقه پس از شروع رسوبگذاری یادداشت خواهند شد. درجات دماسنج را که هر بار فوراً پس از خواندن چگالی سنج در استوانه گذارده میشود یادداشت نمایید. البته اگر درجه حرارت در ۲۰ درجه سانتیگراد ثابت نگه داشته میشود احتیاج به این کار نیست. پس از قرائت، چگالی سنج را با دقت زیاد از محلول خاک و آب بیرون آورید و در استوانه آب تمیز فرو برده و تکان دهید تا تمیز شود. حدود ۲۵ تا ۳۰ ثانیه قبل از هر خواندن، چگالی سنج را از استوانه آب تمیز بیرون بیاورید و به آرامی در محلول خاک فرو برید. بطوریکه قبل از زمان معینی خواندن، به حالت سکون درآمده باشد پس از آن قرائت های چگالی سنج باید تصحیح ترکنندگی و تصحیح حرارتی شوند. خطای ترکنندگی بخاطر چسبندگی آب به ساقه چگالی سنج (Meniscus) بوجود می آید.

چگالی سنج برای قرائت پایین منیسک تنظیم شده ولی از آنجائی که مخلوط مایع کدر می باشد. قرائت پایین منیسک مشکل است. لذا چگالی سنج در بالاترین چسبندگی آب به ساقه قرائت میشود. اگر از چگالی سنج H ۱۵۱ استفاده

میشود برای تصحیح ترکندگی باید محلولی از آب خالص و ماده جدا کننده (با همان غلظتی که در آزمایش هیدرومتری بکار میرود ۱۲۵ میلی لیتر ۴ درصد نرمال) تهیه و در استوانه مقایسه ای بریزید و چگالی سنج را وارد نمائید ، چون محلول زلال است میتوان دو قسمت بالا و پایین منیسک را قرائت کرد (یادآوری می شود که باید درجه حرارت رسوبگذاری و مقایسه ای یکسان باشد). اختلاف دو قرائت بالا و پایین منیسک یا عدد منیسک برای هر آزمایش با شرایط فوق (محلول و درجه حرارت) ثابت می باشد که بعدا در محاسبه به هر عدد قرائت هیدرومتر اضافه میگردد و بدین ترتیب قرائت چگالی سنج تصحیح ترکندگی میگردد . طبق رابطه

$$R_{C1} = R_a + C_m$$

که در آن R_{C1} = قرائت تصحیح شده چگالی سنج

R_a = قرائت انجام شده در محلول آب و خاک

C_m = قرائت بالای منیسک منهای قرائت پایین منیسک در استوانه مقایسه ای است .

قرائت چگالی سنج باید از نظر درجه حرارت و غلظت ماده جدا کننده نیز تصحیح گردد . بدین ترتیب که تصحیح حرارتی با استفاده از جدول مربوطه و تصحیح غلظت با استفاده از مقدار وزن ماده جدا کننده مصرف شده از رابطه زیر بدست می آید :

$$R_{C2} = R_{C1} + C_t + C_d$$

که در آن R_{C2} = قرائت تصحیح شده نهایی چگالی سنج

R_{C1} = قرائت تصحیح شده منیسک

C_t = ضریب تصحیح حرارتی از جدول ۲

C_d = ضریب تصحیح غلظت ماده جدا کننده با استفاده از وزن (w) ماده جدا کننده

جدول ۲- ضریب تصحیح درجه حرارت

درجه حرارت	ضریب تصحیح	درجه حرارت	ضریب تصحیح
15	-1/10	23	+0/70
16	-0/90	24	+1/۰۰
17	-0/70	25	+1/30
18	-0/50	26	+1/65
19	-0/30	27	+2/۰۰
20	-0/۰۰	28	+2/50
21	+0/20	29	+3/05
22	+0/40	30	+3/80

* - یادآوری می شود که در این حال نیز باید درجه حرارت استوانه رسوبگذاری و مقایسه ای یکسان باشد .

اگر از چگالی سنج H 152 استفاده می شود مطابق آنچه که در مورد چگالی سنج H 151 گفته شد بسادگی تصحیح منیسک بدست می آید . برای تصحیح نهائی قرائت چگالی سنج از استوانه مقایسه ای استفاده می شود که در واقع همان تصحیح حرارتی و غلظت ماده جدا کننده می باشد ، مانند آنچه در مورد چگالی سنج H 151 گفته شد . درجات چگالی سنج H 152 از ۵- تا ۶۰+ می باشد . اگر چگالی سنج مذکور را در استوانه محلول آب و ماده جدا کننده قرار دهید قرائت های کمتر از (۰ تا ۵-) با علامت منفی و قرائت های بزرگتر از صفر (۰ تا ۶۰+) با علامت مثبت خوانده می شود (یاد آوری می شود که در این حال نیز باید درجه حرارت استوانه رسوبگذاری و مقایسه ای یکسان باشد) . بنابراین بسته به غلظت محلول تصحیح صفر عبارت است از اختلاف قرائت های منفی یا مثبت از صفر می باشد و تصحیح حرارتی نیز از جدول شماره ۳ و ۴ استفاده می شود لازم به تذکر است که این قرائتها خود بسته به درجه حرارت محلول آب و ماده جدا کننده باید در ضریب تصحیح حرارتی ضرب شوند .

$$R_{C2} = R_a + C_t - \text{تصحیح صفر}$$

اعداد تصحیح صفر و تصحیح منیسک بصورت اعداد ثابت برای چگالی سنج بر روی برگ آزمایش یادداشت می شوند .

جدول ۳ - قرائت مستقیم تصحیح صفر برای چگالی سنج H 151 در استاندارد آشتو در درجه حرارت ها و مصرف جداکننده های مختلف

درجه حرارت به سانتیگراد	تصحیح صفر برای انواع مختلف جداکننده ها			
	$(\text{NaPO}_3)_6$	$\text{Na}_{12}\text{P}_{10}\text{O}_{31}$	$\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	$\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$
	گرم در لیتر	گرم در لیتر	گرم در لیتر	گرم در لیتر
۶۶	-۷/۴	-۳/۵	-۳/۵	-۵/۵
۶۷	-۷/۲	-۳/۳	-۳/۳	-۵/۳
۶۸	-۶/۹	-۳/۱	-۳/۱	-۵/۱
۶۹	-۶/۷	-۲/۹	-۲/۹	-۴/۹
۷۰	-۶/۵	-۲/۷	-۲/۷	-۴/۷
۷۱	-۶/۳	-۲/۶	-۲/۶	-۴/۶
۷۲	-۶/۱	-۲/۴	-۲/۴	-۴/۴
۷۳	-۵/۸	-۲/۲	-۲/۲	-۴/۲
۷۴	-۵/۶	-۲	-۲	-۴
۷۵	-۵/۴	-۱/۸	-۱/۸	-۳/۸
۷۶	-۵/۲	-۱/۶	-۱/۶	-۳/۶
۷۷	-۴/۹	-۱/۴	-۱/۴	-۳/۴
۷۸	-۴/۷	-۱/۲	-۱/۲	-۳/۲
۷۹	-۴/۵	-۱/۱	-۱/۱	-۳
۸۰	-۴/۳	-۰/۹	-۰/۹	-۲/۸
۸۱	-۴/۱	-۰/۷	-۰/۷	-۲/۶
۸۲	-۳/۸	-۰/۵	-۰/۵	-۲/۴
۸۳	-۳/۵	-۰/۳	-۰/۳	-۲/۲
۸۴	-۳/۴	-۰/۱	-۰/۱	-۲/۱
۸۵	-۳/۲	-۰/۱	-۰/۱	-۱/۹

۸۶	-۳	-۰/۲	-۰/۲	-۱/۷
۸۷	-۲/۷	-۰/۴	-۰/۴	-۱/۵
۸۸	-۲/۵	-۰/۶	-۰/۶	-۱/۳
۸۹	-۲/۳	-۰/۸	-۰/۸	-۱/۱
۹۰	-۲/۱	-۱	-۱	-۰/۹
۹۱	-۱/۹	-۱/۲	-۱/۲	-۰/۷
۹۲	-۱/۷	-۱/۴	-۱/۴	-۰/۵
۹۳	-۱/۴	-۱/۶	-۱/۶	-۰/۴
۹۴	-۱/۲	-۱/۸	-۱/۸	-۰/۲
۹۵	-۱	-۲	-۲	-۰/۰
۹۶	-۰/۸	-۲/۱	-۲/۱	-۰/۲
۹۷	-۰/۶	-۲/۳	-۲/۳	-۰/۴

جدول ۴: قرائت مستقیم تصحیح صفر برای چگالی سنج 152H در استاندارد آشتو در درجه حرارت ها و مصرف جداکننده های مختلف

چگالی سنج 151H		چگالی سنج 152H			
قرائت اصلاح شده R _{C1}	طول فرو رفتگی به L,cm	قرائت اصلاح شده R _{C1}	طول فرو رفتگی به L,cm	قرائت اصلاح شده R _{C1}	طول فرو رفتگی به L,cm
۱/۰۰۰	۱۶/۳	۰	۱۶/۳	۳۱	۱۱/۲
۱/۰۰۱	۱۶	۱	۱۶/۱	۳۲	۱۱/۱
۱/۰۰۲	۱۵/۸	۲	۱۶	۳۳	۱۰/۹
۱/۰۰۳	۱۵/۵	۳	۱۵/۸	۳۴	۱۰/۷
۱/۰۰۴	۱۵/۲	۴	۱۵/۶	۳۵	۱۰/۶
۱/۰۰۵	۱۵	۵	۱۵/۵	۳۶	۱۰/۴
۱/۰۰۶	۱۴/۷	۶	۱۵/۳	۳۷	۱۰/۲
۱/۰۰۷	۱۴/۴	۷	۱۵/۲	۳۸	۱۰/۱
۱/۰۰۸	۱۴/۲	۸	۱۵	۳۹	۹/۹
۱/۰۰۹	۱۳/۹	۹	۱۴/۸	۴۰	۹/۷
۱/۰۱۰	۱۳/۷	۱۰	۱۴/۷	۴۱	۹/۶
۱/۰۱۱	۱۳/۴	۱۱	۱۴/۵	۴۲	۹/۴
۱/۰۱۲	۱۳/۱	۱۲	۱۴/۳	۴۳	۹/۲
۱/۰۱۳	۱۲/۹	۱۳	۱۴/۲	۴۴	۹/۱
۱/۰۱۴	۱۲/۶	۱۴	۱۴	۴۵	۸/۹
۱/۰۱۵	۱۲/۳	۱۵	۱۳/۸	۴۶	۸/۸
۱/۰۱۶	۱۲/۱	۱۶	۱۳/۷	۴۷	۸/۶
۱/۰۱۷	۱۱/۸	۱۷	۱۳/۵	۴۸	۸/۴
۱/۰۱۸	۱۱/۵	۱۸	۱۳/۳	۴۹	۸/۳
۱/۰۱۹	۱۱/۳	۱۹	۱۳/۲	۵۰	۸/۱
۱/۰۲۰	۱۱	۲۰	۱۳	۵۱	۷/۹
۱/۰۲۱	۱۰/۷	۲۱	۱۲/۹	۵۲	۷/۸
۱/۰۲۲	۱۰/۵	۲۲	۱۲/۷	۵۳	۷/۶
۱/۰۲۳	۱۰/۲	۲۳	۱۲/۵	۵۴	۷/۴
۱/۰۲۴	۱۰	۲۴	۱۲/۴	۵۵	۷/۳

۱/۰۲۵	۹/۷	۲۵	۱۲/۲	۵۶	۷/۱
۱/۰۲۶	۹/۴	۲۶	۱۲	۵۷	۷
۱/۰۲۷	۹/۲	۲۷	۱۱/۹	۵۸	۶/۸
۱/۰۲۸	۸/۹	۲۸	۱۱/۷	۵۹	۶/۶
۱/۰۲۹	۸/۶	۲۹	۱۱/۵	۶۰	۶/۵
۱/۰۳۰	۸/۴	۳۰	۱۱/۴		
۱/۰۳۱	۸/۱				
۱/۰۳۲	۷/۸				
۱/۰۳۳	۷/۶				
۱/۰۳۴	۷/۳				
۱/۰۳۵	۷				
۱/۰۳۶	۶/۸				
۱/۰۳۷	۶/۵				
۱/۰۳۸	۶/۲				

۶- تعیین طول فرورفتگی چگالی سنج :

با استفاده از قرائت چگالی سنج ، طول فرورفتگی آن L در محلول اندازه گیری می شود . از آنجائیکه که وزن چگالی سنج ثابت است هرچه وزن مخصوص مخلوط مایع کاسته شود (در اثر رسوب دانه ها) چگالی سنج بیشتر در محلول فرو می رود . باید توجه داشت که وزن مخصوص آب با افزایش درجه حرارت کاهش می یابد این امر نیز باعث می شود چگالی سنج بیشتر در آب فرو رود . بنابراین برای استفاده در قانون استوک لازم است که در L در زمانی مثل t بدست آید .

برای پیدا کردن L فواصل ثابت L_2 و متغیر L_1 یعنی فرورفتن چگالی سنج در مایع اندازه گیری میشود . سطح استوانه مدرج رسوبگذاری A ثابت می باشد . چگالی سنج را وارد محلول کرده و از تغییر ارتفاع مایع در استوانه حجم چگالی سنج V_b بر حسب سانتیمتر مکعب اندازه گرفته میشود (حجم ساقه چگالی سنج قابل اغماض است) . $\frac{V_b}{A}$ برابر است با ارتفاع آب بالا آمده در استوانه مدرج .

از طرفی مرکز حجم مایع جابجا شده به اندازه نصف این ارتفاع یعنی $\frac{1}{2} \times \frac{V_b}{A}$ بالا می آید بنابراین مقدار با لا آمدگی قسمت حبابی چگالی سنج برابر است :

$$\frac{1}{2}(L_2 - \frac{V_b}{A})$$

و کل بالا آمدگی چگالی سنج که بر اساس آن قرائت انجام می گیرد . از رابطه

$$L = L_1 + \frac{1}{2}(L_2 - \frac{V_b}{A})$$

که در آن

V_b = حجم هیدرومتر که در آب قرار گرفته است (حجم ساقه قابل اغماض است) .

A = سطح مقطع استوانه رسوبگذاری .

L_1 = فاصله ساقه از بالای قسمت حبابی تا محل قرائت چگالی سنج .

L_2 = طول قسمت حبابی چگالی سنج .

L = ارتفاع فرورفتگی با کل بالا آمدگی چگالی سنج که بر اساس آن قرائت انجام می شود .

با رسم منحنی قرائت چگالی سنج (که مستقیماً بستگی به طول دارد) نسبت به طول L یک منحنی به صورت خط راست بدست می آید . از این رو برای پیدا کردن سه نقطه از منحنی جهت ترسیم آن کافیهست و میتوان طول L را در مقابل هر قرائت تصحیح شده چگالی سنج R_{c1} بدست آورد . البته به جای منحنی میتوان از جداولی که طول فرورفتگی L را در مقابل هر قرائت چگالی سنج با توجه به نوع چگالی سنج ($151 H - 152 H$) نشان می دهد استفاده کرد .

۷- تعیین قطر ذرات معلق خاک :

تجزیه هیدرومتری بستگی بین سرعت سقوط ذرات کروی در مایع ، قطر کره ها ، وزن مخصوص دانه ها و لزجت مایع که تابع قانون استوک می باشد که بصورت رابطه زیر بیان می شود .

$$V = \frac{2(\gamma_s - \gamma_f)}{9\pi} \left(\frac{D}{2}\right)^2$$

که در آن :

V = سرعت سقوط دانه ها بر حسب سانتیمتر بر ثانیه است .

γ_s = وزن مخصوص دانه ها بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب .

γ_f = وزن مخصوص مایع بر حسب گرم بر سانتیمتر مکعب .

A = لزجت مایع بر حسب گرم بر سانتی متر بر ثانیه .

g = شتاب ثقل زمین برابر با ۹۸۰ سانتیمتر بر مجذور ثانیه .

π = لزجت مایع بر حسب گرم بر سانتی متر بر ثانیه .

D = قطر ذره بر حسب سانتی متر .

رابطه فوق را می توان بر حسب اندازه قطر دانه ها به صورت رابطه زیر نوشت :

$$D = \sqrt{\frac{18\eta V}{(\gamma_s - \gamma_f)}}$$

اگر در رابطه فوق وزن مخصوص خاک و آب را بر حسب چگالی ذرات خاک و آب و بر حسب میلیمتر در نظر گرفته و معادله ابعادی آن را بنویسیم خواهیم داشت .

$$D = \sqrt{\frac{30\eta}{980(G_s - G_w)}} \times \left(\frac{L}{t}\right)$$

بدین ترتیب حداکثر قطر ذرات معلق که درصد های مربوطه آنان با درجات چگالی سنج تعیین می گردد به صورت زیر است .

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}}$$

که در آن برای سهولت مقدار $\frac{30\eta}{980(G_s - G_f)}$ به K نشان داده شده است که K ضریبی است که به T (جدول ۵) بستگی دارد. G_w و η مقادیر مختلف K در جدول زیر نشان داده شده است. T زمان و L طول فرورفتگی چگالی سنج در مایع می باشد. جدول ۷- تصحیح صفر برای انواع مختلف جداکننده ها می باشد.

جدول ۵ مقادیر مختلف K بر حسب درجه حرارت و چگالی ذرات جامد خاک

دما	چگالی ذرات جامد خاک (G_s)								
(°C)	۲/۴۵	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	۰/۰۱۳۵۳	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	۰/۰۱۲۸۳	۰/۰۱۲۶۴	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

۸- تعیین درصد ذرات خاک معلق :

درصد ذرات معلق مستقیماً به وسیله چگالی سنج 152H خوانده می شود. در صورتیکه چگالی خاک برابر ۲/۶۵ و چگالی آب برابر ۱ و درجه حرارت حدود ۲۰ درجه سانتیگراد ثابت باشد در غیر اینصورت یعنی درجاتی از چگالی سنج 151H و 152 H که در حرارتی غیر از ۲۰ درجه خوانده می شوند و با توجه به نوع ماده جداکننده مصرف شده و با بکار بردن ضرایب تصحیح حرارتی با توجه به قرائت های تصحیح شده و RC_2 درصد دانه های معلق خاک برای چگالی سنج 151H از رابطه (I) و برای چگالی سنج 152H از رابطه (II) بدست می آید :

$$\%p = \frac{1606(R_c - 1)}{W} a \times 100 \quad \text{رابطه I:}$$

$$\%p = \frac{(R_c \times a)}{W} \times 100 \quad \text{رابطه II:}$$

در صورتی که چگالی خاک برابر ۲/۶۵ نباشد برای تعیین درصد ذرات خاک از ضریب تصحیح حرارتی که در جدول زیر (جدول ۶) می باشد، استفاده می شود. رابطه زیر چگونگی محاسبه آن می باشد.

$$a = \frac{2.65 - 1.00}{2.65} \times \frac{G_s}{G_s - 1.00}$$

که در آن :

G_s = چگالی ذرات خاک می باشد . باید دقت شود a ضریبی نزدیک به وزن مخصوص خاک تحت آزمایش انتخاب می شود . مقادیر مختلف a در جدول زیر نشان داده شده است .

وزن مخصوص	ضریب C_t
۲/۹۵	۰/۹۴
۲/۸۵	۰/۹۶
۲/۸۰	۰/۹۷
۲/۷۵	۰/۹۸
۲/۷۰	۰/۹۹
۲/۶۵	۱
۲/۶۰	۱/۰۱
۲/۵۵	۱/۰۲
۲/۵۰	۱/۰۴
۲/۴۵	۱/۰۵
۲/۳۵	۱/۰۸

جدول ۶ مقادیر مختلف a برای وزن مخصوصهای مختلف

۹- منحنی (نمودار) در صورت انجام آزمایش هیدرومتری نتایج به صورت منحنی ترسیم می شود. برای رسم منحنی قطر ذرات روی محور طولها که به صورت لگاریتمی است و درصد ذرات عبوری روی محور عرضها که به صورت ساده است ، منتقل می شود . در صورتی که روش هیدرومتری انجام نشده باشد رسم منحنی اختیاری است زیرا کلیه اطلاعات از جدول گزارش دانه بندی بدست می آید .

جدول ۷- تصحیح صفر برای انواع جداکننده ها

درجه حرارت به سانتیگراد	تصحیح صفر برای انواع جداکننده ها			
	$(NaPO_3)_6$	$Na_{12}P_{10}O_{31}$	$Na_5P_3O_{10}$	$Na_6P_4O_{13}$
	G_s	G_s	G_s	G_s
۱۹	-۰/۰۰۴۵۶	-۰/۰۰۲۱۴	-۰/۰۰۲۱۴	-۰/۰۰۳۴۲

19/0	-./...443	-./...204	-./...204	-./...330
20	-./...430	-./...193	-./...193	-./...318
20/0	-./...417	-./...183	-./...183	-./...309
21	-./...404	-./...173	-./...173	-./...298
21/0	-./...392	-./...162	-./...162	-./...287
22	-./...379	-./...151	-./...151	-./...276
22/0	-./...367	-./...141	-./...141	-./...260
23	-./...354	-./...131	-./...131	-./...254
23/0	-./...342	-./...120	-./...120	-./...243
24	-./...329	-./...110	-./...110	-./...232
24/0	-./...316	-./...100	-./...100	-./...223
25	-./...304	-./...89	-./...89	-./...211
25/0	-./...292	-./...79	-./...79	-./...200
26	-./...280	-./...68	-./...68	./...190
26/0	-./...267	-./...58	-./...58	-./...179
27	-./...250	-./...47	-./...47	-./...168
27/0	-./...244	-./...37	-./...37	-./...158
28	-./...233	-./...27	-./...27	-./...148
28/0	-./...220	-./...17	-./...17	-./...137
29	-./...207	-./...6	-./...6	-./...126
29/0	-./...190	-./...4	-./...4	-./...110
30	-./...184	-./...4	-./...4	-./...100
30/0	-./...171	-./...30	-./...30	-./...94
31	-./...158	-./...20	-./...20	-./...83
31/0	-./...146	-./...16	-./...16	-./...73
32	-./...134	-./...57	-./...57	-./...62
32/0	-./...129	-./...68	-./...68	-./...51
33	-./...110	-./...79	-./...79	-./...40
33/0	-./...97	-./...89	-./...89	-./...30
34	-./...80	-./...99	-./...99	-./...19
34/0	-./...73	-./...110	-./...110	-./...9
35	-./...61	-./...131	-./...131	-./...02

تعیین میزان رطوبت خاک Water Content Determination AASHTO- T265 , ASTM D 2216

بازگشت

۱-هدف : این آزمایش در اکثر آزمایشات مکانیک خاک کاربردی وسیع دارد و در حقیقت میزان رطوبت خاک را در آزمایشگاه بیان می کند . میزان رطوبت وزنی خاک (%W) برابر است با نسبت وزن آب حفره ای (W_w) به وزن قسمت جامد خاک مورد اندازه گیری نیرو (W_s) .

رطوبت خاکهای حاوی مقدار زیادی هالوسیت ($(OH)_4, 2H_2O$, SiO_2 , Al_2O_3) مونت موریلونیت و گچ (که در درجه حرارت محیط دارای مقدار متناهی آب ملکولی می باشند و مقدار این آب در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتیگراد تغییر می یابد) و یا خاکهای حاوی مقدار زیادی مواد آلی , از طریق روشهای اصلاح شده الف و یا ب تعیین می گردد . در صورتیکه تعیین رطوبت این خاکها با روش عادی انجام شود میزان رطوبت بدست آمده نادرست بوده و بیش از مقدار واقعی می باشد .

۲- وسائل مورد نیاز :

۱-۲ اون (گرمخانه) : با دما سنج قابل کنترل و دمای یکنواخت 5 ± 110 درجه سانتیگراد .

شکل (۱) گرمخانه دیجیتالی با قابلیت کنترل دما را نشان می دهد .



۲-۲ ترازو : با حساسیت $0.01 \pm$ گرم برای نمونه های تا ۲۰۰ گرم و با حساسیت $0.1 \pm$ گرم برای نمونه های ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم و با حساسیت $1 \pm$ گرم برای نمونه های بیشتر از ۱۰۰۰ گرم .

۲-۳ قوطی : حاوی نمونه برای تعیین هر میزان رطوبت حداقل یک قوطی لازم است و عموماً هر قوطی دارای درب و دارای یک شماره می باشد . مناسبترین نوع قوطی از جنسی است که بر اثر سرد و گرم شدن و شستشوی پیاپی تغییر وزن ندهد . قوطی هایی که با درپوش کاملاً بسته می شوند برای نمونه های ۲۰۰ گرم یا کمتر بهتر بوده و در مورد نمونه

های بیش از ۲۰۰ گرم می توان از قوطی های بدون درپوش استفاده نمود. در حقیقت درب مانع تبخیر رطوبت نمونه قبل از توزین اولیه و همچنین جلوگیری از جذب رطوبت از محیط پس از خشک شدن و قبل از توزین نهایی است .

۲-۴ محفظه خشک (دسیکاتور) : این محفظه با ابعاد (قطر ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیمتر) در صورت استفاده از قوطی های بدون درپوش بکار گرفته می شود .

۳- نمونه ها : نمونه ها باید در ظروف کاملاً بسته و دور از نور آفتاب و در دمایی حدود ۳ تا ۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند و جهت تعیین میزان رطوبت باید هرچه زودتر بعد از نمونه گیری انجام شود .

۴- تهیه نمونه آزمایش :

۴-۱- در صورت تعیین میزان رطوبت برای آزمایشی خاص ، باید روش تهیه نمونه همان آزمایش اجرا شود .

۴-۲- باید توجه شود که نمونه معرف مقدار واقعی مورد نظر باشد . انتخاب نمونه ، کاملاً به هدف آزمایش ، نوع خاک و نوع نمونه گیری بستگی دارد . در صورت لایه لایه بودن و یا در شرایطی که خاک ناهمبندی زیاد دارد ، نمونه متوسط مخلوط تمام لایه ها یا نمونه ای از هر لایه و یا هر دو تهیه شده و نحوه عمل در گزارش به طور دقیق ذکر شود . در صورتی که نمونه از نظر حجم زیاد باشد باید پس از اختلاط کامل اقدام به نمونه گیری کرد .

جدول ۱- مقدار خاک مورد نیاز جهت تعیین رطوبت در آزمایشگاه را نشان می دهد .

حداقل مقدار نمونه مرطوب مورد نیاز (گرم)	بزرگترین چشمه الکی که بیش از ۱۰٪ نمونه بر روی آن باقی می ماند
۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	76 mm
۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰	38/00 mm
500 تا ۱۰۰۰	19/00 mm
۳۰۰ تا ۵۰۰	4/75mm (الک شماره ۴)
۱۰۰ تا ۲۰۰	2/00 mm (الک شماره ۱۰)

جدول ۱ - مقدار خاک مورد نیاز جهت انجام آزمایش

۴-۲-۱- در صورتیکه خاک در دسترس کم باشد ، نمونه معرف باید با توجه روش های زیر تهیه گردد :

الف) در مورد خاکهای غیر چسبنده ، ابتدا مصالح کاملاً مخلوط شده ، سپس مقدار نمونه آزمایشگاهی طبق مقادیر نشان داده شده در استاندارد انتخاب شود .

ب) در مورد خاکهای چسبنده قبل از انتخاب نمونه آزمایشگاهی ، حدود ۳ میلیمتر از سطح قسمتهایی از نمونه را که در معرض هوا قرار داشته جدا کرده و سپس برای ملاحظه لایه های خاک نمونه به دو نیم تقسیم شود ، هنگام آزمایش نمونه های کوچک ، اگر ذرات درشت در آن دیده شود ، بهتر است این ذرات از نمونه آزمایشگاهی جدا شده و در گزارش ذکر گردد .

۴-۳- استفاده از نمونه آزمایشگاهی کمتر از حداقل مقدار ذکر شده ، نیازمند دقت فراوان بوده و باید در گزارش ذکر شود .

۵- مراحل انجام آزمایش : ۵-۱- نمونه آزمایشگاهی مطابق استاندارد تهیه شود . سپس وزن قوطی تمیز و خشک (W_C) همراه با درپوش تعیین شده و شماره قوطی یادداشت شود .

۵-۲- نمونه را در قوطی قرار داده ، درپوش آن کاملاً بسته شود . وزن قوطی محتوی نمونه مرطوب (W_1) به وسیله ترازوی مناسب تعیین گردد . سپس مقادیر بدست آمده در برگ اطلاعات یادداشت شود . برای خشک کردن نمونه های بزرگ ، می توان نمونه را به قطعات کوچکتر تقسیم نمود و از ظروف با سطح بیشتر (چون سینی) استفاده کرد . در صورتی که عمل توزین با تاخیر بیش از ۳ دقیقه انجام گیرد ، باید درپوش قوطی گذاشته شده و بر روی آن حوله کاغذی مرطوبی قرار داده شود تا از تغییر رطوبت نمونه ممانعت گردد .

۵-۳- پس از تعیین وزن قوطی حاوی نمونه ، درپوش برداشته شده و سپس قوطی در گرمخانه گذاشته شود . برای جلوگیری از اشتباه در مراحل بعد ، درپوش برداشته شده وزیر قوطی قرار داده شود و نمونه تا رسیدن به وزن ثابت تحت دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شود .

مدت مورد نیاز برای خشک شدن کامل نمونه بر حسب عوامل گوناگون چون ، نوع خاک ، اندازه نمونه ، گنجایش و نوع گرمخانه تغییر می کند . در اکثر موارد خشک کردن نمونه به مدت تقریبی ۱۶ ساعت مناسب خواهد بود . برای حصول اطمینان از خشک بودن نمونه میتوان توزین را در دو مقطع زمانی به فاصله حداقل ۳۰ دقیقه انجام داد . در صورتی که تغییر وزن کمتر از ۰/۱ درصد حاصل گردد ، نمونه خشک تلقی می گردد .

لازم به تذکر است که دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد موجب تجزیه و تخریب ساختار و در نتیجه بروز تغییراتی در خصوصیات بعضی از انواع خاکها ، چون خاکهای حاوی مواد آلی ، خاکهای گچ دار و خاکهای خاکهای حاوی آب مولکولی ناپایدار می شود .

تعیین رطوبت خاکهایی که آب حفره ای آنها دارای مقدار زیادی مواد جامد حل شده می باشد (مانند نمک در رسوبات معادن) با روش عادی نادرست بوده و مقدار رطوبت تعیین شده با این روش کمتر از مقدار واقعی است . روشهای اصلاح به شرح ذیل می باشد .

روش اصلاح شده الف : در این روش از گرمخانه با دمای ۶۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود .

روش اصلاح شده ب : در این روش از گرمخانه با دمای ۲۳ تا ۶۰ درجه سانتیگراد و با خلا نسبی حدود ۱۳۳ پاسکال (معادل ۱۰ میلیمتر جیوه) استفاده می شود .

از آنجا که خاک خشک ممکن است از خاک مرطوب رطوبت جذب کند نمونه های خشک شده باید قبل از قراردادن نمونه مرطوب از گرم خانه خارج شود مگر آنکه نمونه خشک شده قبلی بار دیگر به مدت ۱۶ ساعت در گرمخانه باقی بماند .

۵-۴- پس از خشک شدن نمونه قوطی حاوی نمونه از گرمخانه خارج شده و درپوش آن گذاشته شود . پس از سرد شدن قوطی تا دمای اتاق یا دمای قابل تحمل دست (در صورتی که بر دقت ترازو اثری نداشته باشد) ، وزن قوطی حاوی نمونه خشک شده (W_2) به وسیله همان ترازو تعیین شود .

نکته : در صورتی که از درپوش استفاده نشده باشد عمل توزین قوطی حاوی نمونه خشک شده باید بلافاصله پس از تشخیص موثر نبودن دما بر حساسیت ترازو و یا پس از سرد شدن نمونه در محفظه خشک انجام شود .

۶- محاسبات : میزان رطوبت بر حسب درصد به طریق زیر محاسبه میشود :

$$W = \frac{(W_1 - W_2)}{(W_2 - W_c)} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

$W\%$ = درصد رطوبت .

W_w = وزن آب حفره ای .

W_s = وزن قسمت جامد .

W_1, W_2 به ترتیب وزن قوطی و نمونه مرطوب و وزن قوطی و نمونه خشک شده است.

W_C = وزن قوطی و درپوش .

لازم به ذکر است کلیه وزن ها بر حسب گرم می باشد . از آنجائی که درصد رطوبت طبیعی خاک یکی از پارامترهای مهم محسوب می شود لذا لازم است دقت لازم جهت اندازه گیری آن بعمل آید . دقت اندازه گیری درصد رطوبت خاک از ۰/۱ تا ۱ درصد می باشد که بستگی به هدف آزمایش دارد .

آزمایش تعیین حدود اتربرگ

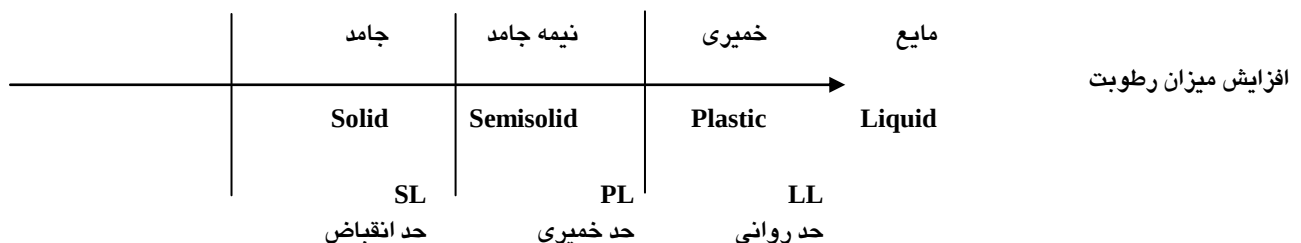
بازگشت

مقدمه : در اوایل دهه ۱۹۰۰، دانشمند سوئدی به نام اتربرگ (Etterberg) روشی را برای بیان سفتی خاکهای ریزدانه بر حسب میزان رطوبت ابداع کرد. قابل توجه است حدود اتربرگ کاملاً قراردادی است و براساس آزمایشهایی که آرتور کاساگرانده در سال ۱۹۲۷ انجام داده، به صورت استاندارد درآمده است. حد روانی و حد خمیری و (حد انقباض) غالباً تحت عنوان حدود اتربرگ نامیده می شوند. به وسیله حدود اتربرگ مرز میان سفتی های مختلف خاک خمیری قابل تشخیص است.

قبل از بیان حدود اتربرگ لازم است در ابتدا مفهوم پلاستیسیته (خمیری بودن) خاک بیان شود:

خاصیت خمیری از مشخصات مهم خاکهای ریزدانه است که این خاصیت به دلیل وجود کانیهای رسی و یا مواد آلی موجود در خاک می باشد و حالت فیزیکی یک خاک ریزدانه در یک درصد رطوبت معین، سفتی نامیده می شود.

حالت خمیری: از نظر مکانیک خاک حالت خمیری خاصیتی است که به توده خاک اجازه می دهد تا با تغییر رطوبت سریعاً تغییر شکل دهد بدون آنکه از هم گسیخته یا تغییر حجم دهد. حالت خمیری در حقیقت خاصیتی است ویژه خاکهای رسی، همچنین میزان خاصیت خمیری بین انواع مختلف خاکهای رسی نیز متفاوت است (به عنوان مثال رسهای مونت موریلونیت از خاصیت خمیری بیشتری نسبت به کائولینیت ها برخوردار می باشند). گلداشمیت ثابت کرد خاصیت خمیری به علت وجود بار الکتریکی که در سطح دانه های پولکی شکل آن است. مقدار رطوبتی که خاک را از حالتی به حالت دیگر تغییر می دهد بستگی به نوع و جنس خاک دارد.



شکل (۱) حدود اتربرگ

حدود اتربرگ :

مخلوط خاک و آب به تدریج رطوبت خود را از دست داده و خشک می شود با کاهش میزان رطوبت خاک ابتدا حالت خمیری، بعد حالت نیمه جامد و بالاخره حالت جامد به خود می گیرد. میزان رطوبتی که در آن خاک از حالت مایع به حالت خمیری در می آید، حد روانی نامیده می شود و میزان رطوبتی که در آن خاک از حالت خمیری به حالت نیمه جامد در می آید حد خمیری و میزان رطوبتی که در آن خاک از حالت نیمه جامد به حالت جامد در می آید حد انقباض نامیده می شود.

حد روانی و حد خمیری به کمک آزمایشهای قراردادی که جزئیات آن در دستورالعمل مربوطه بیان می شود تعیین می گردد. نمونه خاکی که برای انجام این آزمایش به کار می رود بخشی از خاک است که از الک شماره ۴۰ (۰/۴۲۵ میلیمتر) رد شده است.

لازم به ذکر است هر چه ریزدانه های خاک خاصیت جذب آب بیشتری داشته باشند ، خاک چسبنده تر خواهد بود و این چسبندگی بیشتر باعث می شود تا حد روانی افزایش یابد در نتیجه هر چه فاصله بین حد خمیری و روانی بیشتر باشد خاک چسبنده تر و خمیری تر خواهد بود. در این مورد تغییر حالات خاک تدریجی است و تعاریف حدود روانی و خمیری به صورت قراردادی می باشد .

- نشانه خمیری (PI) :

تفاضل بین حد روانی و حد خمیری خاک را دامنه خمیری یا نشانه خمیری (PI) می گویند که در آن با افزایش درصد وزنی ذرات کوچکتر از ۲ میکرون نشانه خمیری خاک افزایش می یابد .

$$PI=LL-PL$$

- نشانه روانی (LI) :

سفتی نسبی (Relative consistency) یک خاک چسبنده در حالت طبیعی را می توان توسط نسبتی که نشانه روانی (LI) نامیده می شود بیان کرد . سفتی در حقیقت حالت خاک را از لحاظ شکل پذیری نشان می دهد . عدد فعالیت A: برابر است با نسبت دامنه خمیری به درصد وزنی ذرات ریزتر از ۰/۰۰۲ میلی متر که در آن W برابر است با میزان رطوبت خاک .

$$Li = \frac{w - pl}{ll - pl}$$

هرچه خاک فعال تر باشد تغییر حجم آن در اثر تغییر رطوبت بیشتر خواهد بود . پس عدد فعالیت مستقیماً به نوع و مقدار ذرات رس موجود در خاک بستگی دارد . کائولنیت که یک رس با ثبات می باشد دارای فعالیت کم و مونت موریلونیت تغییرات حجمی زیادی در اثر افزایش رطوبت نشان می دهد . جدول یک جدول فعالیت خاکهای رسی را نشان می دهد .

جدول ۱- حدود فعالیت در خاکهای رسی

طبقه بندی	عدد فعالیت
رس های غیرفعال	کمتر از ۰/۷۵
رس های معمولی	بین ۰/۷۵ تا ۱/۲۵
رس های فعال	بیشتر از ۱/۲۵

آزمایش حد روانی :

درصد رطوبتی است که شیار ایجاد شده در خاک داخل جام کاساگرانده با اعمال ۲۵ ضربه به طول ۱۳ سانتیمتر بسته شود . در حقیقت حدروانی درصد رطوبتی است که رطوبت بیشتر از آن باعث می شود که مخلوط آب و خاک به صورت مایع جریان یابد و کمتر از آن باعث می شود که مخلوط به صورت خمیر پلاستیک درآید . برای محاسبه حدروانی نمودار جریان رسم می شود و میزان رطوبت برحسب درصد در مقابل تعداد ضربات N بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی رسم می گردد .

رابطه بین میزان رطوبت و $\log N$ تقریباً به صورت خط مستقیم است . با داشتن نمودار جریان می توان درصد رطوبت نظیر $N=25$ که همان حدروانی می باشد را بدست آورد . شرح کامل آزمایش در استاندارد -ASTM , AASHTO-T89 , D4318 بیان شده است .

آزمایش حد روانی به دو روش چند نقطه ای و تک نقطه ای به روش مرطوب یا خشک انجام می شود .

نکات ذیل جهت تعیین روش یک نقطه ای یا چند نقطه ای قابل توجه می باشد .

۱- روش یک نقطه ای غالباً برای انجام طبقه بندی خاک به کار می رود و در مواردیکه دقت بیشتری لازم می باشد از روش چندنقطه ای استفاده می شود .

۲- در روش چند نقطه ای سه نمونه یا بیشتر با میزان رطوبتهای متفاوت مورد نیاز می باشد و در روش یک نقطه ای دو آزمایش بر روی نمونه های با میزان رطوبتهای یکسان انجام می شود .

۳- در روش تک نقطه ای باید توجه شود که تعداد ضربات لازم می بایست بین ۲۰ الی ۳۰ ضربه باشد و اگر کمتر از ۲۰ ضربه یا بیشتر از ۳۰ ضربه باشد میزان رطوبت نمونه به مقدار مناسب باید تغییر داده شده و آزمایش تکرار گردد . حد روانی هر یک از دو نمونه در آزمایش تک نقطه ای از رابطه (۱) به دست می آید :

در این روش و در هنگام استفاده از رابطه (۱) فقط احتیاج به یک نقطه است و روش یک نقطه ای هنگامی نتیجه مناسب به دست می دهد که تعداد ضربات بین ۲۰ تا ۳۰ باشد زیرا دامنه تغییرات میزان رطوبت برای $N=20$ تا $N=30$ کوچک است .

$$LL = W_N \left(\frac{N}{25} \right)^{1.21} \quad \text{رابطه (۱)}$$

N = تعداد ضربات مورد نیاز برای بسته شده شکاف نمونه .

W_N = میزان رطوبت مطابق با N ضربه

لازم به ذکر است که استفاده از مقادیر حدروانی و خمیری برای تخمین رفتار مکانیکی خاک در شرایط رطوبت طبیعی بوده و هرگز نباید نمونه قبل از انجام آزمایش خشک شود . همچنین به دلیل ترکیب و غلظت نمکهای محلول در بافت خاک که بر میزان رطوبت خاک اثر می گذارد ، مقدار حد روانی و خمیری آن را نیز تغییر می دهد . این مقادیر (حد روانی و حد خمیری) می توان در بررسی حالت و مشخصات مکانیکی خاک از جمله تراکم پذیری ، نفوذپذیری ، تحکیم پذیری ، خصوصیات انقباض ، تورم و مقاومت برشی خاک استفاده نمود .

آزمایش حد خمیری :

حد خمیری میزان رطوبتی است که به ازای آن اگر فتيله ای به قطر ۳/۲ میلیمتر از خمیر خاک نمونه با روش غلتاندن ساخته شود ، به طور طولی و عرضی ترک بخورد . حد خمیری پایین ترین میزان رطوبت مربوط به حالت خمیری خاک است و برحسب درصد بیان می شود .

شخص آزمایش کننده نباید تلاش کند که خرد شدن فتيله به صورت کاذب و درست در ۳/۲ میلیمتر انجام شود . بدین ترتیب بگذارد نمونه به قطر ۳/۲ میلیمتر رسیده ، آنگاه با کم کردن سرعت فتيله کردن و با کم کردن فشار دست ، فتيله کردن نمونه را بدون آنکه قطر نمونه تغییر یابد چنان ادامه دهد تا نمونه قطعه قطعه گردد . آزمایش حد روانی در صورتی مجدداً تکرار می شود که اختلاف درصد رطوبت بین دو مقدار رطوبت بدست آمده در هر آزمایش بیش از ۲ درصد باشد

و اگر برای خاکی نتوان حد خمیری را تعیین نمود و یا حد خمیری برابر یا بزرگتر از حد روانی به دست آید آن خاک را غیر خمیری (NP) گویند .

آزمایش تعیین حدانقباض :

همانطور که می دانیم خاک با از دست دادن رطوبت منقبض می گردد و با کاهش پیوسته رطوبت به مرحله ای می رسد که از آن به بعد کاهش رطوبت دیگر سبب کاهش حجم آن نمی گردد . میزان رطوبت در این لحظه را حد انقباض می گویند .

نحوه آزمایش بدین ترتیب می باشد که نمونه هایی از خاک مرطوب درون یک ظرف چینی قرار داده می شود . سپس خاک در اون خشک شده و حجم آن در لحظه مرطوب بودن و در لحظه خشک شدن اندازه گیری می شود و از رابطه (۲) می توان حد انقباض را به دست آورد .

$$SL = w_i - \Delta w = \left[\frac{m_1 - m_2}{m_2} - \frac{(V_i - V_d) * P_w}{m_2} \right] * 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

SL = حد انقباض

m_1 = جرم خاک مربوطه در ظرف در شروع آزمایش (gr)

m_2 = جرم خاک خشک شده در ظرف (gr)

V_i = حجم اولیه خاک مرطوب (سانتیمتر مکعب)

V_d = حجم خاک خشک شده در اون _ سانتیمتر مکعب

P_w = جرم مخصوص آب (برابر با $1 \frac{gr}{cm^3}$)

W_i = میزان رطوبت اولیه وقتی خاک درون ظرف آزمایش قرار داده شود .

Δw = تغییر در میزان رطوبت (اختلاف بین رطوبت اولیه و میزان رطوبت در حد انقباض)

انقباض خاک باعث نشست در خاکهای تراکم پذیر می گردد و چون فشار کاپیلاره در همه جهات آن پدید می آید ، باعث ترک خوردن خاک رسی می گردد . در نتیجه قابلیت انقباض در مورد رس های موریلونیت و بنتونیت که آب زیاد جذب می کنند و در محیط های خشک و نیمه خشک بیشتر اتفاق می افتد و باعث مشکلات مهندسی زیادی می شود .

تعیین حد روانی خاک (Determining the Liquid Limit of Soils AASHTO T:89)

بازگشت

۱- هدف :

حد روانی یک خاک مقدار رطوبتی است که در آن خاک از حالت خمیری به حالت مایع تبدیل می شود و مطابق با استاندارد R11 باید به منظور یکسان سازی این مشخصات ، مقادیر مشاهداتی و مقادیر محاسباتی به نزدیکترین عدد صحیح به سمت بالا گرد شوند .

۲- وسایل آزمایش :

۱-۲- ظرف : یک ظرف چینی ترجیحاً بدون لعاب یا مشابه آن با قطر حدود ۱۱۵ میلیمتر.

۲-۲- کاردک: یک کاردک یا چاقوی برشی با تیغه ای در حدود ۷۵ تا ۱۰۰ میلیمتر طول و در حدود ۲۰ میلیمتر عرض .

۳-۲- ابزار روانی :

۱-۳-۲- دستگاه دستی : این دستگاه از یک جام برنجی و متعلقات آن که مطابق نقشه و ابعاد استاندارد ساخته شده است

۲-۳-۲- دستگاه مکانیکی : یک دستگاه موتوری عمل بلند کردن و اعمال ضربه به جام برنجی را انجام می دهد ابعاد این دستگاه باید مطابق با نقشه و ابعاد استاندارد ساخته شوند .

۴-۲- شیارزن:

۱-۴-۲- شیارزن انحنادار: یک شیارزن که ابعاد مجاز آن باید مطابق با استاندارد مربوطه ساخته شوند الزاماً شاخص جزئی از شیارزن به حساب نمی آید .

۲-۴-۲- شیارزن مسطح : یک شیارزن از جنس پلاستیک یا فلز ضدزنگ مطابق با ابعاد مجاز استاندارد ساخته شده است. الزاماً شاخص جزئی از شیارزن به حساب نمی آید .

تذکر : 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 .

۵-۲- شاخص : یک وسیله سنجش که می تواند به صورت مجزا و یا متصل به شیارزن باشد که ابعاد مجاز آن مطابق استاندارد ساخته شده است و در صورتیکه به صورت مجزا ساخته شود ، شامل یک میله فلزی به ضخامت 10 ± 0.2 میلیمتر و به طول تقریبی ۵۰ میلیمتر می باشد .

۶-۲- ظروف : ظروف باید از جنس مقاوم ساخته شده باشند و در اثر خوردگی و گرم و سرد شدن های متوالی تغییر جرم ندهد و دارای درپوشهای 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 .

۷-۲- ترازو : ترازو باید دارای ظرفیت کافی و مطابق با استاندارد . M231-class G1 باشد.

۸-۲- 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 باشد .

روش A:

۳- نمونه خاک: نمونه ای به جرم حدود ۱۰۰ گرم از مصالح عبور کرده از الک ۰/۴۲۵ میلیمتر (الک نمره ۴۰) تهیه شده و مخلوط حاصل باید تمام نسبت‌های مصالح گذشته از الک ۰/۴۲۵ میلیمتر را داشته باشد. نمونه باید بر اساس استاندارد AASHTO-T87 یا AASHTO-T146 به دست آمده باشد.

۴- کالیبراسیون دستگاه حد روانی: به منظور تطبیق کارکرد دستگاه با مشخصات استاندارد باید بازرسی صورت گیرد. بدین جهت رعایت نکات ذیل ضروری می باشد.

۴-۱- کنترل پین متصل به جام: پین متصل به جام باید کنترل شود بطوریکه این پین آنقدر فرسوده نباشد تا به جام اجازه حرکت جانبی دهد.

۴-۲- پیچهای اتصال جام به بازوی آویزان محکم شده باشد.

۴-۳- نقاط برخورد جام و پایه و لبه جام بیش از اندازه فرسوده نشده باشد.

۴-۴- شیارزن باید بر اساس ابعاد مجاز استاندارد یا ASTM D4318 کنترل شود.

فرسودگی در صورتی غیر مجاز تلقی می شود 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.

۴-۵- شکاف ایجاد شده در مرکز کاسه جام در صورتی که اگر شکاف مذکور نمایان شود بدون اینکه نشانه های دیگر بوجود آید باید جام را فرسوده تلقی کرد و تعویض شود.

۴-۶- پایه جام: پایه ای که به طور قابل ملاحظه ای فرسوده است ممکن است دوباره تعمیر شود. در صورتی که ضخامت آن را از تئورانس استاندارد تجاوز نکند و فاصله بین قسمت انتهایی جام تا پایه (پیچ پائینی تا پایه) در حدود مجاز حفظ شود.

۴-۷- تنظیم ارتفاع سقوط جام: تنظیم ارتفاع سقوط جام به این صورت است که نقطه ای از جام که با پایه تماس پیدا می کند تا ارتفاع 0.2 ± 10 میلیمتر بالا بیاید.

در جامهای جدید تکه ای از کاغذ کاربن روی پایه قرارداده و با چندین بار فرو افتادن جام نقطه تماس را مشخص کنید سپس جام را به دستگاه متصل کرده و دسته محور را بچرخانید تا جام تا حداکثر ارتفاعش بلند شود سپس شاخص ارتفاع را از سمت جلو به زیر جام بلغزانید و مشاهده کنید که شاخص با جام برخورد کند. اگر نوار و جام هر دو با هم نقطه تماس مشترکی داشتند ارتفاع سقوط صحیح می باشد. در غیر این صورت، جام را طوری تنظیم نمایید تا تماس همزمان به وجود آید. صحت انجام آن به وسیله چرخاندن دسته محور با سرعت ۲ دور در ثانیه، در حالیکه شاخص بر روی نوار و جام قرار دارد، کنترل می شود.

اگر صدای زنگ یا ضربه زدن، بدون اینکه جام از شاخص جدا شود، شنیده شود تنظیم ارتفاع صورت گرفته است. در صورتی که 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 شده است و باید تعویض گردد. سپس بعد از عمل تنظیم، نوار را بردارید.

۵- دستورالعمل استفاده از شیارزن انحنا دار:

۵-۱- نمونه خاک را باید در داخل ظرف اختلاط قرار داده و همه خاک را با ۱۵ تا ۲۰ میلی لیتر آب مقطر یا آب غیر معدنی به وسیله هم زدن های متوالی به هم زده و سپس 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 . لازم به ذکر است به محض شروع آزمایش نباید خاک خشک اضافی به خاک مرطوب شده اولیه افزوده شود و عمل مخلوط کردن آب و خاک نباید در داخل جام صورت گیرد و در صورتیکه رطوبت بیش از اندازه به نمونه اضافه شده باشد ، نمونه مذکور یا باید دور ریخته شود و یا آنقدر ورز داد تا رطوبت خود را از دست داده و در هر یک محدوده قابل قبول قرار گیرد .

تذکر : در بعضی از خاکها عمل جذب آب به کندی صورت می گیرد 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 می توان عمل مخلوط کردن را بیشتر و در زمان طولانی تری انجام داد. آب لوله کشی ممکن است برای آزمایش های معمولی استفاده شود ، در صورتیکه آزمایش های کنترلی اختلافی بین نتایج حاصل از آزمایش های انجام شده با آب لوله کشی و آب مقطر یا آب فاقد املاح معدنی نشان ندهد . در هر صورت برای آزمایش های کنترلی باید از آب مقطر یا آب فاقد املاح استفاده شود .

۵-۲- هنگامی که آب با خاک به شکل یک جرم همگن یا غلظت زیاد مخلوط شده باشد ، مقدار کافی از این مخلوط باید در داخل جام ، بالای نقطه ای که جام بر روی پایه تکیه می کند ، 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 پخش گردد و تا آنجا که ممکن است باید کمتر کاردک کشی کرد . باید دقت شود که از ماندن حبابهای هوا در داخل جرم خاک جلوگیری شود .

خاک درون جام دستگاه باید توسط یک حرکت محکم شیارزن از میان قطری که از وسط پیچ نگه دارنده جام می گذرد برش داده شود به طوری که یک شیار تیز گوشه ، صاف و با ابعاد مناسب ایجاد گردد . به منظور جلوگیری از پارگی خاک اطراف شیار یا ریزش توده خاک داخل جام ، می توان از حداکثر ۶ حرکت جلو به عقب یا عقب به جلو شیارزن که به عنوان یک حرکت منظور می گردد ، استفاده شود . عمق شیار باید با هر بار حرکت شیارزن افزایش یابد و تنها آخرین حرکت شیارزن باید با انتهای جام تماس پیدا کند . سپس جام حاوی نمونه تهیه شده ، باید به وسیله چرخاندن دسته محور با سرعت تقریبی دو دور در ثانیه بلند شده و فرو افتد تا اینکه دو طرف نمونه در قسمت پایین شیار در طولی معادل ۱۳ میلیمتر با هم تماس پیداکنند در این حالت نباید پایه دستگاه را در هنگام چرخاندن دسته محور با دست دیگرمان که آزاد است نگه داریم و تعداد ضربات مورد نیاز را باید ثبت کرد .

نکته - بعضی از خاکها روی سطح جام بجای اینکه بلغزد ، ریزش می کنند . در این صورت باید آب بیشتری به نمونه اضافه کرد و دوباره مخلوط نمود ، سپس توسط یک شیارزن شیار بر روی خاکی که با آب مخلوط شده و در جام قرار گرفته ، ایجاد کرده و مراحل آزمایش را تکرار کرد .

اگر روند ریزشی خاک به داخل جام در تعداد ضربات کمتر از ۲۵ ضربه ادامه پیدا کند ، آزمایش غیرقابل اجرا می باشد و حد روانی غیر قابل تعیین است .

۵-۳- 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 جهت تعیین میزان رطوبت مطابق استاندارد خشک نمود و سپس نتیجه حاصله را ثبت کرد و خاک باقیمانده در جام باید به ظرف اختلاط منتقل شود . سپس جام و شیارزن باید برای آزمایش بعدی ، شسته و خشک گردند .

مراحل فوق باید حداقل دوبار دیگر برای نمونه ای که به منظور رسیدن به حالت روانی بیشتر میزان آب کافی به آن اضافه شده است، تکرار شود.

هدف این آزمایش بدست آوردن نمونه هایی با چنان سفتی می باشد که حداقل یکی از نتایج آنها باید در هر یک از محدوده های ضربات: ۲۵-۳۰، ۳۰-۴۰، ۴۰-۵۰، باشد و در نتیجه محدوده ۳ اندازه گیری حداقل ۱۰ ضربه می باشد.

۶- دستورالعمل استفاده از شیارزن مسطح:

روند انجام آزمایش مانند شیارزن انحناء دار می باشد به جزء شکل شیارزن که باید مطابق استاندارد مربوطه باشد.

۷- محاسبات:

مقدار آب موجود در خاک باید به صورت درصد که به صورت نزدیکترین عدد بیان می شود که از حاصل تقسیم رطوبت موجود در خاک به جرم خشک شده خاک در اون براساس رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\text{درصد رطوبت} = \frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم خاک خشک شده در اون}} \times 100$$

۸- آماده سازی منحنی جریان:

یک منحنی جریان ارتباط بین میزان رطوبت و تعداد ضربات را نشان می دهد که باید در روی یک نمودار 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 می شود.

منحنی جریان باید به صورت خط راستی که کمترین فاصله ممکن را از بین سه نقطه یا بیشتر دارا می باشد، ترسیم گردد.

۹- حد روانی:

میزان رطوبت معادل با ۲۵ ضربه روی محور طولی و تقاطع آن با منحنی جریان، به عنوان حد روانی خاک در نظر گرفته می شود. این مقدار به صورت عدد صحیح و باید به نزدیکترین عدد صحیح گرد شده و سپس گزارش شود.

روش B

۱۰- نمونه خاک:

یک نمونه به جرم تقریبی ۵۰ گرم باید تهیه شود. در این روش میزان آب اضافه شده باید تقریباً ۸ تا ۱۰ میلی لیتر نمونه ای برای تعیین درصد رطوبت اخذ گردد. برای دقتی معادل با آنچه که از روش استاندارد سه نقطه ای بدست آمده است 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 خاک باقیمانده در جام را به داخل ظرف بازگرداند بدون اینکه آب اضافه نمود و سپس مراحل آزمایش را تکرار کرد. 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، یک رطوبت نمونه جهت ثبت اخذ نمود.

نکته - اگر حد روانی واقعی با اختلاف ± 5 درصد قابل قبول باشد، تعداد ضربات بین ۱۵ تا ۴۰ ضربه می تواند قابل قبول باشد.

۱۱- محاسبات:

درصد مقدار آب موجود در خاک از حاصل تقسیم رطوبت موجود در خاک به جرم خاک خشک شده در اون قابل محاسبه است .

۱۲- روشهای دیگر محاسبه حد روانی :

حدروانی به وسیله یکی از روشهای زیر قابل محاسبه می باشد .

الف) نمودار (ب) منحنی چنگانه (ج) خط کش لغزان همراه با مقیاس خاص برای ضربه ها ، یا هر روش دیگری که مقدار صحیحی را ارائه دهد . روش استاندارد سه نقطه ای باید به عنوان یک آزمایش مبنا برای رفع همه مشکلات و قضاوتها بکار رود .

۱۳- دستورالعمل :

در آزمایش حدروانی به منظور کنترل آزمایش جدول زمانی زیر توصیه می شود .

۱۳-۱- اختلاط خاک و آب ، ۵ تا ۱۰ دقیقه می باشد . زمان بیشتر برای خاکها با خاصیت خمیری بیشتر استفاده می گردد .

۱۳-۲- آماده کردن نمونه برای مرطوب کردن در ۳۰ دقیقه انجام می گردد .

۱۳-۳- اختلاط قبل از قرار دادن در داخل جام برنجی ، اضافه کردن ۱ میلی لیتر آب و ۱ دقیقه مخلوط نمودن آن .

۱۳-۴- مدت زمان قراردادن نمونه در داخل جام برنجی و آزمایش کردن آن ۳ دقیقه می باشد .

۱۳-۵- اضافه کردن آب و دوباره مخلوط کردن در مدت زمان ۳ دقیقه انجام می گردد .

۱۳-۶- آزمایشهای با بیشتر از ۳۵ ضربه و کمتر از ۱۵ ضربه نباید ثبت شود .

۱۴ - دقت

۱۴-۱- این دقت برای خاکهایی که حد روانی بین ۲۱ تا ۶۷ دارند استفاده می شود .

۱۴-۲- آزمایش قابل تردید و یا نامطمئن (در یک آزمایشگاه):

دو نتیجه به دست آمده به وسیله یک آزمایش کننده روی نمونه های 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 .

۱۴-۳- آزمایش قابل تردید و یا نامطمئن (انجام شده در چند آزمایشگاه):

دو نتیجه به دست آمده از دو آزمایش کننده متفاوت در آزمایشگاه های مختلف ، اگر بیشتر از ۱۳ درصد میانگین آنها با هم اختلاف داشته باشند ، باید به آن آزمایش شک کرد .

استاندارد آزمایش تعیین حد خمیری و نشانه خمیری خاکها

AASHTO-T90

بازگشت

هدف :

۱-۱- حد خمیری یک خاک عبارتست از حداقل مقدار رطوبتی که خاک به حالت خمیری باقی می ماند . بطور کلی نشانه خمیری یک خاک عبارتست از تفاضل عددی بین حد روانی و حد خمیری خاک .

دستورالعملهایی که برای تمام محدوده های مشخص شده در این استاندارد استفاده می شوند باید به منظور یکسان سازی این با استاندارد R11 مقادیر مشاهداتی و مقادیر محاسباتی به نزدیکترین عدد صحیح به سمت بالا گرد شوند .

۲- تجهیزات مورد نیاز :

۱-۲- ظرف چینی : ظرف چینی و یا هر ظرف مشابه با قطری حدود ۱۱۵ میلیمتر .

۲-۲- کاردک : یک کاردک یا چاقو با تیغه ای بطول ۷۵ میلیمتر و عرض ۲۰ سانتیمتر .

۳-۲- یک سطح صاف برای فیتیله کردن : یک سطح شیشه ای صاف و مسطح و یا یک سطح کاغذی صاف برای فیتیله کردن نمونه .

۴-۲- وسیله فیتیله کردن نمونه آزمایش حد خمیری : وسیله ای ساخته شده از اکلیریک با مساحت های مشخص شده در استاندارد .

۵-۲- کاغذ به عنوان ابزار فیتیله کردن : ورق بدون لعاب که هیچ ماده خارجی از قبیل (فیبر ، تکه های کاغذ و ...) را در طول روند فیتیله 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 ابزار متصل می شوند .

۶-۲- قوطی ها : قوطی های مناسب از مواد مقاوم که در اثر گرم یا سرد شدن مداوم جرم آن تغییر نکند . قوطی ها شکل درپوشهایی هستند تا رطوبت نمونه ها را حفظ کرده 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 .

۷-۲- ترازو : ترازو می بایست ظرفیت کافی داشته باشد و مطابق با M231-Class G1 باشد .

۸-۲- 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 .

۳- نمونه گیری :

۱-۳- در صورتیکه فقط حد خمیری مورد نیاز باشد ۲۰ گرم از موادی را که مطابق استاندارد T87 یا T146 بدست آمده و با هم مخلوط کرده و از الک نمره ۴۰ عبور کرده را بردارید . سپس خاک خشک شده در هوا را در ظرف ریخته 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 - 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 . هر چند ، در آزمایشات کنترلی بایستی از آب مقطر یا آب فاقد مواد معدنی استفاده شود .

۳-۲-اگر هر دو حد روانی و خمیری مورد نیاز است ، یک نمونه ۸ گرمی از خاک مرطوب و مخلوط شده مطابق با استاندارد T-89 بردارید و آن را به شکل توپ درآورد .اگر نمونه قبل از اتمام آزمایش حدروانی برداشته شده است ، آن را کنار بگذارید و اجازه دهید تا هنگام اتمام آزمایش حد روانی ، در هوا آماده شود . اگر نمونه را در هنگام آزمایش حدروانی برداشته اید و برای فتیله کردن به قطر 3mm خیلی خشک است ، آب بیشتری به آن اضافه کرده و خوب مخلوط کنید .

۴- دستورالعمل آزمایش :

۴-۱-یک تکه ۱/۵ تا ۲ گرمی از خاکی که در بخش قبل توضیح داده شد ، برداشته و آن را به شکل بیضی درآورید سپس یکی از دو روش زیر را برای فتیله کردن خاک به شکل یک نوار با ضخامت 3mm و با آهنگ ۸۰ تا ۹۰ حرکت در دقیقه که به صورت متوالی با حرکت دست به عقب و جلو صورت می گیرد ، استفاده کنید .

۴-۱-۱- روش دستی فتیله کردن : نمونه را بین کف دست یا انگشتان با یک سطح صاف قرار داده سپس با فشار یکنواخت به شکل نوار درآرید بطوریکه قطر آن در همه جا یکسان باشد . فشاری که توسط دست و انگشتان به خاک اعمال می شود ، بسته به نوع خاک تغییر می کند . به عنوان مثال در خاک های ترد (شکننده) که خاصیت خمیری پایین دارند میتوان در لبه خارجی کف دست یا قسمت پایین شست ، فتیله کرد .

۴-۱-۲- 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 .

۴-۲- 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 سپس فتیله کردن را آنقدر ادامه دهید تا یک نوار به قطر ۳ میلی متر بدست آید . این نوار را دوباره فتیله کرده و مالش دهید تا زمانی که 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 . خردشدن 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 تیوپی شکل دربیایند که از هر دو طرف شکاف بر می دارند . این ترکها کم کم به سمت وسط نمونه آمده و در نهایت ، نوار به تکه های پهن تبدیل می شود ، در طی انجام آزمایش ، شخصی که این کار را انجام می دهد نباید فشار دست ، یا روند مالش را قبل از خرد شدن ، کاهش دادن 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 سپس تکه های خاک را جمع کرده و در قوطی توزین قرار داده و بلافاصله درپوش قوطی را بگذارید .

۴-۳-مقدار رطوبت خاک درون قوطی توزین را طبق استاندارد T265 تعیین کرده و نتایج را ثبت کنید .

۵- نتیجه گیری :

۵-۱- حد خمیری (میزان رطوبت موجود در درصدی از خاک خشک شده در اون) به صورت زیر بدست آید :

وزن آب

$$= \frac{\text{حد خمیری}}{100} \times 100$$

(وزن خاک خشک شده در اون/وزن آب)

حد خمیری را به صورت یک عدد صحیح ثبت کنید .

۵-۲- میزان اختلاف بین حدروانی و حد خمیری به صورت زیر است :

$$PI=LL-PL$$

PI=نشانه خمیری LL=حدروانی PL=حد خمیری

۵-۳- مقادیر اختلاف نشانه خمیری را به جز در شرایط زیر ، ثبت کنید :

۵-۳-۱- هرگاه امکان تعیین حد خمیری و روانی وجود نداشت ، نشانه خمیری را با N.P (غیر خمیری) نشان می دهند .

۵-۳-۲- هرگاه حدخمیری برابر یا بیشتر از حد روانی بود ، میزان نشانه خمیری به صورت N.P ثبت می شود .

۶- دقت روش :

۶-۱- 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 .

۶-۲- 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 .

۶-۳- قابلیت تکرارپذیری (چند آزمایشگاه):

اگر دو نتیجه ای که از 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 . در جدول زیر حالات مختلف خمیرسانی در خاکهای ریزدانه گردآوری شده است .

آزمایش در هوا	مقاومت خشک	دامنه خمیری	حالت خمیری
دانه ها به راحتی از هم جدا می شوند	خیلی کم	۰-۳	غیر خمیری
به راحتی در اثر فشار انگشتان می شکنند	کم	۴-۱۵	کمی خمیری
به سختی زیر فشار انگشتان می شکنند	متوسط	۱۶-۳۰	متوسط
با فشار انگشتان نمی شکنند	زیاد	بیشتر از ۳۱	خیلی خمیری

آزمایش ضریب تطویل مصالح درشت دانه Elongation index

B.S 812 : SECTION 105.2

بازگشت

۱- مقدمه : همانطوری که می دانیم B.S812 استاندارد انگلیسی است که روش اندازه گیری ضریب تطویل یا درازای سنگدانه های درشت را بیان می کند . که تعاریف مورد نیاز این بخش در قسمت های ۱۰۱ و ۱۰۲ استاندارد B.S توضیح داده شده است.

۲- روش آزمایش : سنگدانه هائی طویل یا دراز طبقه بندی می شوند که دارای طولی (بزرگتر بعد) بیشتر از $\frac{1}{8}$ میانگین اندازه الکهایشان باشند . میانگین اندازه الکها عبارتست از متوسط اندازه سوراخ دو الک متوالی مشخص که برای تفکیک سنگدانه های مورد نظر بکار می رود . بعنوان مثال میانگین اندازه الکها برای سنگدانه هائیکه مطابق جدول ۲ از الک 50mm رد شده و بر روی الک 37/5mm باقیمانده باشند ، عبارتست از $50 + \frac{37.5}{2}$ بنابراین سنگدانه هائی طویل محسوب میشوند که اندازه آنها بیشتر از $78.7 = 1.8 \left(\frac{50 + 37.5}{2} \right)$ میلیمتر باشد .

ضریب تطویل عبارتست از حاصل تقسیم وزن سنگدانه های طویل به وزن نمونه مورد آزمایش ضربدر صد . این آزمایش برای سنگدانه های کوچکتر از $\frac{6}{30}$ میلیمتر و بزرگتر از ۵۰ میلیمتر قابل انجام نیست .

۳- نمونه گیری: نمونه مورد آزمایش (نمونه آزمایشگاهی) باید طبق بند ۵ استاندارد BS 812 قسمت ۱۰۲ سال ۱۹۸۹ تهیه شود .

۴-وسائل مورد نیاز آزمایش :

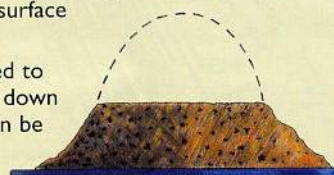
۴-۱- وسیله تقسیم کننده نمونه : با اندازه ای متناسب با حداکثر قطر دانه های مورد آزمایش ، در صورتیکه این وسیله در اختیار نباشد ، میتوان بوسیله یک خاک انداز و در یک سطح صاف تمیز سفت (یا سینی فلزی) عمل چهار قسمت کردن را انجام داد . شکل (۱) نحوه نمایش تقسیم نمونه را نشان می دهد .

Sample Reduction

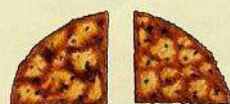
Riffing or quartering are the two methods most often used to reduce a bulk sample to a representative size suitable for testing.

A Riffing, normally used for reducing material which is in a surface dry condition.

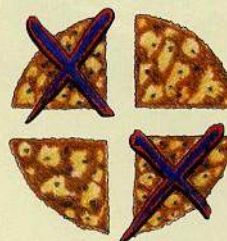
B Quartering can be used to reduce damp material down to a quantity which can be further prepared, e.g. by drying and then riffing.



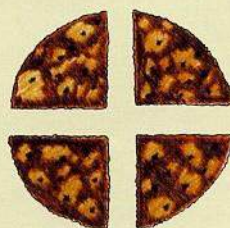
Flatten the main sample



Divide into quarters



Discard two opposite quarters



Remix remainder and quarter again



Continue process until a sample of the required size is obtained

شکل ۱ - نحوه نمایش تقسیم نمونه ها

۲-۴ - گرمخانه (oven): مجهز به سیستم تهویه و کنترل درجه حرارت بطوریکه درجه حرارت را در $105 \pm 5^\circ \text{C}$ ثابت نگه می دارد.

۳-۴ - ترازو: این ترازو بایستی دارای دقتی در حدود 0.1% وزن نمونه مورد آزمایش باشد.

بطور کلی دو ترازو یکی به ظرفیت ۵ کیلوگرم با دقت ۱ گرم و دیگری به ظرفیت ۵۰۰ گرم و دقت 0.1% گرم کافی می باشد. اگر سنگدانه هایی با قطر اسمی بزرگتر از ۲۸ میلیمتر مورد آزمایش قرار گیرد. ترازوئی با ظرفیت ۵۰ کیلوگرم و با دقت ۱۰ گرم مورد نیاز است.

۴-۴: الک ها: سری الکهای مشروحه در جدول (۱) با سوراخ های چهارگوش مطابق استاندارد B.S 410 برای آزمایش مناسب است. جدول (۱) الکهای مورد استفاده با سوراخهای چهارگوش برروی صفحه مشبک به قطر ۴۵۰ میلیمتر یا ۳۰۰ میلیمتر را نشان می دهد.

۵۰ میلیمتر
۳۷/۵ میلیمتر
۲۸ میلیمتر
۲۰ میلیمتر
۱۴ میلیمتر
۱۰ میلیمتر
۶/۳۰ میلیمتر

جدول ۱ - ویژگیهای الکها

- ۴-۵ - تکان دهنده مکانیکی الکها : استفاده از این وسیله به صورت انتخابی می باشد .
- ۴-۶ - سینی ها : سینی های فلزی در اندازه های مناسب که قابل استفاده در گرمخانه باشد و حرارت بر روی آن بی اثر می باشد و وزن آنها نیز تغییر نمی کند .
- ۴-۷ - دستگاه فلزی اندازه گیری ، طول سنگدانه ها : شکل (۲) دستگاه اندازه گیری ضریب تطویل سنگ دانه ها را نشان می دهد .



شکل ۲ - دستگاه اندازه گیری ضریب تطویل

۵-تهیه نمونه آزمایشگاهی :

نمونه اولیه را مطابق با بند ۶ استاندارد BS812 قسمت ۱۰۲ سال ۱۹۸۹ آنقدر کاهش دهید تا اینکه وزن آنها مطابق جدول (۲) تهیه شود . (مصالح درشت دانه مانده روی الک ۵۰ میلیمتر و همچنین ریزدانه های رد شده از الک ۶/۳ میلیمتر کنار گذاشته می شوند) مصالح بدست آمده را در گرمخانه با درجه حرارت $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ خشک تا به وزن ثابت یا در حدود ۰/۱ درصد رطوبت واقعی برسد . سپس این مصالح را سرد و توزین نمائید . جدول (۲) حداقل وزن لازم جهت آزمایش ضریب تطویل دانه ها در آزمایشگاه پس از حذف درشت دانه و ریزدانه را نشان می دهد .

اندازه اسمی سنگدانه	حداقل وزن نمونه لازم
۴۰ میلیمتر	۱۵ کیلوگرم
۲۸ میلیمتر	۵ کیلوگرم
۲۰ میلیمتر	۲ کیلوگرم
۱۴ میلیمتر	۱ کیلوگرم
۱۰ میلیمتر	۰/۵ کیلوگرم

جدول ۲ - حداقل وزن لازم جهت آزمایش ضریب تطویل

۶- روش آزمایش:

برای آنکه مصالح را به بخشهای مختلف تقسیم نمائید ، لازم است الکهای را مطابق جدول ۳ انتخاب و دانه بندی را بر طبق بند (۷) استاندارد BS812 Section 103.01:1985 انجام دهید . تمام مصالح مانده روی الک ۵۰ میلیمتر و رد شده از الک ۶/۳ میلیمتر کنار گذاشته میشوند . بطور جداگانه هر بخشی از مصالح را که روی الک باقی میماند (بجز مانده رول الک 50mm) وزن کرده و در سینی های مجزا بریزید . روی هر سینی اندازه الک رد شده و مانده یادداشت شود . در این هنگام اگر وزن هر کدام از بخشهای تفکیک شده مصالح ، از حداقل وزن لازم مندرج در جدول (۳) بیشتر بود آن بخش را میتوانید مجدداً تقسیم کنید بطوریکه وزن حاصل تقسیم از نصف مقدار حداقل نمونه مندرج در جدول (۳) کمتر نباشد . در اینجا لازم است توجه شود که پس از تعیین سنگدانه های دراز در نمونه تقسیم شده ، مقدار آن به کل (قبل از تقسیم) تصحیح شود . جدول (۳) اطلاعات لازم برای اندازه گیری ضریب تطویل سنگدانه ها را نشان می دهد .

حداقل وزن برای تقسیم مجدد	فاصله بین ۲ سوزن دستگاه (۱)	تفکیک مصالح در اندازه های مختلف	
		اندازه سوراخها الکها	
		۱۰۰ درصد عبوری	۱۰۰ درصد مانده
۲۵ میلیمتر	$78/7 \pm 0/3$ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر	۵۰ میلیمتر
۱۵ میلیمتر	$59 \pm 0/3$ میلیمتر	۲۸ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر
۵ میلیمتر	$42/2 \pm 0/3$ میلیمتر	۲۰ میلیمتر	۲۸ میلیمتر
۲ میلیمتر	$21/6 \pm 0/3$ میلیمتر	۱۴ میلیمتر	۲۰ میلیمتر
۱ میلیمتر	$21/6 \pm 0/2$ میلیمتر	۱۰ میلیمتر	۱۴ میلیمتر
۰/۵ میلیمتر	$14/7 \pm 0/2$ میلیمتر	۶/۳ میلیمتر	۱۰ میلیمتر

جدول ۳- اطلاعات لازم برای اندازه گیری ضریب تطویل سنگدانه ها

(۱) - این مقادیر برابر است با ۱/۸ اندازه متوسط الکها

با فرض اینکه وزن کل مصالح تفکیک شده روی الکها برابر با (M_۱) باشد . درصد مانده روی هر الک را بصورت مجزا حساب کنید . هر بخش از مصالح تفکیک شده روی الکها را که دارای وزن کمتر یا مساوی ۵٪ وزن (M_۱) باشد حذف کنید . سپس وزن کل مصالح باقیمانده را تعیین و یادداشت نمایید (M_۲) .

سنگدانه های تفکیک شده بر روی الک مختلف را دانه دانه و بکمک دست از میان میله های دستگاه تطویل (در فاصله ایی متناسب با الکهای تفکیکی) عبور دهید . دانه های دراز هر بخش , آنهایی هستند که بزرگتر بعد سنگدانه از میان میله های دستگاه عبور نکند . بدین ترتیب دانه های دراز از بقیه سنگدانه ها برای هر بخش جدا میشود . تمامی سنگدانه های دراز را با هم جمع و وزن نمائید . (M3)

نکته : گاهی درخواست میشود که ضریب تطویل برای هر بخش تفکیک شده , بصورت مجزا تعیین شود . در این حالت درصد سنگدانه های تخت هر بخش نسبت به وزن سنگدانه ها تفکیک شده در همان بخش بصورت درصد محاسبه میشود .

۷- محاسبه و گزارش : مقدار ضریب تطویل بودن مصالح از رابطه زیر محاسبه میشود .

$$\text{ضریب تطویل} = \frac{M_3}{M_2} \times 100$$

M2 = وزن کل مصالح تفکیک شده (که در آن بخشهای کمتر از (یا مساوی) ۵٪ وزن اولیه حذف شده است)

M3 = وزن کل سنگدانه های دراز .

نتیجه آزمایش تعیین ضریب تطویل بودن به نزدیک ترین عدد صحیح گزارش میشود . در گزارش ضمن درج مشخصات نمونه و ضریب تطویل بودن , دانه بندی این آزمایش نیز قید می شود .

آزمایش ضریب تخت بودن مصالح درشت دانه Flakiness Index

BS-812 · SECTION 105 1

بازگشت

مقدمه : همانطوری که می دانیم B.S812 استاندارد انگلیسی است که روش اندازه گیری ضریب تورق را بیان می کند که تعاریف مورد لزوم این بخش استاندارد در قسمتهای ۱۰۱ و ۱۰۲ BS 812 توضیح داده شده است .

۲- روش آزمایش : سنگدانه هائی متورق (تخت) طبقه بندى می شوند که دارای ضخامتى (کوچکترین بعد) کمتر از ۰/۶ میانگین اندازه الکهايشان باشند . میانگین اندازه الکها عبارتست از متوسط اندازه سوراخ دو الک متوالی مشخص که برای تفکیک سنگدانه ها در مصالح مورد نظر بکار می رود . بعنوان مثال میانگین اندازه الکها برای سنگدانه هائیکه مطابق جدول ۳ از الک 63mm رد شده و عبور کرده و بر روی الک ۵۰ میلیمتر باقیمانده باشند . عبارتست از $\frac{63 + 50}{2}$

و بنابراین سنگدانه هائی تخت محسوب میشوند که ضخامت آنها کمتر از $33.9 = 0.6 \times \left(\frac{63 + 50.2}{2} \right)$ باشد .

ضریب تخت بودن یک عبارتست از حاصل تقسیم وزن سنگدانه های تخت جدا شده به وزن مورد آزمایش ضربدر صد .

۳- نمونه گیری: نمونه مورد آزمایش باید طبق بند ۵ استاندارد BS 812 قسمت ۱۰۲ سال ۱۹۸۹ تهیه شود .

۴- وسائل مورد نیاز آزمایش :

الف - وسیله تقسیم کننده نمونه : با اندازه ای متناسب با حداکثر قطر دانه های مورد آزمایش می باشد . در صورتیکه این وسیله در اختیار نباشد ، میتوان بوسیله یک خاک انداز و در یک سطح صاف تمیز سفت (یا سینی فلزی) عمل چهار قسمت کردن را انجام داد .

ب - گرمخانه (Oven) : مجهز به سیستم تهویه و کنترل درجه حرارت بطوریکه درجه حرارت را در $105 \pm 5^\circ \text{C}$ ثابت نگهدارد .

ج - ترازو: این ترازو بایستی دارای دقتی در حدود ۰/۱٪ وزن نمونه مورد آزمایش باشد .

بطور کلی دو ترازو یکی به ظرفیت ۵ کیلوگرم با دقت ۱ گرم و دیگری به ظرفیت ۵۰۰ گرم با دقت ۰/۱ گرم کافی می باشد . اگر سنگدانه هائی با قطر اسمی بزرگتر از ۲۸ میلیمتر مورد آزمایش قرار گیرد . ترازوئی با ظرفیت ۵۰ کیلوگرم و با دقت ۱۰ گرم مورد احتیاج است .

د-الک ها : سری الکهای مشروحه در جدول (۱) با سوراخ های چهارگوش که روی صفحه مشبک به قطر ۴۵۰ یا ۳۰۰ میلیمتر مطابق با استاندارد B.S-410 برای آزمایش مورد نیاز است .

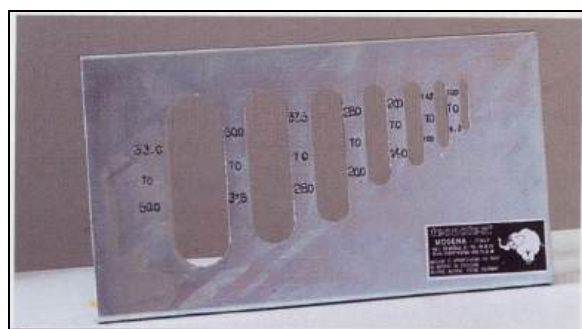
۶۳ میلیمتر
۵۰ میلیمتر
۲۸ میلیمتر
۲۷/۵ میلیمتر
۲۴ میلیمتر
۲۰ میلیمتر
۱۰ میلیمتر
۶/۳۰ میلیمتر

جدول ۱ - ویژگیهای الکها

ه- تکان دهنده مکانیکی الکها: استفاده از این وسیله به صورت انتخابی می باشد.

و- سینی ها: سینی های فلزی در اندازه های مناسب که قابل استفاده در گرمخانه باشد و حرارت بر روی آن بی اثر و تغییر وزن هم نمی دهند.

ز- دستگاه فلزی اندازه گیری تخت بودن سنگدانه ها یا وسایل مشابه آن. شکل (۱) دستگاه اندازه گیری تخت بودن سنگدانه ها را نشان می دهد.



شکل ۱- دستگاه اندازه گیری ضریب تورق

*- دستگاه تعیین ضریب تورق مصالح از یک صفحه فلزی ساخته شده است که در سطح آن شیارهایی با ابعاد معین ایجاد شده و چنانکه از شکل آن پیداست در کنار هر شیار اندازه دو الک متوالی که توسط آن دو الک مصالح به بخشهای مختلف تفکیک میشود و در زیر هر شیار ۰/۶ میانگین اندازه همین دو الک حک شده است. طول و عرض شکافهای دستگاه ضخامت سنج و اندازه الکهای مورد استفاده و حدود تغییرات آنها بایستی مطابق جدول (۳) باشد. ضخامت صفحه فولادی دستگاه بایستی ۱/۵ میلیمتر باشد.

ه- تهیه نمونه آزمایشگاهی:

نمونه اولیه را مطابق با بند ۶ استاندارد BS812 قسمت ۱۰۲ سال ۱۹۸۹ آنقدر کاهش دهید تا اینکه وزن آنها مطابق جدول (۲) و با توجه به اندازه اسمی سنگدانه ها تهیه شود.

مصالح مانده روی الک ۶۳ میلیمتر عبور کرده از الک ۶/۳ میلیمتر کنار گذاشته شود. مصالح بدست آمده را در گرمخانه با درجه حرارت 105 ± 5 درجه سانتیگراد خشک تا به وزن ثابت یا در حدود ۰/۱ درصد رطوبت واقعی برسد. سپس این مصالح را سرد و توزین نمائید.

اندازه اسمی سنگدانه	حداقل وزن نمونه لازم جهت آزمایش
۵۰ میلیمتر	۳۵ کیلوگرم
۴۰ میلیمتر	۱۵ کیلوگرم
۲۸ میلیمتر	۵ کیلوگرم
۲۰ میلیمتر	۲ کیلوگرم
۱۴ میلیمتر	۱ کیلوگرم
۱۰ میلیمتر	۰/۵ کیلوگرم

جدول ۲ - حداقل وزن لازم

۶- روش آزمایش :

آزمایش دانه بندی را مطابق با بند (۷-۳) استاندارد BS812 Section 103.1:1985 و با استفاده از الکهای مندرج در جدول (۱) انجام دهید. برای مصالحی که احتمالا بعلت وجود رس یا مواد مشابه آن دانه ها بصورت مجتمع در می آیند روش آزمایش دانه بندی مطابق بند (۷-۲) BS812 SACTION 103.1:1985 انجام شود. لازم است سنگدانه های مانده روی الک ۶۳ میلیمتر و تمام مواد عبوری از الک ۶/۳ میلیمتر حذف گردد.

حداقل وزن برای تقسیم مجدد	پهنای شکافهای دستگاه تعیین تورق (یا الکهای مخصوص)	تفکیک مصالح در اندازه های مختلف	
		اندازه سوراخها الکها	
		۱۰۰ درصد عبوری	۱۰۰ درصد مانده
۵۰ کیلوگرم	$33/9 \pm 0/3$ میلیمتر	۶۳ میلیمتر	۵۰ میلیمتر
۲۵ کیلوگرم	$26/2 \pm 0/3$ میلیمتر	۵۰ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر
۱۵ کیلوگرم	$19/7 \pm 0/3$ میلیمتر	۳۷/۵ میلیمتر	۲۸ میلیمتر
۵ کیلوگرم	$14/4 \pm 0/15$ میلیمتر	۲۸ میلیمتر	۲۰ میلیمتر
۲ کیلوگرم	$10/2 \pm 0/15$ میلیمتر	۲۰ میلیمتر	۱۴ میلیمتر
۱ کیلوگرم	$7/2 \pm 0/1$ میلیمتر	۱۴ میلیمتر	۱۰ میلیمتر
۰/۵ کیلوگرم	$4/9 \pm 0/1$ میلیمتر	۱۰ میلیمتر	۶/۳ میلیمتر

جدول ۳- اطلاعات لازم برای اندازه گیری ضریب تورق سنگدانه ها

۷- محاسبه و گزارش: مقدار ضریب تخت بودن مصالح از رابطه زیر محاسبه میشود .

$$\text{ضریب تخت بودن} = \frac{M_3}{M_2} \times 100$$

M_2 = وزن کل نمونه .

M_3 = وزن دانه های تطویل شده .

نتیجه آزمایش تعیین ضریب تخت بودن به نزدیک ترین عدد صحیح گزارش میشود . در گزارش ضمن درج مشخصات نمونه و ضریب تخت بودن ، دانه بندی این آزمایش نیز قید می شود .

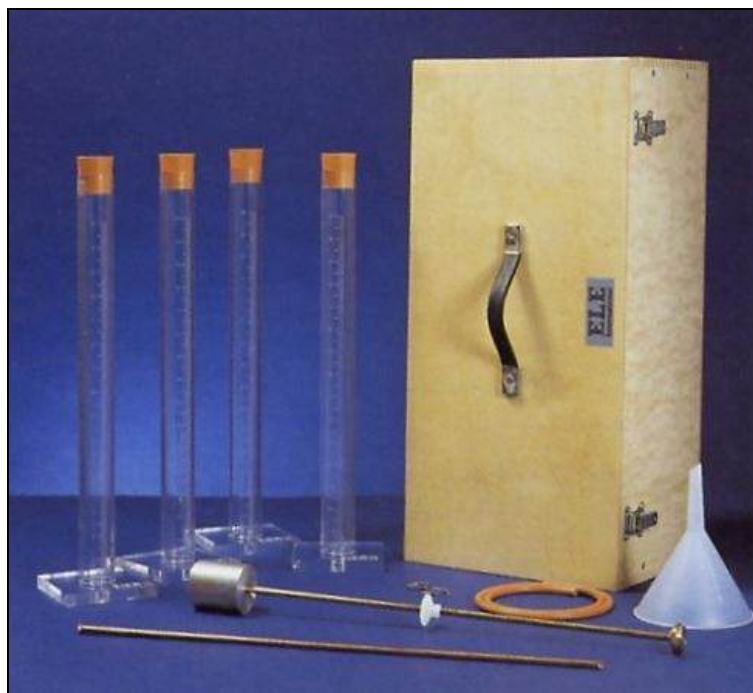
آزمایش ارزش ماسه ای Sand Equivalent Test AASHTO-T 176 , ASTM D2419

بازگشت

۱- هدف : این آزمایش به منظور تعیین سریع نسبت ذرات ریز یا مواد رس گونه در خاکها یا مصالح دانه بندی شده بکار برده می شوند . آزمایش ارزش ماسه ای که به اختصار هم ارز ماسه (SE) در تعیین مرغوبیت مصالح جهت پروژه های راهسازی ، بتن سازی ، آسفالت و لایه های زهکشی و غیره کاربرد دارد و در حقیقت تکمیل کننده آزمایشات دانه بندی می باشد .

۲- وسایل آزمایش :

۱-۲ - یک سیلندر پلاستیکی مدرج با در پلاستیکی ، لوله پلاستیکی و فلزی متصل به آن میله وزنه دار و سیفون می باشد . در شکل (۱) کلیه لوازم این آزمایش نشان داده شده است .



شکل ۱- لوازم آزمایش ارزش شنی

کلیه این وسایل باید دقیقاً طبق مشخصات باشند سیفون را به یک منبع شیشه ای یک گالنی (۴ لیتری) که محلول کلرور کلسیم جهت انجام این آزمایش دارد وصل کنید . منبع محلول بهتر است (۹۱۵±۲۵) میلیمتر بالاتر از سطح میز قرار گیرد تا محلول به راحتی بتواند در داخل سیلندر پلاستیکی جاری شود . به جای منبع ۴ لیتری می توان از یک ظرف پلاستیکی یا شیشه ای که حجم بیشتری دارد استفاده نمود . مشروط بر اینکه سطح محلول بین ۹۱۵ تا ۱۱۷۰ میلیمتر از سطح کار بالاتر باشد .

توضیح ۱- در مدل قدیمیتر میله وزنه ، دارای یک واشر راهنما می باشد که در بالای سیلندر مدرج کار گذاشته میشود و میله را در مرکز سیلندر نگاه میدارد و پایه این میله وزنه دار دارای یک سطح مخروطی شکل و ۳ پیچ میباشد تا آنرا در

مرکز سیلندر نگاه دارد ، این مدل قدیمی میله عقربه دار برای قرائت سیلندر ندارد اما یک شکاف در پیچهای میله وزنه دار بطور افقی دارد که برای قرائت سیلندر بکار میرود . میله وزنه دار با نشانه جهت آزمایش مصالح رسی بکار میرود .

۲-۲ - یک سیلندر فلزی نمونه گیر به حجم ۳ انس (۸۵ میلی لیتر) به قطر داخلی ۲,۱/۴ اینچ و گنجایش 85 ± 5 میلی لیتر

۳-۳ - یک قیف دهان گشاد به قطر ۴ اینچ (۱۰۰ میلی لیتر) .

۴-۲ - یک ساعت برای تعیین دقیق زمان .

۵-۲ - یک تکان دهنده مکانیکی بطوریکه بتواند سیلندر پلاستیکی را در فاصله 8 ± 0.4 اینچ ($203/2 \pm 1/0.2$ میلیمتر) 175 ± 2 تکان در دقیقه بدهد . قبل از استفاده بایستی سیلندر ارزش ماسه ای روی دستگاه کاملاً محکم شود . مقدار فرکانس دستگاه تکان دهنده مکانیکی $2/92 \pm 0.3$ هرتز می باشد .

۶-۲ - یک تکان دهنده نیمه اتومکانیکی که قادر باشد ۱۰۰ تکان کامل در 5 ± 45 ثانیه بدهد که طول آن 5 ± 0.2 اینچ ($127/00 \pm 5/0.8$) میلیمتر است که به کمک دست انجام می شود . تکان دهنده بایستی کاملاً و به طور افقی در دستگاه مکانیکی در داخل گیره های خود متصل گردد . شکل ۲- دستگاه تکان دهنده نیمه اتومکانیکی را نشان می دهد .



شکل ۲ - دستگاه تکان دهنده نیمه اتومکانیکی

توضیح ۲ - از تکان دهنده مکانیکی بیشتر برای تعیین دقت آزمایشات انجام گرفته با دست یا به وسیله دستگاه نیمه اتومکانیکی استفاده میشود . البته بهتر است حتی الامکان از تکان دهنده مکانیکی یا نیمه اتومکانیک بجای تکان دهنده دستی استفاده نمود .

۷-۲- محلول کلرور کلسیم (استاک - STOCK) که قبلاً تهیه شده است ، باید شامل مواد شیمیائی زیر باشد :

۴۵۴ گرم کلرور کلسیم بدون آب ، $2/050$ گرم ($1/640$ سانتیمتر مکعب) گلیسرین ، ۴۷ گرم (45 سانتیمتر مکعب) فرم آلدئید (40% حجمی) . محلول کلرور کلسیم را می توان بشرح زیر تهیه نمود .

کلرور کلسیم را در $1/89$ لیتر آب مقطر یا آب فاقد املاح معدنی حل کنید . پس از سرد شدن آب را با کاغذ صافی نمره ۱۲ وات من What man (یا کاغذ صافی معادل) صاف کنید . گلیسرین و فرم آلدئید را به آن اضافه نمایید . پس از مخلوط

کردن حجم محلول را با اضافه کردن آب مقطر یا آب فاقد املاح به $3/79$ لیتر برسانید. البته اگر آب محل فاقد املاح باشد و مطمئن باشید که بر روی نتایج تاثیر نمی گذارد استفاده از آن ممکن است.

۲-۸- محلول استاک کلرور کلسیم که جهت آزمایش بکار می رود. 85 ± 5 میلی لیتر از محلول فوق را در ظرفی با آب مقطر مخلوط کرده و حجم آن را به $3/79$ لیتر برسانید در صورت در دسترس نبودن آب مقطر یا آب فاقد املاح می توان از آب لوله کشی در صورتیکه مواد معدنی آن زیاد نباشد استفاده نمود.

۲-۹- یک خط کش یا کاردک جهت صاف کردن خاک نمونه در داخل سیلندر فلزی نمونه گیر.

۲-۱۰- یک گرمخانه که درجه حرارت را کنترل و تعدیل کرده بتواند درجه حرارتی بین 110 ± 5 درجه سانتیگراد ایجاد نماید.

۳-کنترل:

۳-۱- درجه حرارت محلولی که جهت آزمایش بکار می رود باید 22 ± 3 درجه سانتیگراد برابر (72 ± 5 درجه فارنهایت) در طول آزمایش باشد چنانچه لازم باشد. آزمایش در درجه حرارتی غیر از این انجام شود، آزمایشات کنترل جهت این مسئله باید به عمل آید و اگر نتایج آن با آزمایشی که در درجه حرارت مشخص شده انجام می شود اختلاف زیادی نداشت در آن هنگام می توان آزمایش را در درجه های حرارت دیگر انجام داد.

۴- تهیه نمونه آزمایش:

آزمایش ارزش ماسه ای را می توان بر روی خاکها یا مصالح شنی و ماسه ای انجام داد. ولی در هر حال مصالح مورد آزمایش باید از الک نمره ۴ قبلا رد شده باشد. کلیه مصالح درشت و ریز چسبیده به یکدیگر از هم جدا شده و از الک نمره ۴ (میلیمتر $4/75$) عبور داده شوند. مصالح مانده روی الک شماره ۴ پس از پاک شدن ریزدانه ها ریخته میشود.

پس از تقسیم نمونه به روش ۴ قسمتی، مقداری از نمونه را که کمی بیشتر از 85 میلی لیتر می باشد جهت آزمایش جدا کرده و داخل سیلندر فلزی نمونه گیر بریزید.

توضیح شماره ۳:

تجربه نشان داده است که نمونه گیری در این آزمایش بسیار حائز اهمیت است و چنانچه به روش چهار قسمتی یا به روشهای دیگر نمونه بطور صحیح تقسیم نگردد، نتایج بدست آمده با واقعیت امر تطبیق نمیکند. بنابراین لازم است که کمال دقت هنگام تقسیم به عمل آمده و از بین رفتن مواد نرمه که اثر آنها در این آزمایش بسیار موثر است جلوگیری گردد.

۴- مقدار مورد نیاز برای آزمایش را با یکی از دو روش زیر تهیه کنید:

۴-۱- روش شماره ۱- خشک کردن نمونه در هوا: در این روش پس از ۴ قسمتی کردن نمونه و رد کردن آن از الک نمره ۴، سیلندر فلزی نمونه گیر را از نمونه پر کرده و با کوبیدن ته نمونه گیر به میزان کار حداکثر مقدار ممکنه را از نمونه را داخل آن مینمائیم به طوریکه بیش از این مقدار نتوانیم خاک در نمونه گیر قرار دهیم. مقدار زیادی نمونه را بوسیله خط کش یا کاردک از روی نمونه گیر بر میداریم.

۴-۱-۲- روش دوم - مرطوب کردن نمونه قبل از آزمایش: در این روش نمونه باید دارای رطوبتی باشد بطوریکه پس از فشار دادن آن در داخل دست و برداشتن فشار از آن خرد نشود. اگر نمونه پس از فشار دادن خرد شد، قدری آب به آن

اضافه میکنیم تا در اثر فشار دست و برداشتن فشار از هم نپاشد. نمونه هائیکه زیادتیر از این مقدار آب دارند بایستی به آن حد در معرض هوا خشک شوند تا شرایط فوق الذکر بدست آید. در این هنگام بایستی نمونه برای مدت ۱۵ دقیقه در حالیکه پارچه مرطوبی روی آن کشیده شده است به حال خود باقی بماند تا آب موجود جذب مصالح سنگی شود.

پس از قراردادن نمونه به مدت ۱۵ دقیقه جهت جذب آب و هنگامیکه نمونه مورد آزمایش کاملاً از نظر داشتن آب یکنواخت بود آن را به طریق زیر در داخل نمونه گیر بریزید. سیلندر فلزی نمونه گیر ۸۵ میلی لیتری را با نمونه مرطوب و با فشار دست پر نمائید، بطوریکه ماکزیم مقدار نمونه در داخل نمونه گیر قرار گیرد. تراکم کردن به این روش باید ادامه یابد و پس از پر شدن مواد زیادی به وسیله خط کش یا کاردک برداشته شود.

توضیح ۴ - نمونه گیری و آزمایش هر دو روش فوق الذکر طبق مشخصات استاندارد است. با اینکه نتایج آزمایش بر روی نمونه مرطوب کمتر از نتایج آزمایش با نمونه خشک است ولی از نظر استاندارد هیچ فرقی با هم ندارند. هر یک از دو روش را میتوان بطور همیشه و برای یک کار مخصوص انجام داد. البته روش نمونه گیری بایستی در گزارش قید شود.

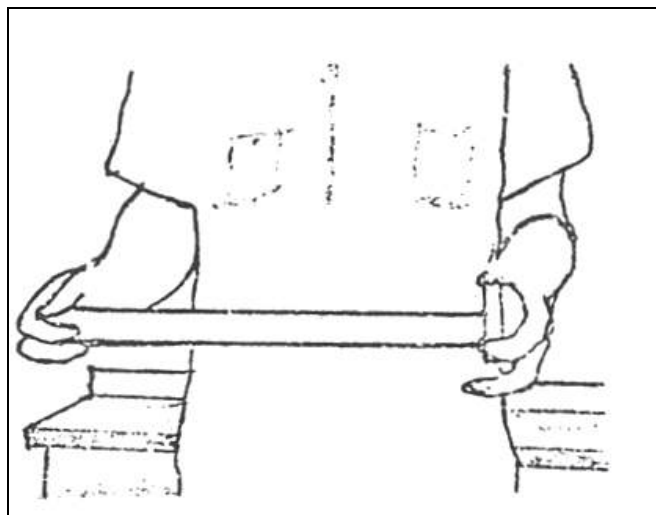
۵- روش آزمایش:

۵-۱ - محلول کلرور کلسیم را به داخل سیلندر پلاستیکی بریزید تا ارتفاع محلول در سیلندر به 14 ± 0.1 اینچ ($10.1/6 \pm 2.5$) میلیمتر برسد. نمونه آماده شده را با استفاده از قیف به داخل سیلندر پلاستیکی وارد کنید. جهت خارج کردن هوای موجود در سیلندر ته آن را چندین بار به کف دست میزنیم تا کلیه حبابهای موجود خارج شود. سپس سیلندر با محتویاتش به مدت 10 ± 1 دقیقه در روی میز به حال خود باقی میماند. در پایان ده دقیقه که کلیه مصالح سنگی از محلول اشباع شده است سر پلاستیکی سیلندر را روی آن قرار دهید. در این هنگام با پشت و رو کردن سیلندر مصالح سنگی از زیر سیلندر به بالای آن هدایت شده و به جای اولیه خود برمیگردد. پس از این عمل با یکی از ۳ روش زیر، سیلندر را تکان دهید.

۱- روش تکان دهنده مکانیکی (روش کنترل) پس از بستن سر سیلندر با سر پلاستیکی آن، سیلندر و محتویات آن را در روی تکان دهنده برقی قرار دهید سپس ماشین را برای مدت 45 ± 1 ثانیه به حرکت درآورید.

۲- روش تکان دهنده نیمه اتومکانیکی، سیلندر در بسته را به وسیله سه فنر و پیچ مربوطه در محل خود قرار دهید و کنترلر شماره زن را بر روی صفر میزان کنید. سپس روبروی دستگاه ایستاده و بوسیله دست سیلندر و ضمائم متصل به آن را تامل نشانه تکان دهید. سپس دست خود را از روی آن برداشته اجازه دهید که سیلندر بوسیله کشش ضربه جهت مخالف حرکت اولیه حرکت کند. نیروی کافی با دست راست خود به فنر وارد کنید که هر تکان را به محل نشانه برساند البته این حرکت متناوبی باید یکنواخت باشد به طوریکه طول فاصله رفت و برگشت سیلندر دقیقاً طبق مشخصات باشد. مرکز هر حرکت و طول فاصله آن مشخص شده است. تکان دادن را ادامه دهید تا به صد عدد کامل برسد.

۳- روش دستی: در این روش سیلندر پلاستیکی را با دو دست بطور افقی نگهدارید، طبق شکل ۳ سپس با تکان دادن افقی سیلندر تعداد ۹۰ تکان رفت و برگشت در حدود مدت ۳۰ ثانیه بطوری داده میشود که فاصله رفت یا برگشت آن 9 ± 1.0 اینچ (یا 22.9 ± 2.5 میلیمتر) باشد. یک تکان رفت و برگشتی به معنی یک حرکت کامل رفت باضافه یک حرکت کامل برگشت است که البته بهتر است این عمل فقط بوسیله دو ساعد دست و حرکت آزاد بدن و شانه ها انجام گیرد. شکل ۳ روش دستی انجام آزمایش ارزش ماسه ای را نشان می دهد.



شکل ۳ - روش دستی انجام آزمایش ارزش ماسه ای

پس از تکان دادن ، سیلندر را روی میز قرار داده ، سر پلاستیکی آنرا بردارید .

روش شستشو : لوله فلزی شستشو وصل شده به لوله پلاستیکی را داخل سیلندر فرو نمائید و پس از بازکردن لوله پلاستیکی اجازه دهید که محلول از منبع به داخل سیلندر هدایت شود با چرخاندن این میله و با حرکت از بالا به پایین کلیه مصالحی که به دیواره سیلندر چسبیده اند به زیر سیلندر هدایت کنید. سپس میله شستشو را با کمی فشار و حرکت چرخشی ، در حالیکه از نوک آن مایع خارج میشود داخل مواد ته سیلندر نمائید . در اثر این عمل مواد درشت دانه در زیر و ریزدانه ها در روی آن قرار خواهند گرفت . البته در این هنگام مایع در داخل سیلندر بالا میرود و سپس حجم سیلندر را دقیقاً به ۱۵ اینچ (۳۸۱ میلیمتر) برسانید این عمل باید طوری انجام گیرد که پس از خارج کردن لوله فلزی از داخل محلول و بستن شیر مربوطه ، حجم کامل مایع دقیقاً به ۱۵ اینچ (۳۸۱ میلیمتر) برسد .

سیلندر را بر روی میز به مدت ۲۰ دقیقه ± ۱۵ ثانیه به حال خود باقی می ماند . زمانی را که لوله فلزی از سیلندر خارج میشود ، ابتدای این زمان بجساب آورید . در انتهای ۲۰ دقیقه که کلیه مصالح سنگی رسوب نمود ، سطح بالائی کلیه مصالح (رس معلق) را یادداشت کنید، این عدد بعنوان عدد رس ، خوانده میشود . چنانچه خط مشخصی پس از ۲۰ دقیقه بدست نیامد ، به سیلندر و مصالح محتوی آن ، مدت بیشتری اجازه دهید تا چنین خط مشخصی نمایان گردد . زمان لازم برای قرائت را یادداشت نمائید . اگر کل مدت زمان رسوب گذاری بیش از ۳۰ دقیقه طول کشید ، آزمایش را با سه نمونه جداگانه از همان مصالح تکرار کنید . ارتفاع رس و زمان را یادداشت کرده ، عدد مربوط به کوتاه ترین مدت برای رسوب گذاری را یادداشت نمائید . پس از خواندن عدد رس برای تعیین مقدار ماسه به یکی از روشها عمل میکنیم .

۱- هنگامیکه با میله وزنه دار حاوی نشانه ، کار می کنید میله را به آرامی در حالیکه سر نشانه با بدنه داخلی سیلندر تماس دارد بطرف پائین حرکت دهید . هنگامیکه میله نشانه دار به وسیله وزنه سر آن بر روی ماسه نشست دقیقاً ارتفاعی که سرنشانه بر روی سیلندر قرار گرفته است بعنوان ارتفاع ماسه یادداشت کنید مقدار ۱۰ اینچ (۲۵۴ میلیمتر) از کل ارتفاع محل نشانه کم کنید تا مقدار ماسه مشخص شود .

۲- چنانچه با میله وزنه دار قدیمی کار میکنید که بوسیله ۳ پیچ مقدار ماسه مشخص میشود ، شکاف یکی از پیچها را در حالیکه مماس به سیلندر راست ، از بالا به پایین حرکت دهید تا بر روی ماسه بنشیند . در این هنگام ارتفاعی که در محل شکاف پیچ بر روی سیلندر مدرج شده است بخوانید و به عنوان مقدار ماسه یادداشت کنید .

• چنانچه قرائت عدد رس یا ماسه در فاصله بین ۰/۱ اینچ (۲/۵ میلیمتر) باشد مقدار بزرگتر را به عنوان خاک رس یا ماسه یادداشت کنید ، برای مثال چنانچه مقدار رس ۷/۹۵ باشد عدد ۸/۰ را بعنوان مقدار رس یادداشت کنید و چنانچه مقدار ماسه ۳/۲۲ باشد عدد ۳/۳ را بعنوان مقدار ماسه یادداشت کنید .

توضیح ۵ - اگر برای مصالح مورد مصرف در آسفالت گرم ، در مشخصات قید شده باشد که باید پس از گرم شدن مورد آزمایش قرار گیرند در این موقع ممکن است آزمایش ارزش ماسه ای بر روی مصالح گرم شده در گرمخانه بعمل آید .

۶- محاسبات :

۶-۱- مقدار ارزش ماسه ای (SE) را تا ۰/۱ تقریباً با فرمول زیر بدست آورید .

$$SE = 100 * \frac{\text{مقدار ماسه}}{\text{مقدار رس}}$$

۶-۲- چنانچه ارزش ماسه ای (SE) یک عدد کامل نبود ، نزدیکترین عدد بزرگتر را بعنوان ارزش ماسه ای یادداشت کنید .

بعنوان مثال اگر :

$$SE = \frac{3.3}{8} \times 100 = 41.5$$

عدد ۴۲ را بعنوان ارزش ماسه ای یادداشت کنید .

۶-۳- اگر لازم باشد که میانگین مقداری از آزمایشات را تعیین کنیم ، ابتدا نزدیکترین عدد کامل را برای هر کدام پیدا کرده ، سپس معدل میگیریم در این هنگام چنانچه معدل نتایج باز عدد کامل نبود ، نزدیکترین عدد بزرگتر را بعنوان معدل ارزش ماسه ای نمونه های مزبور یادداشت کنید .

برای مثال : اگر ارزش ماسه ای (SE) ۳ نمونه به ترتیب ۴۱/۲ و ۴۳/۸ و ۴۰/۹ باشد ابتدا این اعداد را کامل کرده سپس معدل میگیریم یعنی بجای این ۳ عدد عددهای ۴۲ و ۴۴ و ۴۱ را معدل میگیریم معدل این ۳ عدد ۴۲/۳ خواهد بود .

$$\frac{42 + 44 + 41}{3} = 42.3$$

همین عدد را پس از کامل کردن به نزدیکترین عدد بزرگتر به عنوان معدل ارزش ماسه ای ۳ نمونه بحساب می آورید که در نتیجه ۴۳ خواهد بود .

۷- نکات مهم

۷-۱- آزمایش باید در محلی که دور از ویبراسیون باشد انجام گیرد . این لرزشها ممکن است باعث تسریع رسوبگذاری شود .

۷-۲- سیلندر پلاستیکی را نباید در مقابل آفتاب قرار داد زیرا کج شده و خراب می شود .

۷-۳- چنانچه مواد ارگانیکی بر روی محلول مورد آزمایش به شکل کفی نمودار شد می توان این ناخالصی را بوسیله محلول هیپو کلریت سدیم تمیز نمود و با اضافه کردن محلول رقیق این اسید بر روی محلول استوک کف های زاید را از روی محلول پاک نمود .

۷-۴- اگر میله فلزی بوسیله ماسه بسته شد بوسیله فشار آب یا هوا آنرا تمیز کنید تا بتوانیم محلول را به راحتی از منبع به سیلندر وارد نمود . بهر حال دقت شود که سوراخ میله شستشو از حد استاندارد بزرگتر نشود .

۸- شرایط آزمایش کننده :

۱- همانطوریکه قبلا اشاره شد برای انجام این آزمایش از سه روش تکان دهنده مکانیکی روش نیمه اتومکانیک روش دستی میتوان استفاده کرد .

۲- شخص آزمایش کننده باید شرایط انجام آزمایش به روش دستی و یا نیمه اتوماتیک را دارا باشد و قبلا آموزشهای لازم را دیده باشد و چنانچه بر روی یک مصالح سه آزمایش انجام دهد اختلاف هر کدام از این آزمایشها با میانگین سه آزمایش تفاوتی بیش از ± 4 عدد نداشته باشد . همچنین نتیجه میانگین سه آزمایش انجام شده بر روی یک مصالح مشخص در مقایسه با میانگین نتایج بدست آمده به روش کنترل ، تفاوتی بیش از ± 4 عدد نداشته باشد .

۳- نتیجه آزمایش ارزش ماسه ای بر روی گزارش دانه بندی ثبت می گردد .

تعیین استاندارد آزمایش سایش مصالح سنگی با دستگاه لوس آنجلس
(AASHTO T96 ، ASTM C131 و C535 ، ISRM)

بازگشت

هدف: این روش برای تعیین مصالح سنگی در مقابل سایش همراه با ضربه به کار می رود. در این روش مقدار افت وزنی سنگ بر اثر ضربه و سایش در دستگاه لوس آنجلس پس از تعداد مشخصی دوران به دست می آید. انجام این آزمایش بر روی مصالح سنگی مورد استفاده در راهسازی و بالاست راه آهن ضروری است و در صورت نیاز بر روی مصالح مصرفی در بتن نیز انجام می گیرد. نتایج این آزمایش را نمی توان بدون بررسی های لازم به عنوان یک معیار معتبر برای مقایسه بین مصالح سنگی که ساختمان، منبع و ترکیب متفاوتی دارند، به کار برد.

۱- وسایل مورد نیاز

الف) دستگاه لوس آنجلس: ماشین دستگاه لوس آنجلس مطابق با آزمایش ASTM CB1 میباشد. این دستگاه دارای یک استوانه فولادی توخالی است که از اطراف مسدود می باشد. قطر داخلی استوانه 5 ± 711 میلیمتر و طول داخلی آن 5 ± 508 میلیمتر می باشد. این استوانه بر روی پایه های محکمی که به فاصله کمی از دو طرف آن قرار گرفته اند سوار می گردد و در این حالت می تواند به راحتی حول محور افقی خود با رواداری (تولرانس) شیب یک درصد دوران کند. در بدنه استوانه دریچه ای قرار دارد که می توان نمونه را از آن طریق به استوانه وارد و یا از آن خارج کرد. درپوش این دریچه توسط چند پیچ کاملاً محکم شده و مانع خروج گردوغبار از استوانه می گردد. دریچه به شکلی طراحی شده که یکنواختی سطح داخلی استوانه به هم نخورد، بدین شکل که یک قطعه فولادی در مقابل دریچه به شکلی قرار گرفته که از افتادن گوی های فولادی به داخل آن جلوگیری می کند. یک زائده فولادی به ارتفاع 2 ± 89 و طول 5 ± 508 میلیمتر روی سطح داخلی استوانه قرار دارد. ضخامت این زائده به اندازه ای است که در اثر ضربه تغییر شکل ندهد. زائده در محلی قرار دارد که فاصله محیطی آن تا دریچه در جهت چرخش کمتر از $1/27$ متر نباشد. زائده از جنس فولاد با روکش مقاوم بوده و مقطع آن کاملاً عمود بر سطح داخلی استوانه است و قابل برداشتن می باشد. شکل یک دستگاه آزمایش لس آنجلس را نشان می دهد.



شکل ۱- دستگاه آزمایش لس آنجلس

ب) ترازو: با دقت ۰/۱ درصد وزن نمونه

پ) گوی های فولادی ساینده: تعداد و وزن گوی های فولادی بستگی به دانه بندی نمونه داشته و مطابق با جدول ۱ انتخاب می گردد. گوی های کروی فولادی با قطر میانگین تقریبی ۴۶/۸ میلیمتر می باشد که وزن آنها بین ۳۹۰ تا ۴۴۵ گرم می باشد.

جدول ۱: تعداد و وزن گوی های فولادی دستگاه لوس آنجلس

دانه بندی نمونه *	تعداد گوی ها	وزن گوی (gr)
۱	۱۲	5000 ± 25
۲	۱۲	5000 ± 25
۳	۱۲	5000 ± 25
A	۱۲	5000 ± 25
B	۱۱	4584 ± 25
C	۸	3330 ± 20
D	۶	2500 ± 15

* رجوع به جداول (۲) و (۳)

ت) الک : الک هایی مطابق با مشخصات ذکر شده در ASTM E12 (جدول ۴) .

ث) گرمخانه : با قابلیت تولید درجه حرارت ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد .

۲- نمونه مورد آزمایش :

دانه بندی و وزن نمونه های انتخابی برای قطعات بزرگتر از ۱۹ میلیمتر در جدول (۲) و برای قطعات کوچکتر از ۳۸ میلیمتر در جدول (۳) آورده شده است . چنانچه نمونه مورد آزمایش قطعات سنگی بزرگ یا مغزه های سنگی باشند ، ابتدا باید آنها را در سنگ شکن خرد نمود و سپس نمونه گیری را انجام داد . نمونه پس از انتخاب کاملاً شسته شده و در گرمخانه با حرارتی بین ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزنی ثابت خشک می شود . سپس جرم نمونه با دقت ۰/۱ درصد جرم کل اندازه گیری می گردد . در صورتی که نمونه اساساً فاقد هرگونه غبار یا آلودگی سطحی باشد نیازی به شستن آن قبل و بعد از آزمایش نمی باشد .

نکته ۱ : مصالح سنگی با ابعاد بین ۱۹ تا ۳۸ میلیمتر را می توان با استفاده از هر دو جدول (۲) و (۳) تهیه نمود . نوع دانه بندی باید حتماً در گزارش قید گردد . (جداول مذکور برای الک هایی با سوراخ مربعی ارائه شده اند) .

3

جدول (۲) : دانه بندی نمونه های انتخابی برای قطعات بزرگتر از ۱۹ میلیمتر (یا 4 اینچ)

وزن قسمتهای انتخابی از هر الک (gr)			اندازه الک با سوراخهای مربعی (mm) *	
نوع دانه بندی			مانده روی الک	رد شده از الک
۳	۲	۱		
-	-	2500 ± 50	۶۳	۷۵
-	-	2500 ± 50	۵۳	۶۳
-	5000 ± 50	5000 ± 50	۳۸	۵۳
5000 ± 25	5000 ± 25	-	۲۵/۴	۳۸
5000 ± 25	-	-	۱۹	۲۵/۴
10000 ± 50	10000 ± 75	10000 ± 100		

*مقایسه الک های انگلیسی و آمریکایی در جدول (۴) آمده است .

1 1/2

جدول (۳) دانه بندی نمونه های انتخابی برای قطعات کوچکتر از ۳۸ میلیمتر (یا 1 1/2 اینچ)

وزن قسمتهای انتخابی از هر الک (gr)				اندازه الک با سوراخهای مربعی (mm) *	
نوع دانه بندی				مانده روی الک	رد شده از الک
D	C	B	A		
-	-	-	1250 ± 25	۲۵/۴	۳۸
-	-	-	1250 ± 25	۱۹	۲۵/۴
-	-	2500 ± 10	1250 ± 10	۱۳/۲	۱۹
-	-	12500 ± 10	1250 ± 10	۹/۵	۱۳/۲
-	2500 ± 10	-	-	۵/۶	۹/۵
-	2500 ± 10	-	-	۴/۷	۵/۶
5000 ± 10	-	-	-	۲/۳	۴/۷
5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	مجموع	

*مقایسه الک های انگلیسی و آمریکایی در جدول (۴) آمده است .

۳- مراحل انجام آزمایش :

الف (نمونه به همراه گوی های فولادی ، داخل دستگاه لوس آنجلس قرار گرفته و استوانه با سرعت ۳۰ تا ۳۳ دور در دقیقه حول محور افقی به چرخش در می آید . استوانه برای مصالح کوچکتر از ۳۸ میلیمتر از ۳۸ میلیمتر ۵۰۰ دور و برای مصالح بزرگتر از ۱۹ میلیمتر ۱۰۰۰ دور دوران می کند . حرکت استوانه باید منظم و با سرعت یکنواخت باشد . چنان چه زائده فولادی دارای یک وجه شیبدار است ، جهت چرخش باید طوری باشد که گوی های فلزی هنگام دوران ، به سمت قائم آن برخورد کنند .

جدول (۴) : مقایسه الک های درشت انگلیسی و آمریکایی

آمریکایی اندازه (میلیمتر)	انگلیسی اندازه (اینچ)	آمریکایی اندازه (میلیمتر)	انگلیسی اندازه (اینچ)
۳۱/۷۵	$1\frac{1}{4}$	۱۰۲/۶	۴
۲۸/۵۸	$1\frac{1}{8}$	۸۸/۹	$3\frac{1}{2}$
۲۵/۴۰	۱	۷۶/۲	۳
۲۲/۲۳	$\frac{7}{8}$	۶۹/۸۵	$2\frac{3}{4}$
۱۹/۰۰	$\frac{3}{4}$	۶۳/۵	$2\frac{1}{2}$
۱۵/۸۸	$\frac{5}{8}$	۵۷/۱۵	$2\frac{2}{4}$
۱۲/۷۰	$\frac{1}{2}$	۵۰/۸۰	۲
۹/۵۲	$\frac{3}{8}$	۴۷/۶۳	$1\frac{7}{8}$
۷/۹۴	$\frac{5}{16}$	۴۴/۴۵	$1\frac{3}{4}$
۶/۳۵	$\frac{1}{4}$	۴۱/۲۸	$1\frac{5}{8}$
۴/۷۶	$\frac{3}{16}$	۳۸/۱۰	$1\frac{1}{2}$
		۳۴/۹۳	$1\frac{3}{8}$

ب) پس از پایان دوران ، مواد از داخل استوانه خارج شده و با الک ۱/۷ میلیمتر (نمره ۱۲) جداسازی می گردد . قسمت مانده روی الک ۱/۷ میلیمتر شسته شده و در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزنی ثابت خشک و سپس با دقت یک گرم وزن می گردد .

پ) برای به دست آوردن اطلاعاتی در مورد یکنواختی سایشی نمونه می توان در مورد آزمایش های ۵۰۰ دوری ، درصد افت وزنی پس از ۱۰۰ دور و برای آزمایش های ۱۰۰۰ دوری پس از ۲۰۰ دور را نیز تعیین نمود . درصد افت وزنی باید بدون شستن مصالح مانده روی الک ۱/۷ میلیمتر محاسبه شود . در مورد مصالح با سایش یکنواخت ، نسبت افت وزنی

پس از ۱۰۰ یا ۲۰۰ دور به افت وزنی پس از ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ دور از ۰/۲ تجاوز نمی کند . در طول این عملیات نباید هیچ قسمتی از نمونه از دست برود و تمام نمونه تا انتهای آزمایش حفظ می گردد .
 ۴- محاسبات : درصد افت وزنی در اثر سایش از رابطه زیر به دست می آید :

$$\text{رابطه ۱} \quad (\%) * 100 = \frac{\text{وزن نهایی نمونه} - \text{وزن اولیه نمونه}}{\text{وزن اولیه نمونه}} = \text{درصد افت وزنی در اثر سایش}$$

در صورتی که از روش توصیف شده در بند (پ) استفاده می شود ، ضریب یکنواختی سایش به صورت زیر محاسبه می گردد :

$$\text{رابطه ۲} \quad = \frac{\text{درصد افت وزنی پس از ۱۰۰ یا ۲۰۰ دور}}{\text{درصد افت وزنی پس از ۵۰۰ یا ۱۰۰۰ دور}} = \text{ضریب یکنواختی سایشی}$$

ه- گزارش نتایج :گزارش باید شامل اطلاعات زیر باشد :

الف (محل و توصیف زمین شناسی نمونه مورد آزمایش .

ب) نوع دانه بندی نمونه .

پ) تعداد و وزن گوی های فولادی مورد استفاده .

ت) درصد افت وزنی در اثر سایش با دستگاه لوس آنجلس .

ث) نسبت یکنواختی سایشی با دستگاه لوس آنجلس (در صورت نیاز) .

آزمایش تعیین درصد ذرات شکسته در مصالح سنگی درشت دانه

ASTM : D5821

بازگشت

۱- هدف : این روش آزمایش ، تعیین درصد جرمی یا درصد عددی ذرات شکسته در مصالح سنگی درشت دانه ، مطابق با مشخصات تعیین شده را بیان می کند .

۲- اصطلاحات

۱-۲ وجه شکسته n : وجه شکسته عبارت است از سطح گوشه دار ، زیر یا شکسته یک ذره مصالح سنگی که در اثر عملیات سنگ شکنی (Crashing) توسط سایر وسایل مصنوعی یا بوسیله طبیعت ایجاد شود .

نکته : برای این استاندارد یک وجه وقتی شکسته در نظر گرفته می شود که مساحت تصویر وجه مورد نظر حداقل به اندازه یک چهارم مساحت تصویر بزرگترین سطح مقطع عرضی سنگدانه بوده و لبه های آن بخوبی مشخص و تیز باشد . این تعریف شامل دندانهای کوچک نمی شود .

۲-۲ سنگدانه شکسته n: یک سنگدانه وقتی شکسته محسوب می شود که حداقل کمترین تعداد وجوه شکسته مشخص شده (معمولاً یک یا دو وجه) را دارا باشد .

۳- اهمیت و کاربرد : همانطور که می دانیم در بعضی از مشخصات فنی ذکر گردیده است که برای مصالح سنگی درشت دانه ، درصد شکستگی ذرات تعیین شود . یکی از اهداف چنین شرطی ، اضافه نمودن مقاومت برشی یا افزایش اصطکاک داخلی ذرات در مخلوطهای سنگی محصور یا نامحصور می باشد و هدف دیگر فراهم نمودن پایداری برای مصالح سنگی آسفالتهای سطحی و فراهم نمودن بافت و اصطکاک افزایش یافته مصالح سنگی مورد استفاده رویه های روسازی می باشد . این روش آزمایش یک روش استاندارد ، برای پذیرش مصالح سنگی درشت دانه با توجه به چنین شرایطی را فراهم می نماید .

در مشخصات فنی تعداد وجوه شکسته مورد نیاز برای یک سنگدانه شکسته با یکدیگر فرق دارد و همچنین درصد جرمی یا درصد تعداد سنگدانه هایی که باید استفاده شود ، متفاوتند . اگر مشخصات فنی در موارد فوق تعریف نشده باشد ، از معیار حداقل یک وجه شکسته استفاده کرده و درصد شکستگی را به صورت جرمی محاسبه نمایید

۴- وسایل مورد نیاز :

۴-۱- ترازو: ترازو با مقیاس دقیق و دارای قابلیت تا حدود ۰/۱ درصد جرم نمونه آزمایش مورد استفاده در هر محدوده دانه بندی .

۴-۲ الکها - الکهای منطبق با مشخصه ASTM- E11 .

۴-۳ مقسم : یک مقسم مناسب برای تقسیم نمونه های صحرایی به اندازه لازم برای آزمایش مطابق با دستورالعمل ASTM - C702 .

۴-۴ قاشق : یک قاشق یا ابزار مشابه به منظور دسته بندی کردن ذرات مصالح سنگی از یکدیگر .

۵- نمونه برداری : نمونه برداری از مصالح سنگی باید براساس دستورالعمل ASTM- D75 صورت گیرد .

۶- آماده کردن نمونه :

نمونه را به قدری خشک کنید که تا بتوان مصالح سنگی درشت دانه و ریزدانه را در عملیات الک کردن به وضوح از یکدیگر جدا نمود. نمونه را روی الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) یا روی هر الک مشخص شده دیگری مطابق با روش آزمایش ASTM C136 الک کنید و سپس با استفاده از روش دو قسمتی کردن مطابق دستورالعمل ASTM C702, مصالح سنگی مانده روی الک مشخص شده را به منظور انجام این آزمایش کاهش دهید. سپس جرم نمونه آزمایشی باید به اندازه کافی زیاد انتخاب شود به طوری که بزرگترین سنگدانه نباید جرمی بیش از جرم یک درصد نمونه را به خود اختصاص دهد, یا نمونه آزمایشی باید حداقل به اندازه مقادیر زیر باشد, از دو حالت ذکر شده کوچکترین مقدار ملاک عمل خواهد بود.

حداکثر اندازه اسمی چشمه مربعی بر حسب mm(in)	حداقل جرم نمونه آزمایشی بر حسب gr
9/5 (3/8)	200
12/5 (1/2)	500
19 (3/4)	1500
25 (1)	3000
37/5 (1,1/2)	7500
50 (2)	15000
63 (2,1/2)	30000
75 (3)	60000
90 (3,1/2)	90000

برای مصالح سنگی با حداکثر اندازه اسمی ۱۹ میلیمتر (۳/۴ اینچ) یا بزرگتر, که مقدار سنگدانه های شکسته برای مصالح مانده روی الک ۴/۷۵ میلیمتر (نمره ۴) یا الک کوچکتر تعیین می گردد. نمونه آزمایشی ممکن است روی الک ۹/۵ میلیمتر (۳/۸ اینچ) جدا شود. بخش گذشته از الک ۹/۵ میلیمتر ممکن است بعدا طبق دستورالعمل ASTM C702 به حداقل ۲۰۰ گرم کاهش داده شود. در این حالت درصد ذرات شکسته در هر بخش تعیین می شود و میانگین وزن درصد ذرات شکسته شده بر اساس جرم هر بخش نسبت به کل درصد ذرات شکسته در نمونه کامل محاسبه می شود.

۷- روش آزمایش :

نمونه را بر روی الک مشخص شده برای تعیین درصد ذرات شکسته به منظور حذف مواد ریزباقیمانده بشوئید و سپس برای رسیدن به جرم ثابت مصالح را خشک کنید. جرم نمونه و تعیین هر جرم دیگر را بدقت ۰/۱ درصد جرم نمونه خشک اولیه تعیین کنید سپس نمونه آزمایشی خشک شده را روی یک سطح تمیز و به اندازه کافی بزرگ پهن کنید تا اجازه بررسی دقیق هر سنگدانه فراهم گردد. معیارهای شکستگی را برای یک سنگدانه بررسی کنید. سنگدانه را به صورتی نگه دارید که وجوه آن مستقیما در معرض دید قرار گیرد. اگر وجه دارای مساحتی برابر با حداقل یک چهارم مساحت بزرگترین سطح مقطع عرضی سنگدانه باشد آن وجه را یک وجه شکسته در نظر بگیرید. با استفاده از قاشق یا وسیله مشابه دیگر, نمونه را به سه قسمت به شرح زیر جدا کنید:

الف- ذرات شکسته بر اساس اینکه سنگدانه تعداد وجوه شکسته مورد نیاز را دارا میباشد .

ب- ذراتی که معیارهای مشخص شده را تامین نمایند .

ج- ذرات با شرایط مرزی یا سوال برانگیز .

اگر تعداد وجوه شکسته مورد نیاز در مشخصات کاربردی ارائه نشده باشد . شکستگی بر اساس حداقل یک وجه شکسته تعیین خواهد شد .

جرم یا تعداد ذرات در گروههای ذره شکسته ، ذرات سوال برانگیز و ذراتی که معیارهای شکستگی مشخص شده را تامین نمی نمایند ، تعیین کنید . از جرم برای محاسبه درصد ذرات شکسته ، استفاده نمایید مگر اینکه مشخصات بر اساس تعداد ذره تعیین شده باشد . اگر تعیین درصد شکستگی برای بیش از یک وجه شکسته مورد نیاز باشد (برای مثال ، ۷۰ درصد با یک یا بیشتر وجه شکسته و ۴۰ درصد و یا بیشتر وجه شکسته) آزمایش را بر روی همان نمونه برای هر شرط مورد نیاز (یک یا دوجبه و بیشتر) انجام دهید .

اگر در هر نوبت انجام آزمایش ، بیش از ۱۵ درصد کل ذرات در گروه سوال برانگیز قرار گرفتند ، آزمایش را تا زمانی که کمتر از ۱۵ درصد در آن گروه قرار گیرند ، تکرار نمایید . از درصد جرمی برای تعیین درصد ذرات شکسته استفاده نمایید مگر اینکه مشخصات بر اساس درصد تعداد ذرات تعیین شده باشد . همچنین اگر نمونه به دو بخش آزمایشی تقسیم شده باشد (بند ۷-۳ را ملاحظه نمایید) معیار ۱۵ درصد باید برای هر بخش اعمال شود .

۸- گزارش :

۸-۱ درصد جرمی یا درصد تعداد ذرات با تعداد وجوه شکسته مشخص شده رابا دقت یک درصد مطابق زیر گزارش نمایید .

$$P = \left[(F + \frac{Q}{2}) / (F + Q + N) \right] \times 100$$

به طوری که :

P= درصد ذرات با تعداد وجوه شکسته مشخص شده است .

F = جرم یا تعداد ذرات شکسته با حداقل تعداد وجوه شکسته مشخص شده است .

Q= جرم یا تعداد ذرات در گروه با شرایط مرزی یا سوال برانگیز .

N= جرم یا تعداد ذرات در گروه غیر شکسته که معیارهای سنگدانه شکسته را تامین نمی نمایند .

۸-۲ معیارهای شکستگی را که بر اساس آن نمونه ارزیابی شده و جرم کل نمونه مصالح سنگی آزمایش شده را بر حسب گرم گزارش نمایید .

۸-۴ الکی را که نمونه آزمایشی در ابتدای آزمایش بر روی آن باقی مانده ، گزارش نمائید .

۸-۵ نحوه تعیین درصد ذرات شکسته به صورت جرمی یا تعداد سنگدانه نیز گزارش شود . شکل یک ، انواع مختلف سنگدانه ها را از نظر تقسیم بندی شکل و بافت نشان می دهد .

شکل ۱- تقسیم بندی از نظر شکل و بافت

Description of Aggregates	
Shape	
	Rounded Water worn or shaped by attrition
	Irregular Naturally irregular or partly shaped
	Angular Well-defined
	Flaky Thickness is small relative to other two dimensions
	Elongated Length is larger relative to other two dimensions
Texture	
Glassy Conchoidal fracture	Rough Rough fracture, no easily visible crystalline grains
Smooth Water worn or smooth due to fracture	Crystalline Easily visible grains
Granular Uniform rounded grains	Honeycombed Visible pores and cavities

فصل چہارم :

قیر

استاندارد قیر

بازگشت

۱- تعریف قیر :

قیر ماده‌ای است به رنگ سیاه مرکب از هیدروکربورهای آلی با ترکیبات پیچیده که از تقطیر نفت خام بدست می‌آید و یا در طبیعت بصورت معادنی مخلوط با مواد معدنی وجود دارد. قیر بدو صورت جامد و مایع تهیه میگردد.

۲- اصطلاحات :

۱-۲- قیرهای جامد (Asphalt Cement) : قیرهایی است که از تقطیر نفت خام بدست می‌آید و علامت اختصاری آن AC می‌باشد .

۲-۲- قیرهای اکسیده (Rubbery or oxidized Grade) : قیرهایی است که از دمیدن هوا در مخلوطی از قیرهای نرم و مواد روغنی بدست می‌آید و علامت اختصاری آن R است .

۳-۲- قیرهای مایع (Cut Backs) : قیرهایی است که با حلالهای نفتی رقیق شده و بصورت قیر مایع در آمده باشد و در حقیقت بخش سبکی از محصولات نفتی که بوسیله تقطیر بدست آمده مجدداً به باقیمانده آن (قیر) برگردانده شده است و علامت اختصاری آن CB می‌باشد .

۴-۲- قیر مایع زودگیر (Rapid Curing) : قیرهای مایعی است که با حلال سبک تهیه شده و پس از مصرف حلال بسرعت تبخیر میگردد و قیر خالص بصورت اولیه (قبل از مخلوط شدن با حلال) برجای می‌ماند و علامت اختصاری آن R.C می‌باشد .

۵-۲- قیرهای مایع کندگیر (Medium Curing) : معرف قیرهای مایعی است که حلال آنها بزودی تبخیر نشده و به کندی لخته و سفت میشود و علامت اختصاری آن M.C می‌باشد .

۶-۲- قیرهای مایع دیرگیر (Slow Curing) : قیر مایعی را نشان میدهد که خیلی به آرامی لخته شده و در واقع عمل تجزیه بر روی مواد متشکله قیر مایع صورت میگیرد و علامت اختصاری آن SC می‌باشد .

۳- مواد متشکله قیر :

ترکیبات مختلف قیر تا کنون بخوبی شناخته نشده اند ولی عمده این ترکیبات که بوسیله حلالهای مختلف از قیر جدا گردیده، عبارتند از مواد اسفالتین - رزین و روغنهای سنگین که گاهی با مقدار کمی مواد معدنی همراه بوده و در محیط کلوئیدی روغنی مجاور یکدیگر قرار گرفته اند. خاصیت قابلیت انعطاف و چسبندگی قیر به رزین مربوط میباشد از طرفی هر چه اسفالتین زیاده‌تر باشد قیر سخت تر است ولی با ازدیاد روغن قیر نرم تر میگردد . با حرارت دادن قیر مواد روغنی تبدیل به رزین و همچنین رزینها تبدیل به مواد اسفالتین شده و در حرارت بیش از حد قیر تبدیل به ذغال و بخار آب میگردد.

۴- انواع قیرابه :

اگر ماده قیرابه ساز از نوع کاتیونی باشد (قیرابه کاتیونی) ذرات ریز قیر ، دارای بار مثبت می‌شود. در حالی که با استفاده از قیرابه ساز آنیونی (قیرابه آنیونی) بار الکتریکی ذرات منفی خواهد بود .

قیرابه های بدون یون نیز وجود دارد که گاهی در مواردی که قیرابه های فوق العاده پایدار مورد نیاز است و در درجه اول برای مخلوطهای سردی که دارای مقادیر زیادی دانه های ریز می‌باشد ، از آن استفاده می‌کنند .

مشخصات عمومی و طبقه بندی و انتخاب نوع قیر

بازگشت

قیر ماده ای است که در سالیان دراز تغییر شکل پیدا نکرده و پایدار میماند. این پایداری مربوط به خواصی است که قیر خالص دارا میباشد باین معنی که هرچه پایه نفتی آن مناسبتر باشد پایداریتر خواهد بود. مشخصات عمومی مهم قیرها عبارتند از:

الف - غیرقابل نفوذ بودن در مقابل آب و رطوبت .

ب - مقاومت در مقابل اسیدها - بازها - نمکها .

پ - قابلیت ارتجاع .

ت - چسبندگی .

ث - محلول بودن در برخی از حلالها (بدون از دست دادن خواص خود) .

ج - عایق بودن در مقابل جریانهای الکتریکی .

چ - تشکیل دادن فیلم پایدار بروی اجسام مختلف .

ح - داشتن رنگ ثابت .

در بعضی از موارد قیر خاصیت اصلی خود را از دست میدهد بطوریکه نمی توان از آن بخوبی استفاده نمود که به موارد ذیل می توان اشاره نمود .

الف - تجزیه شدن در حرارت زیاد و تبدیل آن به ذغال توام با اشتعال .

ب - نداشتن خاصیت چسبندگی در محیط مرطوب و آلوده بخاک نرم .

پ - تغییر شکل پذیرفتن در مقابل فشار و حلالها .

طبقه بندی قیرها :

الف - قیرهای جامد (Penetration Grade Asphalt Cement)

این محصولات مستقیماً از تقطیر نفت خام بدست آمده و بر حسب درجه نفوذ نامگذاری شده اند. قیرهای نرمتر که دارای درجه نفوذ بیشتری هستند (درجه نفوذ 60 تا 300) از تقطیر نفت خام و قیرهایی که دارای درجه نفوذ کمتری هستند (درجه نفوذ 10 تا 60) از هوا دادن به قیرهای فوق بدست می آیند. محصولات مستقیماً از تقطیر نفت خام در ایران تولید میشوند عبارتند از:

60/70 و 85/100 130/150 180/200 220/250 280/320 و قیرهایی که با هوا دادن به یکی از قیرهای نرم فوق تهیه میگردد عبارتند از: (در بعضی موارد 60/70) 10/20 20/30 30/40 40/50 اعداد مذکور مشخص کننده درجه نفوذ قیر میباشد.

ب - قیرهای جامد اکسید شده (Rubbery Grade Oxidized Grade)

این محصولات از اکسید شدن مخلوطی از قیرهای نرم با مواد روغنی (Waxy Distillate) سنگین بدست آمده و بر حسب نقطه نرمی و درجه نفوذ نامگذاری شده اند. این مواد چون دارای خاصیت انعطاف Rubbery میباشد با علامت R مشخص شده و شامل انواع زیر میباشد. R 85/25 و R 90/15 اعداد 85 و 90 نقطه نرمی قیر و اعداد 15 و 25 درجات نفوذ آنها را نشان میدهد.

پ - قیرهای مایع Cut Back این قیرها از حل کردن یکی از قیرهای جامد در حلالهای مختلف بدست میآید و این عمل بمنظور پائین آوردن (Viscosity) قیر انجام میگردد قیرهای مایع پس از مصرف و تبخیر حلال سفت شده و بصورت اولیه در میآیند. این فرآورده ها نیز بر حسب (Viscosity) تقسیم بندی گردیده اند. حلالهایی که در تهیه این محصولات بکار برده میشوند ممکن است از مواد نفتی سبک متوسط و یا سنگین بترتیب مانند نفت، نفت چراغ و گازوئیل باشند. قیرهای مایع به سه دسته تقسیم می شوند که هر یک دارای 6 نوع محصول میباشند:

۱) قیرهای مایع زودگیر - این دسته از قیرها از رقیق نمودن قیر 85/100 درصد مواد نفتی سبک مانند نفتا بدست می آیند و چون حلال آنها در شرایط معمولی بزودی تبخیر می گردد باین جهت قیر زودگیر نامیده شده اند. انواع قیرهای این دسته عبارتند از: RC0 RC1 RC2 RC3 RC4 RC5

۲) قیرهای مایع کندگیر - این دسته از قیرهای مایع از حل کردن قیر 85/100 در حلالی مانند نفت چراغ بدست می آیند و چون حلال آنها دیرتر از نوع قبلی تبخیر میگردد بنام قیرهای مایع کندگیر موسوم شده اند. انواع این قیرها عبارتند از: MC0 MC1 MC2 MC3 MC4 MC5

۳) قیرهای مایع دیرگیر - این قیرها که از حل کردن قیر 85/100 در حلالهای سنگین مانند گازوئیل Gas oil یا نفت سیاه Fuel oil بدست آمده اند حلالشان در شرائط معمولی پس از مصرف تبخیر نمیشود، بلکه پس از تجزیه بتدریج سخت میگردد. انواع این قیرها عبارتند از: SC0 SC1 SC2 SC3 SC4 SC5 علاوه بر قیرهای نامبرده در فوق قیرهای مایع دیگری که (Viscosity) آنها در حدود ویسکوزیته قیرهای مایع مذکور است تهیه میگردد. حلال این قیرها همان حلالهای نامبرده در فوق میباشد. انواع این قیرها عبارتند از S125 که با حلال سبک (نفتا) تهیه گردیده و همچنین قیرهای:

CB 500/700 CB 400/500 CB 300/400 CB 200/300 CB 150/200 CB 50/100
که حلال متوسط دارند (نفت چراغ) و قیر CB 100/150 که از قیر 40/50 تهیه گردیده است.

انتخاب نوع قیر :

انتخاب نوع قیری که در راه سازی بکار می رود با توجه به چند عامل مهم انجام می شود که عبارتند از :
شرایط جوی محل ، نوع آمد و شد ، وسایل نقلیه ، نوع روسازی ، جنس و دانه بندی مصالح سنگی و نحوه اجرای روسازی .

برای ساختن مخلوط بتن آسفالتی گرم از قیر خالص و برای ساختن مخلوط بتن آسفالتی سرد از قیرهای محلول یا قیرابه استفاده می شود . میزان تخلخل و خلل و فرجی سطحی که باید با قیر اندود شود در انتخاب نوع قیر موثر است . هر اندازه میزان تخلخل سطح بیشتر باشد باید از قیر محلول کند روان تری برای اندود کاری استفاده شود . در مناطق با آب و هوای سرد و خشک بهتر است از قیرهای محلول و در مناطق با آب و هوای مرطوب یا با مصالح سنگی مرطوب بهتر است که از قیرابه ها استفاده شود .

امولسیون های قیر یا قیرابه و انواع آن

بازگشت

این نوع قیر از مخلوط کردن قیر و آب به کمک یک ماده قیرابه ساز به دست می آید. قیر در این نوع مخلوط در آب حل نمی شود بلکه به صورت گلبول یا کره هایی به قطر $0/01$ تا $0/001$ میلی متر در آب شناور می شود. گاهی اوقات برای افزایش پایداری قیرابه ها در برابر لخته شدن و به هم پیوستن دانه های قیر، به آنها مواد پایدار کننده نظیر صابونهای پتاسیم اضافه می کنند. افزودن مواد پایدار کننده سبب می شود که قیرابه پس از مصرف، بهتر دانه های مصالح سنگی را اندود کرده و همچنین پایداری قیرابه انبار شده نیز بیشتر می شود. قیرابه ها معمولاً دارای $0/3$ تا $0/5$ درصد ماده قیرابه ساز و 30 تا 50% آب هستند. قیرابه ها پس از مصرف و تماس با مصالح سنگی شکسته شده و قیر آن بصورت لایه نازکی سطح دانه ها را اندود کرده و آب آن تبخیر شده و یا جریان می یابد. نشانه شکستن قیرابه، تغییر رنگ آن از قهوه ای به سیاه می باشد. از آنجا که قیرابه ها بصورت سرد مصرف می شوند و لزومی به حرارت دادن آنها نیست، از نقطه نظر اقتصادی و همچنین ایمنی بر انواع دیگر قیرها برتری دارد. اشکالی که در استفاده از قیرابه ها وجود دارد آب ناشی از شکسته شدن آنهاست که باید دفع شود تا بتوان مصالح را به خوبی کوبیده و متراکم کرد. از قیرابه ها برای تثبیت ماسه بادی، قیر پاشی سطح راههای خاکی به منظور جلوگیری از گردخاک و تهیه مخلوطهای قیری برای لکه گیری روسازها استفاده می شود. قیرابه ها در راهسازی مصارف بسیار دارد. در روکش های سطحی، مخلوط های معلق، ماکارام های نفوذی، تحکیم خاک ها، مخلوط های سرد ماشینی، اندود سطحی، اندود تقویتی، غبار نشانی و تعمیرات جزئی راه کاربرد دارد.

آزمایشات قیرهای خالص

بازگشت

آزمایشات انجام شده بر روی قیرهای خالص به شرح ذیل می باشد :

۱- نقطه نرمی قیر (ASTM D2398- AASHTO36T53) : در این آزمایش قیرها با افزایش دما به تدریج نرم شده و کندروانی آنها کمتر می شود .

۲- درجه نفوذ قیر (ASTM D 5- AASHTOT49) : این آزمایش به منظور برای اندازه گیری قوام مواد قیری بکار می رود .

۳- وزن مخصوص قیر (ASTM D 70-AASHTO T228) : در این آزمایش مقادیر وزن مخصوص و دانسیته برای تبدیل حجم ها به واحد جرم هایی که در دیگر استانداردهای ASTM و در مرحله انجام کار لازم است ، استفاده میشود .

۴- درجه اشتعال قیر (ASTM D 92-AASHTO T48) : این آزمایش به منظور شامل تعیین نقطه اشتعال و نقطه شعله ور شدن همه فرآورده های قیری بجز روغن های نفتی و آنهایی که نقطه اشتعال زیر ۷۹ درجه سانتی گراد دارند ، میباشد .

۵- کشش میزان انگی قیر (ASTM D 113 - AASHTO T51) : این آزمایش اندازه ای از خواص کششی مواد قیری را فراهم کرد و ممکن است برای اندازه گیری میزان انگی برای مشخصات مورد لزوم استفاده شود .

۶- افت حرارتی TFOT (ASTM D 1754 - AASHTO T172) : در این آزمایش روش تغییرات تقریبی خواص قیر در مدت عمل آوردن مخلوط آسفالتی گرم در حرارت ۱۵۰ درجه سانتیگراد که بوسیله اندازه گیری ویسکوزیته درجه نفوذ یا کشش انجام می شود ، شرح داده شده است . خصوصیات مانده قیر افت حرارتی بطور تقریب مشابه قیر مصرفی در جاده می باشد .

۷- کند روانی کینماتیک (ویسکوزیته) قیر (ASTM D 2170- AASHTO T 201) : در این آزمایش کندروانی کینماتیک ، چگونگی رفتار جریان مایع (قیر) را توصیف می نماید . از این روش برای تعیین قوام به عنوان یک عنصر در شناخت یکنواختی محموله های آن و منابع تولید استفاده می شود . دماهای لازم برای دستیابی به اینگونه مشخصات معمولاً ۶۰ و ۱۳۵ درجه سانتی گراد می باشد .

۸- حلالیت مواد قیری در تری کلرواتیلن (ASTM D 2042 - AASHTO T44) : در این آزمایش اندازه گیری حلالیت قیر در تری کلرواتیلن انجام می شود . بخشی که در تری کلرواتیلن حل می شود نشانگر وضعیت اجزاء سیمانی آن است . در ادامه به ۸ مورد از عنوانهای روشهای استاندارد آزمایشات مربوط به قیرها بیان می گردد .

۱- روش استاندارد آزمایش درجه نفوذ مواد قیری :

Standard Test Method For Penetration Of Bituminous Materials

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

Standard Test Method For Softening Point Of Bitumen (Ring-And-Ball Apparatus)

۳- روش استاندارد و آزمایش وزن مخصوص دانسیته مواد قیری نیمه جامد :

Standard Test Method For Specific Gravity And Density Of Semi-Solid Bituminous Materials)

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

Standard Test Method For Flash And Fire Points By Cleveland Open Cup

۵- روش استاندارد آزمایش تعیین میزان انگمی مواد قیری :
Standard Test Method For Ductility Of Bituminous Materials

۶- روش استاندارد آزمایش حلالیت مواد قیری در تری کلرواتیلن :
Standard Test Method For Solubility Of Asphalt Materials In Trichloroethylene

۷- روش استاندارد آزمایش تعیین کندروانی کینماتیک قیرها :
Standard Test Method For Kinematic Viscosity Of Asphalts(Bitumens)

۸- روش استاندارد آزمایش اثر حرارت و هوا بر مواد قیری (TFOT) :
Standard Test Method For Effect Of Heat And Air On Asphaltic Materials (Thin Film Oven Test)

روش استاندارد آزمایش درجه نفوذ مواد قیری
Standard Test Method For Penetration Of Bituminous Matrrials
ASTM D5-AASHTO T44

بازگشت

هدف : 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 روش تشریح شده آزمایش شوند .

اهمیت : آزمایش درجه نفوذ برای اندازه گیری قوام بکار می رود . مقادیر بالاتر درجه نفوذ نرمتر بودن را نشان می دهند . قوام مواد قیری به عنوان طولی که یک سوزن استاندارد برحسب یک دهم میلیمتر به طور قائم در نمونه قیر تحت شرایط مشخص بار - زمان و دما نفوذ می کند ، بیان می شود.

روش انجام آزمایش : نمونه گرم شده را در ظرف مخصوص ریخته و سپس پس از اینکه در دمای محیط خنک شد پس از نیم ساعت در حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد نگهداری می کنیم . نمونه قیر را همراه با ظرف حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد در محل نفوذسنج قرار می دهیم و وزنه ۵۰ گرمی را بالای سوزن قرار داد که کل بار وارده 0.1 ± 100 گرم می باشد .

در چنین حالتی سوزن را به آرامی پایین آورده تا نوک آن با سطح نمونه تماس پیدا کند . این امر با آوردن نوک واقعی سوزن به صورت مماس با تصویر منعکس شده توسط سطح نمونه زیر منبع نوری که در جای مناسبی قرار گرفته است انجام میشود . نگهدارنده سوزن را سریعاً برای مدت زمان معین شده (۵ ثانیه) آزاد کرده و وسیله اندازه گیری را برای اندازه گیری فاصله نفوذ برحسب یک دهم میلیمتر تنظیم کنید .

روش استاندارد وزن مخصوص دانسیته مواد قیری نیمه جامد
ASTM D 70-AASHTO-T228

بازگشت

هدف: این آزمایشات شامل تعیین وزن مخصوص و دانسیته مواد قیری نیمه جامد - قیر خالص و قطران نرم با استفاده از پیکنومتر می باشد.

اهمیت: 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.

روش انجام آزمایش: نمونه قیر گرم شده را در پیکنومتر مخصوص ریخته بطوریکه هیچ گونه حبابی نداشته باشد. پس از اینکه به مدت ۳۰ دقیقه در هوای محیط خنک شد، آن را وزن نموده و سپس آب مقطر سرد شده را به آن اضافه و درب پیکنومتر را می بندیم. را گذاشته و سپس در حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد به مدت نیم ساعت قرار می دهیم. آنگاه پیکنومتر را از حمام درآورده کاملاً خشک نموده و وزن کنیم.

وزن مخصوص دانسیته مواد قیری نیمه جامد از رابطه زیر قابل محاسبه است.

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

$$WT * \text{وزن مخصوص} = \text{دانسیته}$$

A= وزن پیکنومتر با درب.

B= وزن پیکنومتر با آب.

C= وزن پیکنومتر با قیر.

D= وزن پیکنومتر + قیر+ آب.

WT= دانسیته آب دردمای آزمایش.



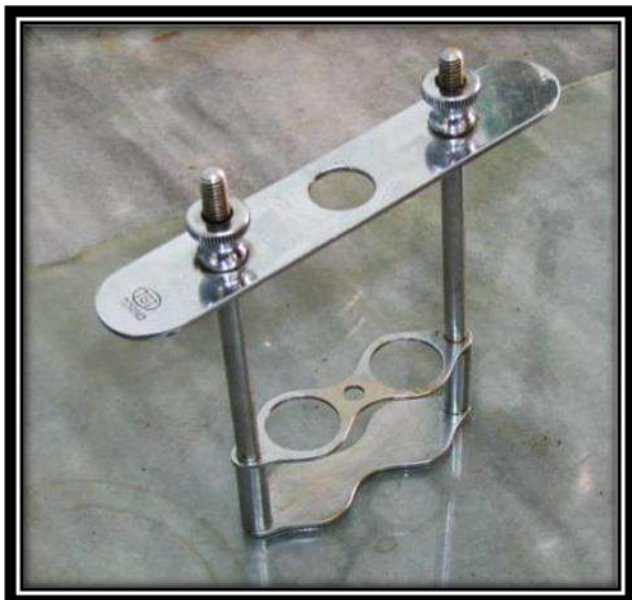
روش استاندارد نقطه نرمی قیر (با روش حلقه و گلوله)
AASHTO T53 ASTM D2398

بازگشت

هدف : این روش آزمایش برای تعیین نقطه نرمی قیر در محدوده دمایی از ۳۰ تا ۱۵۷ درجه سانتیگراد با استفاده از ابزار ساچمه و حلقه غوطه ور شده در آب مقطر بکار می رود .

اهمیت : قیرها موادی ویسکو الاستیک بدون نقطه ذوب معین می باشند که با افزایش دما به تدریج نرم تر شده و کند روانی آنها کمتر می شوند . به دلیل نقاط نرمی باید به وسیله یک روش قراردادی و بدقت تعریف شده معین شوند تا نتایج قابل تعمیم باشند .

روش انجام آزمایش : نمونه قیر گرم شده را در حلقه های برنجی ریخته و سطح آن را صاف کنید سپس اجازه دهید تا در جریان هوا خنک شود . حلقه های نمونه و هادیهای ساچمه را در نگهدارنده قرار داد و در حمام آب ۵ درجه سانتیگراد به مدت نیم ساعت قرار دهید . سپس حمام را از زیر حرارت دهید بطوریکه آهنگ افزایش دما در یک دقیقه ۵ درجه سانتیگراد باشد . هنگامی ساچمه همراه قیر بر سطح پائینی نگهدارنده افتاد درجه حرارت یادداشت می شود .



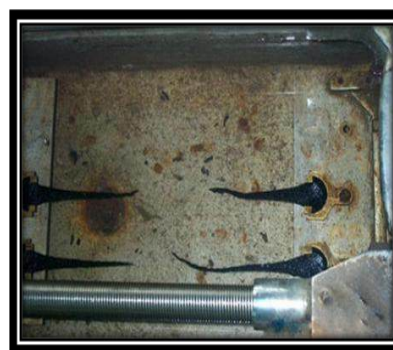
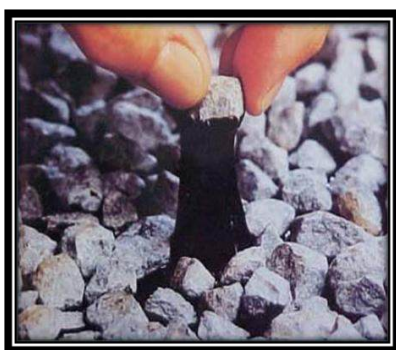
روش استاندارد خاصیت انگمی قیر ASTM D113

بازگشت

مقدمه

در رابطه با علت استفاده از قیر در راهسازی مواردی چون نفوذ ناپذیری در برابر آب، ارزان قیمت بودن، خاصیت چسبندگی و غیره مطرح شده است. بنابراین چسبندگی قیرها که بارزترین ویژگی مثبت آنها به شمار می آید، باید برای انواع قیرها تعیین شود و حداقل میزان این چسبندگی کنترل شود تا اطمینان حاصل شود که قیر مصرفی در آسفالت توانایی چسباندن سنگدانه ها به یکدیگر را داشته و می تواند مصالح را به خوبی اندود نماید.

در آزمایشگاه برای تعیین شاخصی از چسبندگی قیر، مقدار قابلیت شکل پذیری قیر را می سنجند؛ بدین صورت که هر چه قیر شکل پذیرتر باشد، چسبنده تر است و بالعکس. خاصیت شکل پذیری قیر عبارتند از مقدار ازدیاد طول یک نمونه قیر بر حسب سانتیمتر که به صورت استاندارد کشیده شده (با سرعت معین و در دمای مشخص) تا به طول پارگی یا انقطاع برسد. طول نمونه درست قبل از پاره شدن بر حسب سانتیمتر به خاصیت شکل پذیری یا انگمی موسوم است.



از جمله عواملی که بر خاصیت انگمی تاثیر دارد، درجه سختی قیر است. بدین صورت که هر چه قیر سخت تر و شکننده تر باشد خاصیت انگمی آن کمتر است و بالعکس. بنابراین باید در نظر داشت اگر قیر را در یک محیط سردسیر استفاده می نماییم، از خاصیت انگمی مناسبی برخوردار باشد تا از بروز ترک در آسفالت جلوگیری شود. می دانیم که در اثر عبور وسایل نقلیه از سطح راه، تنش هایی در آسفالت ایجاد می شود که سبب بروز جنبش های خفیفی در قیر آسفالت می گردد و در صورتی که قیر نتواند این جنبش ها را تحمل نماید به ویژه در فصل سرما، باید انتظار بروز ترک هایی در آسفالت را داشته باشیم.

درجه حرارت عامل دیگری است که می تواند بر خاصیت انگمی قیرها تاثیر بگذارد به طوری که خاصیت انگمی هر جسمی در درجه حرارتی خاص انجام می شود و برای آن که قیر در مقابل تغییرات درجه حرارت که موجب انبساط و انقباض آن می گردد، مقاوم باشد، بایستی دارای خاصیت انگمی مناسبی باشد. شرح این آزمایش در استانداردهای زیر به تفصیل آمده است:

Standard Methods, (IP. 32/55)

ASTM Methods, D: 113-44

استانداردهای ذکر شده به طور کلی مشابه یکدیگرند با این تفاوت که در استاندارد ASTM ، در دمای ۱۵ درجه سلسیوس نمونه با سرعت ۱ سانتیمتر بر دقیقه کشیده می شود اما در روش استاندارد، نمونه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس با سرعت ۵ سانتیمتر بر دقیقه کشیده می شود.



هدف آزمایش

هدف از آزمایش خاصیت انگمی، تعیین میزان شکل پذیری یک نمونه قیر در دمای معین است که این پارامتر بر میزان کارایی قیر نیز تاثیرگذار خواهد بود.

وسایل آزمایش

- دستگاه آزمایش انگمی

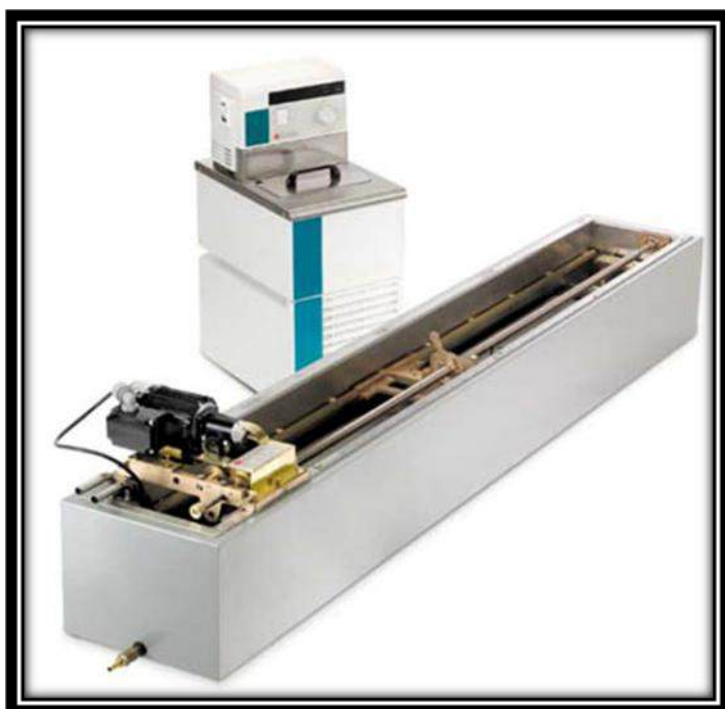
- دو عدد قالب

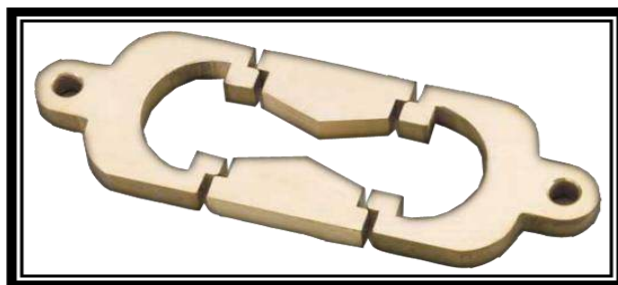
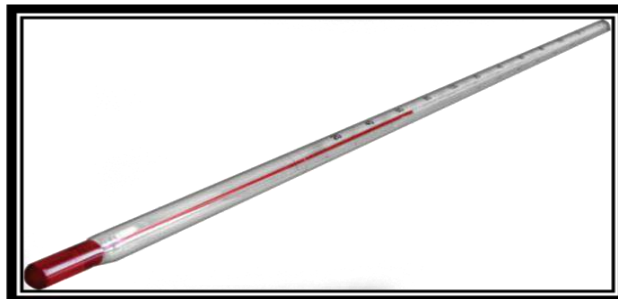
- دماسنج

- کاردک

- خط کش

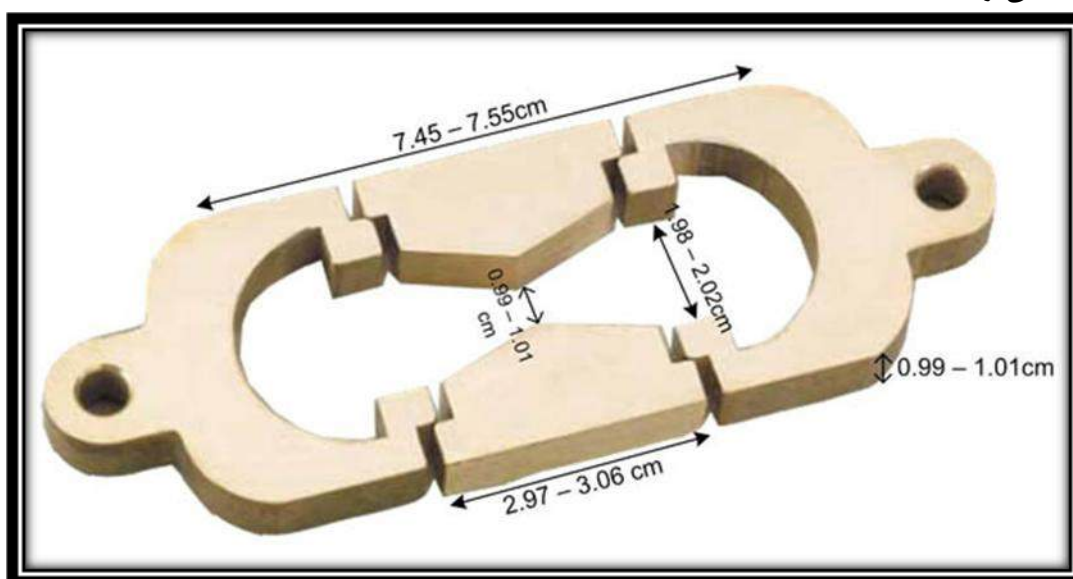
- قیر مذاب





روش انجام آزمایش

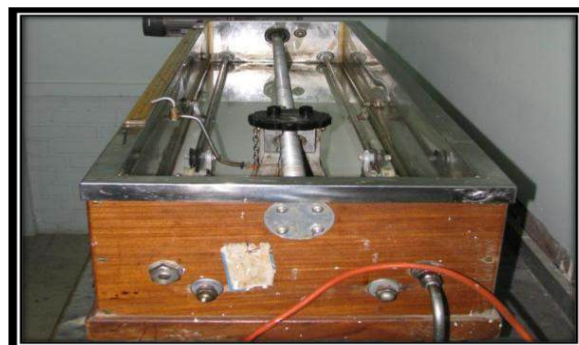
قالب این آزمایش از جنس برنج است و دارای ابعاد مشخصی است که در شکل زیر می توانید اندازه قسمت های مختلف آن را مشاهده نمایید.



برای شروع آزمایش، ابتدا باید دو عدد قالب را تمیز نموده و سطوح داخلی آن را به روغن آمیخته نمود تا از چسبیدن قیر به قالب و ایجاد خطا در نتیجه آزمایش جلوگیری شود. سپس قیر مذاب را که از الک شماره ۵ عبور نموده، به طور یکنواخت و به آرامی در قالب ها می ریزیم. باید دقت شود قالب ها بیش از حد پر نشوند؛ اما در صورت بروز چنین مشکلی، نگران نشوید زیرا در مراحل بعدی می توان آن را برطرف نمود!



پس از پر نمودن قالب ها، مدتی صبر می کنیم تا قیر در دمای محیط سرد شود و به اصطلاح خود را بگیرد. اکنون می توانیم به وسیله یک کاردک داغ، اضافی قیر را از سطح قالب ها برداشت. برای این کار دقت شود که زاویه کاردک با افق بهتر است ۴۵ درجه باشد. پس از مسطح کردن سطح قالب ها باید آنها را در داخل حمام آب گرم دستگاه قرار داد تا مدت ۹۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه باقی بماند. دستگاه مذکور از قابلیت تنظیم دما برخوردار می باشد و امکان این را فراهم می نماید تا دمای آب گرم روی ۲۵ درجه بماند، اما همواره نیاز است که این دما توسط دماسنج اندازه گیری شود، زیرا امکان عدم یکسان بودن دما در نقاط مختلف حمام وجود دارد. قطعه های جانبی میانی و کفی زیر را از قالب ها جدا می نماییم و سپس قالب ها را بر روی گیره های دستگاه سوار می کنیم و آنگاه دستگاه را روشن می نماییم تا با سرعت یکنواخت ۵ سانتی متر بر دقیقه عمل کشش را انجام دهد.



هنگامی که قیر در اثر کشیدن پاره شد، باید طولی را که در آن این اتفاق افتاد را اندازه گرفته و این طول را بر حسب سانتی متر به عنوان خاصیت انگمی قیر در نظر می گرفت. متوسط طول دو قالب قیر را به عنوان خاصیت انگمی ثبت می نماییم.



آسفالت و آزمایش های آن

استاندارد نمونه گیری از مخلوطهای آسفالتی

استاندارد ASTM : D979

بازگشت

۱- هدف :

این روش شامل نمونه گیری از مخلوطهای آسفالتی در محل کارخانه ، انبار یا کارگاه می باشد . محدوده مقادیر در واحدهای متریک قابل قبول است .

۲- اهمیت و موارد کاربرد :

نمونه گیری اهمیتی معادل انجام آزمایش دارد و شخص نمونه گیرنده باید دقت بسیاری در نمونه گیری بعمل آورد تا نمونه ها ، بیانگر قابل قبولی از طبیعت و حالات موادی که از آنها نمونه گرفته شده است ، باشند . برای بدست آوردن اطلاعات اولیه ، نمونه ها باید توسط قسمتی که مسئولیت تکمیل اطلاعات را دارد گرفته شوند . برای کنترل فرآورده تهیه شده در کارخانه یا انبار ، یا در محل مصرف بوسیله سازنده ، پیمانکار یا مسئولین 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 .

۳- روش آزمایش :

۳-۱- 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 .

۳-۲- نمونه گیری - روشهای انتخاب محل و تعداد دفعات نمونه گیری در استاندارد ASTM D3665 تشریح شده اند .
۳-۲-۱- 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 قرار دهید ، که شکل هر صفحه با شکل تسمه یکنواخت باشد . از محلهای انتخابی ، مقادیر تقریباً مساوی از مصالح بگیرید که در نهایت نمونه ای به مقدار معادل یا بیش تر از حداقل مقدار پیشنهادی در استاندارد مربوطه داشته باشید . سپس همه مصالح روی صفحات را بدقت در ظرف مناسب بریزید .

۳-۲-۲- 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 بگیرید . 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 استاندارد مربوطه داشته باشید . نمونه ممکن است بوسیله جمع آوری مقادیر با یک بیلچه یا بیل بدست آید .

۳-۲-۳- 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 صحرایی به میزان بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در استاندارد داشته باشید .

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 و یا می توان همه مقادیر یا نمونه ها را از سطح جاده با توجه به اینکه شامل کلیه مواد قرار گرفته در زیر باشد ، از عمق کامل مصالح بگیرید . در صورت لزوم صفحات را روی سطح راه موجود قرار دهید تا شامل همه مصالح مخلوط باشد . با علامتهایی ، قسمتهایی را که باید از آنها نمونه گرفته شود مشخص کنید . صفحاتی که قبل از پخش مخلوط قرار داده می شوند می توانند دلیل روشنی بر توزیع تقریباً یکنواخت باشند .

۴- نمونه گیری از یک نقاله متحرک که مخلوط را به مخزن صندوقی حمل می کند - بخشهایی را برای نمونه گیری از نقاله متحرک ، به روش تصادفی ، بسته به ظرفیت مخزن صندوقی انتخاب کنید. پس از خالی شدن پیمانه کارخانه آسفالت نقاله متحرک را متوقف کرده سپس شیار به پهنای ۱۵۰ میلیمتر از بالا تا پایین حفر کنید . تقریباً سه مقدار مساوی از بالا ، میانه و ته شیار ، نمونه برداشته و نمونه های هر بخش را در یک ظرف بریزید . سپس نمونه ترکیب شده از بخشهای مختلف باید نمونه صحرایی به مقدار معادل یا بیش از مقدار حداقل پیشنهادی در استاندارد را بدهد .

۵- نمونه گیری از قیف تغذیه نقاله برای انتقال مخلوط به انبار - بر اساس حداکثر ظرفیت انبار به طور تصادفی بخشهایی را برای نمونه گیری 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 می ریزند ، اخذ کنید . از ترکیب های هر بخش ، باید مقدار نمونه صحرایی معادل یا بیش از حداقل مقدار پیشنهادی در استاندارد باشد ، بدست آید .

۶- نمونه گیری از جاده پس از تراکم - بخشهایی را به طور تصادفی برای نمونه گیری از مصالح در محل انتخاب و سه مقدار مساوی انتخابی به طور تصادفی از بخشی که باید نمونه گیری 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 آن اخذ و توجه کنید که تمام مواد لایه را شامل شود . هر یک از مقادیر باید به روش مغزه گیری ، اره کردن و دیگر روشهایی که حداقل دستخوردگی را در مصالح ایجاد کند ، گرفته شود .

۳- تعداد و مقادیر نمونه های صحرایی :

۳-۱- تعداد نمونه های صحرایی لازم بستگی به حساسیت و تنوع خواصی که باید اندازه گیری شوند ، دارد . هر بخشی را که باید یک نمونه صحرایی از آن گرفته شود قبل از نمونه گیری ، علامت گذاری کنید . تعداد نمونه های صحرایی اخذ شده باید کافی باشند تا نتایج آزمایش رضایت بخش باشد .

توجه ۱ : راهنمایی برای تعیین تعداد نمونه های لازم برای کسب نتایج آزمایش را می توان در روش ASTM D2234 و دستورالعملهای ASTM E105 ، ASTM E122 و ASTM E141 یافت .

۲-۳ راهنمایی در مورد مقدار مواد در نمونه های صحرایی در جدول یک ارائه شده است . مقادیر نمونه ها بستگی به نوع و تعداد آزمایشهایی که مواد تحت آنها قرار می گیرند دارد و مقدار کافی مواد باید برای انجام مناسب این آزمایشها اخذ شوند . کنترل های استاندارد و آزمایش های قابل قبول در استانداردهای ASTM آورده شده و مقداری از نمونه صحرایی را که برای هر آزمایش خاص لازم است ، در این استانداردها مشخص می شود .

جدول یک - راهنمایی برای تخمین مقدار نمونه

حداقل وزن تقریبی مخلوط متراکم نشده برحسب کیلوگرم	حداقل مساحت تقریبی مخلوط متراکم شده برحسب سانتیمتر مربع	حداکثر اندازه اسمی مصالح سنگی (الف)
۱/۸	۲۳۲	۲/۳ میلیمتر (شماره ۸)
۱/۸	۲۳۲	۴/۷ میلیمتر (شماره ۴)
۳/۶	۲۳۲	۹/۵ میلیمتر ($\frac{3}{8}$ اینچ)
۵/۴	۴۱۳	۱۲/۵ میلیمتر ($\frac{1}{2}$ اینچ)
۷/۳	۶۴۵	۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ)
۹/۱	۹۲۹	۲۵/۰ میلیمتر (۱ اینچ)
۱۱/۳	۹۲۹	۳۸/۱ میلیمتر ($1\frac{1}{2}$ اینچ)
۱۵/۹	۱۴۵۳	۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)

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 آزمایشها متداول آماده خواهد کرد . مقدار نمونه آزمایش را از نمونه های صحرایی با چهار قسمت کردن یا دو قسمت کردن به روشی مشابه با دستورالعمل ASTM C702 یا در صورت لزوم با روشهای آزمایش کاربردی دیگر بدست آورید .

توجه ۲ : مساحت های تقریبی یک نمونه با وزن معین نمونه در جدول یک ارائه شده است . این ابعاد بر اساس ضخامت معمول برای هر اندازه مصالح سنگی مقرر شده ، می باشد . تغییر در ضخامتها ، وزن مخصوص مصالح سنگی و طرح اختلاط سبب تغییر در این مساحتها خواهد شد .

۴ - انتقال نمونه ها :

۴-۱- نمونه ها را در ظرفی که به نحوی ساخته شده اند که مانع از دست دادن و یا آلودگی هر قسمت از نمونه و یا محتویات آن به علت عملکرد نامناسب در ضمن انتقال شود حمل کنید .

۲-۴- مشخصات نمونه ها باید جداگانه بر روی آنها چسبانیده شود تا اطلاعات لازم را به استفاده کننده نمونه ارائه دهند . نمونه ای از نوع اطلاعاتی که ممکن است مفید باشد شامل موارد زیر است ، لیکن اطلاعات فقط به این موارد محدود نمی شود .

۲-۴-۱- کاری که مصالح برای آن مورد استفاده قرار می گیرد ، شماره قطعه پروژه ، شماره مسیر بزرگراه ، استان .

۲-۴-۲- منبع نمونه ، برای نمونه های مخلوط کارخانه ای ، این اطلاعات شامل مسئول کارخانه ، محل کارخانه و نوع کارخانه ، مشخصات قیر و مصالح سنگی مورد استفاده می باشد .

۲-۴-۳- برای نمونه های اخذ شده از جاده نقطه ای که نمونه گیری شده ، همراه با شماره ایستگاه و موقعیت طولی در روسازی و موقعیت محل دقیق نمونه گیری .

۲-۴-۴- نمونه گیری در چه تاریخی اخذ شده و توسط چه کسی و با چه عنوانی انجام شده است .

۲-۴-۵- مشخصات و آدرس درخواست کننده و اینکه برای چه کسی گزارش باید تهیه شود .

استاندارد تعیین میزان پخش مواد قیری
ASTM D2995

بازگشت

۱-هدف: این دستورالعمل شامل تعیین میزان پخش طولی و عرضی مواد قیری بر حسب لیتر در متر مربع می باشد.

۲-خلاصه دستورالعمل :

۲-۲-۱ روش آزمایش A - 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، در حالیکه قیر را پخش می کند از روی صفحات کالیبراسیون عبور می کند. سپس 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.

۲-۲-۲ روش آزمایش B -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: مقدار مواد قیری پاشیده شده در سطح روسازی، توسط دستگاه قیرپاش با استفاده از این روش می تواند تعیین شود.

۴-وسایل آزمایشگاهی :

۴-۱-۱ روشهای آزمایش A یا B :

۴-۱-۱-۱ ترازو: با دقت تا ۰/۱ گرم .

۴-۱-۲ جعبه توزین یا محافظ ترازو: برای حفاظت ترازو از باد، وقتی که ترازو در محل کارگاه استفاده می شود.

۴-۱-۳ میز ترازو: میزکار برای وزن کردن .

۴-۲ روش آزمایش B :

۴-۲-۱ ظروف بیضی: با اندازه های تقریبی طول قطر کوچک ۸۸/۹ میلیمتر و قطر بزرگ ۲۲۸/۶ میلیمتر و ۲۰۳/۲ میلیمتر که حجم داخلی تقریبی یک گالن می باشد.

۴-۲-۲ باندهای لاستیکی، با قابلیت محکم شدن وقتی که اطراف ظروف بیضی کشیده می شوند.

۴-۲-۳ زمان سنج: با توانایی ثبت تا ۰/۱ ثانیه .

۵- مواد :

5-1 روش آزمایش A :

۵-۱-۱ صفحات ژئوتکستایل - با حداقل وزن ۸ اونس بریارد مربع و اندازه ۱۲ اینچ در ۱۲ اینچ (۳۰۴/۸ میلیمتر در ۳۰۴/۸ میلیمتر) .

۵-۱-۲ نوار با روکش آلومینیومی - با اندازه پهنای ۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر) و طول ۶ اینچ (۱۵۲/۴ میلیمتر).
۵-۱-۳ کاغذ بوخر (Butcher Paper) 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 کیسه های پلاستیکی - با قابلیت جای گیری داخل ظروف بیضی اما با ابعاد بزرگتر به طوریکه وقتی داخل ظرفهای بیضی قرار می گیرند لبه های آن به سمت خارج برگردند.

۶- روش آزمایش (میزان پخش عرضی).

۶-۱ روش آزمایش A:

مقدار کافی از صفحات ژئوتکستایل کارخانه ای انتخاب کنید به طوریکه وقتی سرتاسر آنها روی سطح راه قرار می گیرند، نوار پیوسته ای در پهنای راهی که باید قیر پخش شود، بوجود آید سپس حلقه ای با نوار ایجاد کنید، بطوریکه سمت چسبیده آن به طرف بیرون باشد، دو حلقه از نوار روی یک لبه از هر صفحه ژئوتکستایل قرار دهید.

وزن مجموعه صفحه و نوار را با دقت ۰/۱ گرم بدست آورید این مجموعه را از ظرف نوار بر روی جاده قرار دهید به طوریکه لبه نواری شده، رو در رو با پخش کننده باشد. برای چسباندن صفحه نواری شده به سطح راه مقداری فشار اعمال کنید. این عمل را برای باقیمانده صفحات برای عرض کامل موردنظر برای کالیبراسیون ادامه دهید.

دو ورق از کاغذ بوخر بر روی مجموعه صفحات در محلهایی که چرخهای پخش کننده بر روی مجموعه صفحات می افتند، 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 می کند، مجموعه صفحه را با قیر پخش شده روی آن ترک نماید.

به محض عبور پخش کننده از مجموعه صفحه کالیبراسیون، هر مجموعه صفحه را از روی سطح راه بردارید سپس هر صفحه را با دقت ۰/۱ گرم توزین کنید. وزن هر صفحه و موقعیت صفحه بر روی سطح راه را، در برگ گزارش ثبت کنید.

۶-۲ روش آزمایش B:

یک کیسه پلاستیکی داخل هر ظرف قرار داده و قسمت اضافی پلاستیک را بالای سر ظرف برگردانده و با یک نوار لاستیکی محکم کنید. وزن مجموعه ظروف بیضی، کیسه پلاستیکی و نوار لاستیکی را با دقت ۰/۱ گرم ثبت کنید.

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. لوله پخش کن را بکار بیندازید به طوریکه وقتی قیر از هر فواره پاشیده می شود کاملاً بر هر یک از مجموع ظروف از قبل توزین شده، متصل باشد. به محض شروع پر کردن مجموعه ظروف، کرنومتر را بکار بیندازید.

وقتی که تقریباً $\frac{3}{4}$ ظرف پر شد، جریان قیر لوله پخش کن را متوقف کنید. به محض قطع جریان قیر به داخل ظرف، کرنومتر را متوقف کنید. وزن هر یک از مجموعه های ظروف را، در جای مشخصی روی برگ گزارش ثبت کنید.
زمان سپری شده بین آغاز و پایان جریان قیر به داخل مجموعه ظروف را ثبت کنید.

۷- روش آزمایش (میزان پخش طولی)

۱-۷ روش آزمایش A :

مجموعه صفحات کالیبراسیون و نوارهای تشریح شده در بخش قبل را آماده کنید. تعداد کافی صفحات را لب به لب روی روسازی قرار دهید به طوری که میزان مواد قیری که در جهت طولی باید پاشیده شود، بپوشانید. صفحات را در جایی قرار دهید که چرخهای پخش کننده با آنها تماس پیدا نکنند. به محض اینکه دستگاه قیرپاش، قیر را روی صفحات کالیبراسیون پاشید، صفحات برای توزین برداشته و روی میز توزین قرار دهید سپس هر مجموعه صفحه را با دقت ۰/۱ گرم توزین کرده و وزن هر صفحه و موقعیت آن را در برگ گزارش ثبت کنید.

۲-۷ روش آزمایش B :

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 سپس پهنائی که قیر پاشیده شده، اندازه گیری کنید و این پهنای را بر حسب فوت بصورت H یادداشت کنید.

۸- محاسبات (میزان پخش عرضی)

۱-۸ روش آزمایش A : وزن مجموعه صفحه را وزن کل مجموعه صفحه پوشیده شده با قیر، کم کنید. (هر صفحه ای را که کاملاً با قیر پوشیده نشده است در نظر نگیرید)

میزان پخش قیر را برای هر مجموعه صفحه بر حسب لیتر در متر مربع بر اساس رابطه زیر تعیین کنید.

$$\text{فوت مربع بر متر مربع} \left(\frac{10}{764} \right) * (\text{لیتر بر سی سی}) * 0.001 = \frac{A}{G} = \text{میزان پخش بر حسب لیتر بر متر مربع}$$

به طوریکه :

A = وزن خالص قیر در مجموعه صفحه بر حسب گرم .

B = وزن مخصوص قیر در دمای پاشیدن .

۲-۸ روش آزمایش B :

۱-۲-۸ میزان جریان قیر از هر فواره را بر اساس جدول یک محاسبه کنید.

					زمان سپری شده t (ثانیه)
(e) انحراف از میانگین (درصد)	(d) میزان پخش قیر (گالن بر دقیقه) $\left[\frac{(c)}{g} \right] 0.158t^*$	(c) وزن قیر (گرم)	(b) وزن ظرف+کیسه +نوار+قیر (گرم)	(a) وزن ظرف+کیسه+نوار (گرم)	شماره ظرف
متوسط (F) =					

جدول یک - تعیین میزان جریان از فواره های دستگاه پخش قیر

۹- محاسبات (میزان پخش)

۹-۱ روش آزمایش A: همان روشهایی را که در بندهای ۸-۱ عنوان شد.

۹-۲ روش آزمایش :

۹-۲-۱ میزان پخش طولی برای پخش با سیستم پاشیدن، مستقل از مکانیزم حرکت ماشین به صورت زیر است:

$$\text{میزان پخش بر حسب لیتر بر متر مربع} = (40/74F) / (G*H)$$

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 .

تعیین درصد قیر آسفالت AASHTO-T164 , ASTM-2172

بازگشت

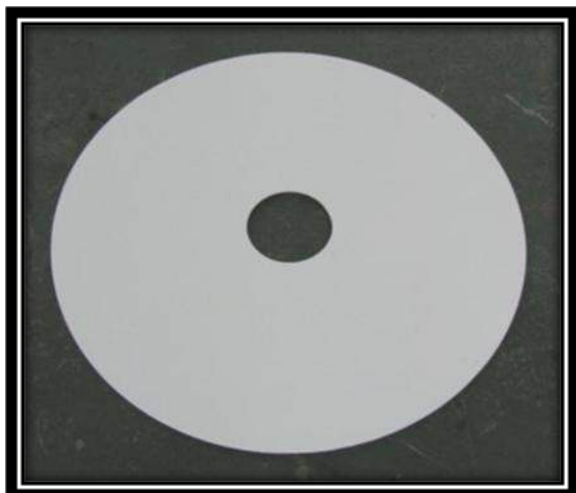
تعریف : تجزیه آسفالت عبارتست از جدا نمودن قیر از مصالح و یا به عبارت دیگر تعیین درصد قیر موجود در آسفالت می باشد .

این آزمایش برای دو حالت از آسفالت قابل آزمایش می باشد .

الف : آسفالت ساخته شده بوسیله کارخانه در مرحله پخش و قبل از کوبیدن .

ب : آسفالت قبلاً ریخته شده و کوبیده شده .

نمونه برداری آسفالت در حالت اول از کامیون حامل آسفالت یا از پشت فنیشر در حالت پخش و در مرحله دوم با جدا نمودن قشر آسفالت کوبیده شده از سطح راه بوسیله اره آسفالت بر یا مته الماسی یا قلم و چکش قابل انجام خواهد بود انجام آزمایش مورد نظر در مرحله نخست از آسفالت در حال پخش مقدار ۵۰۰۰ گرم آسفالت انتخاب نموده و بوسیله عمل کوارتر (۴ قسمتی) نمودن ۲ نمونه هر یک به وزن تقریبی ۱۰۰۰ گرم انتخاب نموده و پس از رسیدن به درجه حرارت محیط آن را دقیقاً وزن نموده و در ۲ ظرف آلومینیومی (بشر ۱ لیتری) ریخته و بر روی آن بنزین یا تتراکلرور کربن و یا حلالهای مشابه می ریزیم . پس از چند ساعت نمونه شماره ۱ را درون کاسه مربوط به دستگاه اکستراکشن (تجزیه آسفالت) ریخته و به جهت جلوگیری از بیرون ریختن دانه ریز مصالح یک عدد کاغذ فیلتر (صافی) را پس از خشک نمودن وزن کرده و روی کاسه مربوطه گذاشته و درب کاسه را با پیچ مخصوص ثابت مینمائیم و بوسیله اضافه کردن بنزین آسفالت را شستشو میدهیم تا کلیه قیر موجود در آسفالت (محلول بنزین و قیر) خارج گردد و عمل شستشو را تا آنجا ادامه میدهیم تا محلول حاصله کاملاً شفاف به نظر برسد در این مرحله مصالح مانده در کاسه را خشک نموده و وزن می نمائیم و همچنین کاغذ صافی را نیز خشک نموده و توزین می نمائیم . درارتباط با مطالب گفته شده فوق نتایج حاصله را به شرح ذیل محاسبه نموده تا روش محاسبه درصد قیر روشن گردد .

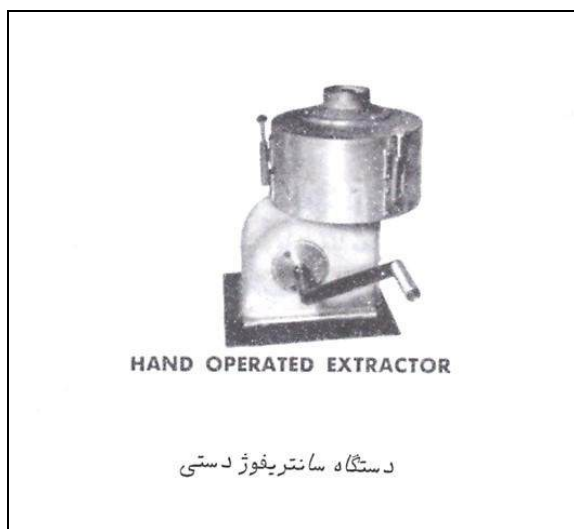




وزن آسفالت	A	گرم 1000
وزن کاغذ صافی خشک بعد از آزمایش	B	گرم 25
وزن کاغذ صافی خشک قبل از آزمایش	C	گرم 20
وزن دانه های مانده روی کاغذ صافی	B-C	گرم 5
وزن مصالح خشک مانده در کاسه	D	گرم 945
وزن مصالح + وزن دانه های مانده روی کاغذ صافی	D+(B-C)	گرم 950
وزن قیر موجود در آسفالت	A-D+(B-C)	گرم 50
درصد قیر نسبت به آسفالت	$\frac{50}{1000} \times 100 = 5$	
درصد قیر نسبت به وزن مصالح	$\frac{50}{950} = 5.26$	

عینا عملیات فوق در مورد نمونه شماره ۲ نیز انجام میگردد و محاسبات مربوطه نیز باید عمل شود . در صورتیکه درصد قیر در دو آزمایش حدوداً به یک اندازه باشند آزمایش صحیح انجام شده که لازم است اعداد بدست آمده را معدل گیری و نتیجه کلی را یادداشت و گزارش می نمائیم .

لازم به توضیح است که در مورد انجام آزمایش در حالت دوم بایستی آسفالت را از سطح راه برداشته و در حرارتی معادل ۵۰ سانتی گراد متلاشی نموده و عملیات مشابه گفته شده در مورد آن را انجام داد . در ارتباط با بکار بردن نحوه آزمایش بر اساس استاندارد ذکر شده دقت های دیگری نیز لازم است انجام گیرد که از آن جمله سرعت دستگاه اکستراکشن و مشخصات دستگاه مورد بحث و شرایط نمونه گیری جهت آزمایش و برآورد میزان آب موجود در آسفالت (در صورتیکه به جسم آسفالت آب نفوذ کرده باشد) و برآورد میزان فیلر موجود در محلول بنزین و قیر حاصله نام از آزمایش که رعایت موارد گفته شده برای آزمایشگاههای مجهز قابل کنترل می باشد .



استاندارد دانه بندی مکانیکی سنگدانه حاصله از اکستراکشن AASHTO:T30

بازگشت

۱- هدف :

در این روش 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- اهمیت و کاربرد

این روش برای تعیین دانه بندی مصالح سنگی بدست آمده از تجزیه مخلوطهای آسفالتی بکار گرفته 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 .

۳- وسایل مورد نیاز

لوازم مورد نیاز جهت انجام آزمایش عبارتند از :

۱-۳) ترازوها یا باسکولها و وزنه های آنها بایستی بر اساس ضوابط استاندارد M231 و متناسب با وزن نمونه تهیه شوند .

۲-۳) الکها : الکها بایستی با سوراخهای مربع شکل و قاب مناسب تهیه شوند تا در حین الک کردن ، مصالح از آن به بیرون ریخته نشوند . اندازه الکهای مورد استفاده بر اساس مشخصات مصالح تحت آزمایش انتخاب می شوند . الکهای سیمی باید شرایط استاندارد M92 را دارا باشند .

۴- نمونه : نمونه شامل کل یا بخشی از سنگدانه هایی است که با استفاده از بخش ۵ استاندارد AASHTOT164 ، قسمت قیری آنها جدا شده است .

۵- روش انجام آزمایش:

۱-۵) نمونه باید تا حدی خشک شود که در اثر دوباره خشک کردن در دمای $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ تغییرات وزن آن از ۰/۱ 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 بر اساس AASHTO T164 تعیین می شود .

۲-۵) 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 ، میتوان ذرات عبوری از الک 0.075mm را از ذرات درشت تر تفکیک کرد . محتویات ظرف را به شدت تکان داده و بلافاصله آب شستشو را از بین دو الک ۲ یا ۱/۱۸ میلیمتر و الک ۰/۰۷۵ 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 های پراکننده مانند Joy, Calgon یا سایر شوینده ها (دترجنت ها) جدا شدن ذرات ریز را تسریع خواهد کرد .

۳-۵) شدت و سرعت تکان باید برای تفکیک کامل ذرات درشت از ذرات ریز عبور کرده از الک 0/075mm کافی بوده و آنها را به شکل سوسپانسیون در آورد تا بتوان آنها را با خالی کردن آب شستشو جدا نمود . باید دقت کرد که آب ذرات درشت نمونه را بیرون نریزد و عمل شستشو باید ادامه یابد تا آب حاصل از شستشو زلال شود .

۴-۵) تمامی مصالح باقی مانده روی الک به ظرف بازگردانده می شوند و سنگدانه شستشو داده شده را در دمای $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ تا وزن ثابت خشک نموده و با تقریب ۰/۱ درصد وزن کنید .

۵-۵) سپس سنگدانه را با الکهایی که اندازه آنها بر اساس مشخصات مخلوط تعیین می شود و شامل الک شماره 0/075mm می باشد , الک می کنند . مقدار عبور کرده از هر الک و مانده بر روی الک بعدی و مقدار عبوری از الک 0/075 mm را وزن کرده و یادداشت می کنیم . مجموع وزن های بدست آمده بایستی با وزن خشک پس از شستشو با تقریب ۰/۲ درصد وزن کل مصالح تطبیق داشته باشد . وزن مصالح خشک عبوری از الک شماره 0/075mm عبارتست از وزن مواد معدنی موجود در قیر و وزن مصالحی است که در اثر شستشو بدست آمده و وزن مصالح عبوری از الک 0/075mm کنترل شود می توان مواد شستشو شده از الک شماره 0/075mm را با عمل 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 ۱-۵) از طریق محاسبه بدست می آید .

۶- گزارش :

نتایج دانه بندی با الکها شامل مواد ذیل می باشد :

کل درصد های عبوری هر الک یا کل درصدهای مانده روی هر الک یا درصد مانده بین الکهای متوالی و پشت سر هم , که انتخاب هر یک از آنها بستگی به مشخصات مورد استفاده آزمایش دارد . درصد ها باید به نزدیکترین عدد صحیح گزارش شوند . باستثناء درصد عبوری الک شماره 0/075mm که باید با تقریب ۰/۱ درصد گزارش شود .

روش استاندارد آزمایش تعیین مقاومت مخلوطهای آسفالتی در مقابل تغییر شکل پلاستیک با دستگاه مارشال
ASTM:D1559

بازگشت



- هدف:

این روش آزمایش اندازه گیری مقاومت نمونه ای استوانه ای مخلوط آسفالتی را در مقابل تغییر شکل پلاستیک در حالتی که سطح جانبی نمونه با دستگاه مارشال تحت بارگذاری قرار گرفته، شامل می شود. این روش آزمایش برای مخلوطهایی که با قیر خالص، محلول یا قطران و مصالح سنگی با حداکثر اندازه یک اینچ ساخته شده اند کاربرد دارد.

۲- مشخصات و کاربرد :

این روش آزمایش در طرح اختلاط آزمایشگاهی آسفالت استفاده می شود. نمونه ها طبق روش آزمایش، برای حداکثر بار و روانی تهیه می شوند. ویژگیهای دانسیته و فضای خالی نیز ممکن است بر روی نمونه های تهیه شده مطابق با روش آزمایش، تعیین شوند. از این روش آزمایش همچنین می توان برای بدست آوردن حداکثر بار و روانی نمونه های مخلوط آسفالتی که از سطح راه مغزه گیری شده و یا به روشهای دیگری تهیه شده اند، استفاده می شود. نتایج حاصل از این نمونه ها ممکن است با مقادیر حاصله از نمونه های تهیه شده با این روش آزمایش تفاوت داشته باشد.

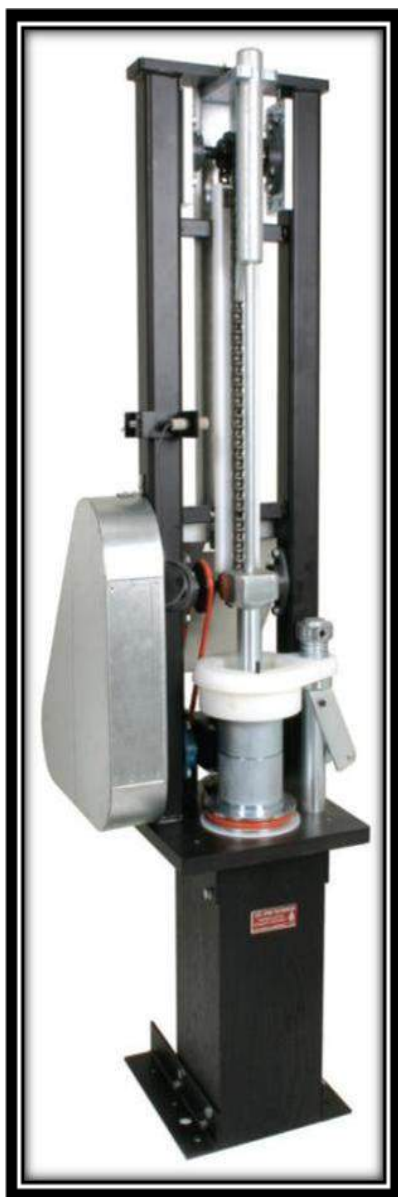
۳- لوازم آزمایشگاهی :

۳-۱- مجموعه قالب نمونه : قالب های استوانه ای به قطر ۴ اینچ (۱۰۱/۶ میلی متر) و ارتفاع ۳ اینچ (۷۶/۲ میلی متر) ، با صفحات زیرین و حلقه هایی به منظور افزایش طول قالب استفاده می شود بدین منظور سه قالب استوانه ای پیشنهاد می شود.

۲-۳- خارج کننده نمونه: صفحه ای فولادی به شکل دیسک و به قطر حداقل ۳/۹۵ اینچ (یا ۱۰۰ میلیمتر) و ضخامت $\frac{1}{2}$ اینچ (۱۳ 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 نیروسنج به حلقه الحاقی جهت خروج نمونه لازم است.

۳-۳- چکش تراکم: چکش تراکم باید دارای سطح ضربه وارد کننده گرد و مسطح و وزنه ۱۰ پوندی (۴۵۳۶ گرم) که از ارتفاع ۱۸ اینچ (۴۵۷/۲ میلی متر) سقوط آزاد می کند. دو چکش تراکم جهت انجام آزمایش پیشنهاد می شود به منظور ایمنی بیشتر چکش تراکم می تواند مجهز به انگشت محافظ باشد. شکل (۱) چکش تراکم دستی و شکل (۲) چکش تراکم اتومات را نشان می دهد.

شکل ۱- قالب چکش تراکم - دماسنج

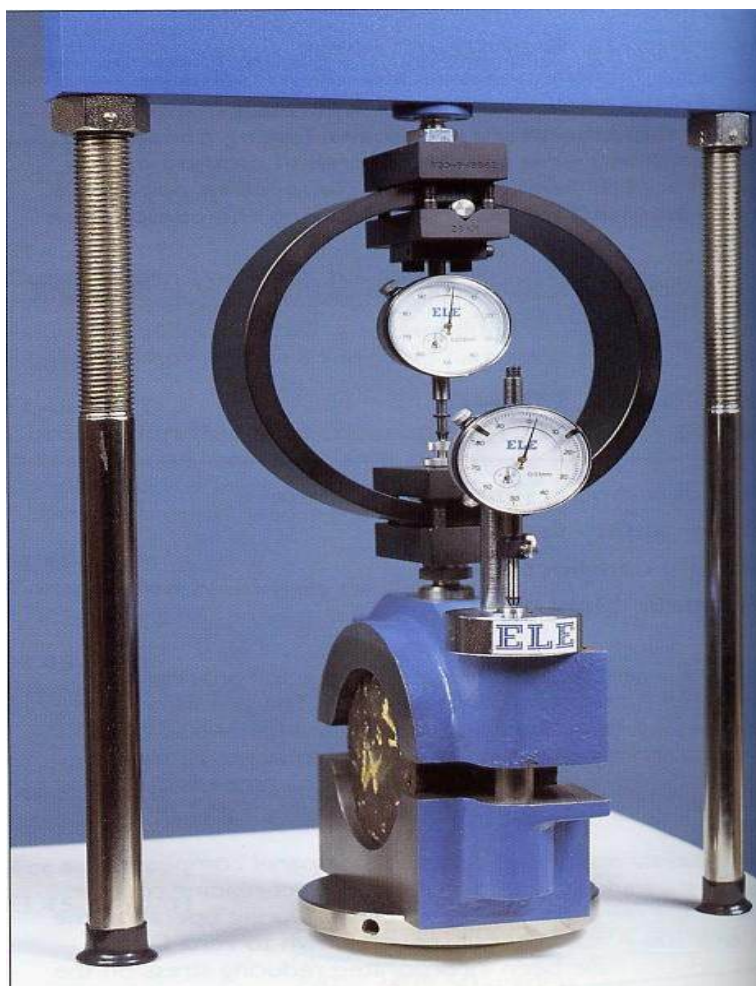


شکل ۲- چکش تراکم اتوماتیک

۳-۴- پایه تراکم : پایه تراکم مرکب از پایه چوبی از جنس بلوط، کاج یا چوب دیگری با میانگین وزن مخصوص خشک حدود ۰/۶۷ تا ۰/۷۷ گرم بر سانتیمتر مکعب و ابعاد $۲۰۳/۲ \times ۲۰۳/۲ \times ۴۵۷/۲$ میلی متر می باشد که بر روی یک صفحه فولادی به ابعاد $۳۰۴/۸ \times ۳۰۴/۸ \times ۲۵/۴$ میلی متر قرار گرفته است. پایه چوبی توسط چهار قطعه نبشی، در قطعه بتنی مسطح، محکم می شود. کلاhek فولادی باید به طور محکم به پایه بسته شود. مجموعه پایه باید به گونه ای نصب شود که پایه کلاhek تراز باشد.

۳-۵- نگهدارنده قالب نمونه : نگهدارنده قالب روی پایه تراکم، به نحوی 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 سرجای خود نگه دارد.

۳-۶- فکهای شکست : فکهای شکست برای قرارگیری نمونه است که بخشهای استوانه ای بالایی و پایینی را شامل می شوند یا فکهای آزمایش شعاع انحناء داخلی دقیقاً ماشین شده برابر با ۲ اینچ ($۵۰/۸$ میلی متر) 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 ملاحظه ای به سمت یکدیگر سوق دهند. شکل (۳) فک های دستگاه مارشال را نشان می دهد.



شکل ۳- فک های دستگاه مارشال

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 ۲ اینچ (۵۰/۸ میلیمتر) در دقیقه را داشته باشد. مجموعه جک بارگذاری می تواند به یک موتور الکتریکی مجهز باشد. شکل (۴) دستگاه بارگذاری دستگاه مارشال را نشان می دهد.



شکل (۴) دستگاه بارگذاری دستگاه مارشال

۳-۸- مجموعه حلقه نیروسنج: حلقه نیروسنجی با ظرفیت ۵۰۰۰ پوند (۲۲۶۷ کیلوگرم) و حساسیت ده تا ۱۰۰۰ پوند (۴۵۳/۶ تا ۴۵۳۶ 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. تقسیمات صفحه ریزسنج بر حسب ۰/۰۰۰۱ اینچ (۰/۰۰۰۲۵ میلی متر) می باشد. اتصالات بالا و پایین حلقه نیروسنج برای بستن حلقه نیروسنج به قاب دستگاه و انتقال بار به فکهای دستگاه لازم می باشد.

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. تقیسمات گیج روانی سنج بر حسب ۰/۰۱ اینچ (۰/۲۵ میلی متر) می باشد.

۱۰-۳- گرمخانه: گرمخانه، باید برای گرم کردن مصالح سنگی، موادقیری، قالبهای نمونه، چکش های تراکم و دیگر وسایل لازم تا دمای مخلوط کردن و قالب گیری، فراهم شوند.

گرمخانه دمای موردنیاز را با دقت $\pm 2/8$ درجه سانتیگراد ثابت نگه می 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 برسانند.

۱۱-۳- 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 ضرورتا 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.

۱۲-۳- حمام آب- حمام آب باید حداقل ۶ اینچ (۱۵۲/۴ میلی متر) عمق داشته و با ترموستات دمای آن کنترل شود به طوریکه دمای حمام را در ± 1 درجه سانتیگراد یا $\pm 1/8$ درجه سانتیگراد نگهدارد. مخزن باید یک کف سوراخ دار موقتی داشته یا انیکه به یک قفسه برای نگهداری نمونه به اندازه ۲ اینچ (۵۰/۸ میلی متر) بالاتر از کف حمام مجهز باشد. شکل (۵) حمام آب را نشان می دهد.



شکل (۵) حمام آب

۱۳-۳- حمام هوا- حمام هوا برای مخلوطهای آسفالتی با قیر محلول، باید با ترموستات کنترل شده و بتواند دمای هوا را در ± 1 درجه سانتیگراد نگهدارد.

۱۴-۳- وسایل متفرقه:

۳-۱۴-۱- ظروف برای گرم کردن مصالح سنگی، تاوه های فلزی با کف مسطح یا ظروف مناسب دیگر. همچنین ظروفی برای گرم کردن مواد قیری، هر نوع پیمانه قلعی، بشرها، ظروف ریختن مواد مذاب یا روغن دان، ممکن است استفاده شود.

۳-۱۴-۲- وسایل مخلوط کردن، هر نوع بیلچه فولادی (نوع باغبانی) یا کاردک برای هم زدن و مخلوط کردن دستی.

۳-۱۴-۳- دماسنج هایی برای تعیین دمای مصالح سنگی، قیر و مخلوطهای قیری. دماسنجهایی با حفاظ شیشه ای یا دماسنجی با صفحه مدرج عقربه دار با بدنه فلزی، پیشنهاد می شوند. محدوده ۹/۹ تا ۲۰۴ درجه سانتیگراد با دقت ۵ درجه فارنهایت (۲/۸ درجه سانتیگراد) لازم است.

دماسنجهایی که برای حمام آب و حمام هوا با محدوده دمایی ۶۸ تا ۱۵۸ درجه فارنهایت (۳۰ درجه تا ۷۰ درجه سانتیگراد) با دقت ۰/۴ درجه فارنهایت (۰/۲ درجه سانتیگراد) استفاده می شود.

۳-۱۴-۴- ترازو با ظرفیت ۲ کیلوگرم و دقت ۰/۱ گرم برای توزین نمونه های قالب گیری شده و ترازو با ظرفیت ۵ کیلوگرم و دقت یک گرم برای پیمانه کردن مخلوطها استفاده می شود.

۳-۱۴-۵- دستکشها- برای جابجایی وسایل داغ و دستکشهای لاستیکی برای خارج کردن نمونه ها از حمام آب استفاده می شود.

۳-۱۴-۶- گچ رنگی- برای مشخص کردن نمونه ها .

۳-۱۴-۷- چمچه، با کف مسطح برای پیمانه کردن مصالح سنگی .

۳-۱۴-۸- بیلچه- بزرگ برای جای دادن مخلوط در قالبهای نمونه .

۴- نمونه های آزمایش :

حداقل ۳ نمونه برای هر ترکیبی از مصالح سنگی و هر مقدار قیر، آماده کنید، سپس مصالح سنگی را در دمای ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد تا رسیدن به وزن ثابت خشک کرده و یا به بخشهایی با توجه به اندازه مصالح سنگی موردنیاز به طریق دانه بندی خشک، جدا کنید . این بخشهای مصالح سنگی با اندازه های زیر پیشنهاد می شوند:

$\frac{3}{4}$ تا یک اینچ (۱۹ تا ۲۵ میلی متر) .

$\frac{3}{8}$ تا $\frac{3}{4}$ اینچ (۹/۵ تا ۱۹ میلی متر) .

شماره ۴ تا $\frac{3}{8}$ اینچ (۴/۷۵ تا ۹/۵ میلی متر) .

شماره ۸ تا شماره ۵ (۲/۳۶ تا ۴/۷۵ میلی متر) .

رد شده از الک شماره ۸ (۲/۳۶ میلی متر) .

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 170 ± 20 سانتی استوکس گردند، بعنوان دمای مخلوط کردن در نظر گرفته می شود.

۴-۳-۲- دماهایی که قیر خالص باید گرم شود تا کند روانی آن 280 ± 30 سانتی استوکس شود، بعنوان دمای متراکم نمودن در نظر گرفته می شود.

۴-۳-۳- از یک نمودار ترکیبی برای قیر محلول استفاده کرده و درصد وزنی حلال را در کند روانی با دمای (۶۰ درجه سانتیگراد) تعیین کنید. از این نمودار همچنین کند روانی در (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- کند روانی برای قیر محلول، که بعد از کاهش ۵۰ درصد حلال دارای کند روانی معادل 280 ± 30 سانتی استوکس باشد، بعنوان دمای متراکم نمودن در نظر گرفته می شود. دمایی که در آن دما، قطران دارای کند روانی ویژه انگلر برابر 25 ± 3 و 40 ± 5 می شود به ترتیب دمای مخلوط کردن و متراکم نمودن می باشد.

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 پیمانه مخلوط ارتفاعی برابر $2/5 \pm 0/05$ اینچ ($63/5 \pm 1/27$ میلی متر) 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 ۲۸ درجه سانتیگراد برای مخلوط هایی با قیر خالص و 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، بعد 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، مخلوطهایی را که با قیر محلول ساخته شده اند، در یک گرمخانه تهویه دار با دمای تقریباً 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 کردن 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 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 پیمانه را داخل قالب خالی کرده و اطراف مخلوط را ۱۵ بار و داخل آن را ۱۰ بار با یک کاردک گرم، با نیروی زیاد کاردک بزنید. سرقالب را برداشته و سطح مخلوط را با بیلچه صاف کرده و به شکل گنبد درآورید دمای مخلوط بلافاصله قبل از 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 میلی متر) سقط آزاد می کند، 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 سرقالب را بردارید. قالب را برگردانید و آن را 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 می دهد که منجر به دانسیته بالا می شود. 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، نمونه ها باید مطابق با آنچه که در بند ۴-۵-۲ تشریح شده، سرد شوند. وقتی که سریعتر سرد شدن موردنظر باشد، ممکن است از پنبه های رومیزی استفاده شود. مخلوطها یی که فاقد چسبندگی کافی هستند و پس از خارج کردن سریع از قالب، شکل استوانه ای لازم را بدست نیاورده باشند، ممکن است در داخل قالب و در هوا تا حصول چسبندگی کافی و بدست آوردن شکل استوانه ای سرد شوند.

۵-روش آزمایش:

۵-۱- نمونه های تهیه شده با قیر خالص یا قطران را، با غوطه ور ساختن در حمام آب بمدت ۳۰ تا ۴۰ دقیقه یا با قراردادن در گرمخانه به مدت ۲ ساعت به دمای موردنظر برسانید. دمای حمام یا گرمخانه را برای نمونه های تهیه شده با قیر

خالص 60 ± 1 درجه سانتیگراد و برای نمونه های تهیه شده با قطران $37/8 \pm 1$ درجه سانتیگراد نگه دارید برای رساندن نمونه های تهیه شده با قیر محلول به دمای موردنظر، آن ها را در حمام هوا بمدت ۲ ساعت قرار دهید. دمای حمام هوا را $77 \pm 1/8$ درجه فارنهایت (25 ± 1 درجه سانتیگراد) نگهدارید.

میله های راهنما و سطوح داخلی فکهای آزمایش را قبل از انجام آزمایش کاملاً تمیز کرده و میله های راهنما را چرب کنید، بطوریکه فک بالای آزمایش آزادانه روی قسمتهای دیگر بلغزد. در صورت لزوم از حمام آب استفاده کنید. نمونه را از حمام آب گرمخانه یا حمام هوا خارج کرده، در قسمت پایین 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 می شود، آن را در موقعیت روی یکی از میله های راهنما قرار داده و در حالی که پایه آن محکم بر روی قیمت 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.

۲-۵ توسط جک بارگذاری یا فک دستگاه آزمایش که با سرعت ثابت ۲ اینچ در دقیقه ($50/8$ میلی متر در دقیقه) حرکت می کند، به نمونه بار اعمال کنید تا با به حداکثر رسیده و سپس بار نشان داده شده روی شاخص عقربه ای کاهش یابد. حداکثر باری را که در دستگاه آزمایش درج شده یا با تبدیل حداکثر مقدار قرائت شده از شاخص عقربه ای بدست آمده، ثبت کنید. به محض اینکه حداکثر بار شروع به کاهش کرد، پایه روانی سنج را آزاد کنید. اگر از شاخص عقربه ای برای اندازه گیری روانی استفاده می شود، مقدار روانی نشان داده شده یا معادل آن را بر حسب یک صدم اینچ ($0/25$ میلی متر) قرائت و یادداشت کنید. زمان سپری شده برای انجام آزمایش، از هنگام خروج نمونه آزمایش از حمام آب تا تعیین حداکثر بار، نباید از ۳۰ ثانیه بیشتر شود.

توجه ۷: برای نمونه هایی که مغزه گیری شده اند، وقتی که ضخامت آنها غیر از $2/5$ اینچ ($63/5$ میلی متر) باشد، بار را با استفاده از ضرابی که در جدول یک آمده تصحیح کنید.

۶- گزارش:

۶-۱ گزارش باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۶-۱-۱ نوع نمونه آزمایش شده (نمونه آزمایشگاهی یا نمونه مغزه گیری شده از روسازی).

نکته: برای نمونه های مغزه گیری شده، ارتفاع هر نمونه آزمایش بر حسب اینچ (یا میلی متر) باید گزارش شود.

۶-۱-۲ میانگین حداکثر بار حداقل سه نمونه، که در صورت لزوم تصحیح شده است، بر حسب پوند نیرو (نیوتن).

۶-۱-۳ مقدار متوسط روانی سه نمونه بر حسب صدم اینچ، ۲۵ صدم میلی متر.

۶-۱-۴ دمای آزمایش.

درصد فضای خالی آسفالت

Standard Test Method For Percent Air Voids In Compacted Dense And Open Bituminous Paving Mixtures

ASTM-D3203 , AASHTO-T269

بازگشت

هدف: بمنظور بررسی عملکرد آسفالت در سطح راه لازم است پارامترهای متشکله آسفالت مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند از آن جمله می توان به موارد ذیل اشاره کرد .

۱- مصالح و کیفیتهای فیزیکی و شیمیایی آن .

۲- قیر و کیفیتهای فیزیکی و شیمیایی آن .

۳- اختلاط مصالح و قیر در ارتباط با تهیه آسفالت ، پخش و عملکرد آسفالت متراکم شده در سطح راه که در مورد هر یک از مطالب فوق توضیحات لازم بیان خواهد شد .

در این قسمت بمنظور بدست آوردن درصد فضای خالی مخلوطهای آسفالتی متراکم با دانه بندی پیوسته و باز میباشد که براساس استاندارد ASTM D3203-83 مورد بررسی قرار می گیرد .

هرگاه مصالح و قیر را طبق مشخصات داده شده مخلوط نمائیم لازم است میزان درصد مصالح ، درصد قیر ، درصد فضای خالی آسفالت حاصله قابل محاسبه باشد که در این زمینه درصدهای مذکور در نمونه هائیکه در آزمایشگاه تهیه می شود با نمونه هائیکه از سطح راه برداشته میشود تا حدود قابل ملاحظه ای اختلاف خواهد داشت ، بدین منظور و برای بدست آوردن ارقام صحیح و قابل بحث روشهای استاندارد متداول است که در هر مورد توصیه هایی را ارائه می نماید . در استاندارد فوق درصد فضای خالی مخلوطهای آسفالتی بصورت زیر تعریف و مشخص شده است .

$$\text{درصد فضای خالی} = 100 \left(1 - \frac{\text{وزن مخصوص حقیقی}}{\text{وزن مخصوص ماکزیم آسفالت}} \right)$$

۱- موارد استفاده : محاسبه درصد فضای خالی مخلوطهای آسفالتی متراکم با دانه بندی پیوسته و باز درصد فضای خالی مخلوطهای آسفالتی به عنوان معیاری در روشهای تهیه و طرح و ارزیابی میزان تراکم در پروژه های راهسازی است .

۲- اصطلاحات و تعاریف:

۱-۲- منافذ خالی : عبارتند از حفره های هوای بین ذرات اجزاء متراکم شده .

۲-۲- مخلوط آسفالت متراکم شده با دانه بندی پیوسته : عبارت از مخلوطی است که منافذ خالی موجود در آن وقتی که متراکم شود از ۱۰ درصد کل حجم نمونه مورد آزمایش کمتر باشد .

۳-۲- مخلوط آسفالت متراکم شده با دانه بندی باز ، عبارت از مخلوطی است که منافذ خالی موجود در آن بعد از تراکم بیشتر از ۱۰ درصد حجم کل نمونه باشد .

۳- نمونه گیری : نمونه های انتخاب شده باید قبلا و نمونه های اخذ شده از جاده نیز باید به شکل استوانه ای یا دارای شکل منظم هندسی باشد .

۴-روش آزمایش :

۴-۱- وزن مخصوص حقیقی مخلوطهای آسفالتی متراکم با دانه بندی پیوسته بر اساس روش ASTM -D1 118 یا ASTM-D272 تعیین می گردد .

۴-۲- وزن مخصوص ماکزیمم (تئوریک) بر اساس استاندارد ASTM-D2041 قابل محاسبه خواهد بود .

۴-۳- دانسیته مخلوطهای آسفالتی با دانه بندی باز ، به شکل منظم از تقسیم وزن نمونه خشک بر حجم نمونه بدست می آید .

۴-۴- برای اندازه گیری ارتفاع نمونه های آسفالتی متراکم کاربرد استاندارد ASTM D3549 توصیه می گردد و لازم است قطر استوانه های متراکم را در ۴ محل اندازه گیری کرده و میانگین بدست آمده را معیار قطر نمونه محسوب نمود ، ضمنا حجم نمونه در این حالت بر مبنای میانگین ارتفاع بدست آمده و قطر قابل محاسبه خواهد بود .

۴-۵- به منظور قضاوت صحیح لازم است آزمایش وزن مخصوص حقیقی و وزن مخصوص ماکزیمم مخلوطهای آسفالتی را بر روی بخشی از نمونه انتخابی که به دو قسمت مساوی (با توجه به کلیه شرایط لازم) تقسیم شده انجام داد .

روش آزمایش تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری مخلوطهای آسفالتی ASTM:D2041

بازگشت

۱- هدف: این روش آزمایش شامل تعیین حداکثر وزن مخصوص تئوری و دانسیته مخلوطهای آسفالتی متراکم نشده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد می باشد.

۲- اصطلاحات و تعاریف:

عبارت وزن مخصوص و دانسیته که در این استاندارد نام برده شده است مطابق با اصطلاحات استاندارد ASTM E12 می باشد.

۱-۲- دانسیته: جرم یک متر مکعب مواد در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد در سیستم واحد SI می باشد.

۲- فشار باقیمانده: فشار در ظرف خلاء وقتی که خلاء اعمال می شود.

۳- وزن مخصوص: نسبت جرم معینی از ماده در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به جرم آب هم حجم آن در همان دما می باشد.

۳- خلاصه روش آزمایش:

یک نمونه مخلوط آسفالتی خشک شده در گرمخانه که وزن شده، در شرایط سست در ظرف خلاء قرار داده می شود. آب کافی با دمای 25 ± 4 درجه سانتیگراد اضافه می شود تا نمونه را کاملاً غرقاب کند.

خلاء به مدت ۵ الی ۱۵ دقیقه اعمال شده و به تدریج کاهش می یابد تا 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 و وزن کردن و یا با پر کردن کامل ظرف خلاء با آب و وزن کردن در هوا بدست می آید. از جرم حجم اندازه گیری شده، وزن مخصوص یا دانسیته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد محاسبه می شود. در صورتی که دمای انجام آزمایش با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد اختلاف داشته باشد باید تصحیح اعمال شود.

۴- اهمیت و مواد کاربرد :

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. این پارامتر برای محاسبه درصد فضای خالی در مخلوطهای آسفالتی متراکم شده استفاده می شود و مقادیر موردنظر برای متراکم نمودن مخلوطهای روسازی و در محاسبه مقدار قیر جذب شده توسط منافذ داخلی غیر پیوسته ذرات مصالح سنگی، در مخلوط آسفالتی لازم می باشد.

۵- وسایل :

۵-۱ ظرف خلاء:

شش ظرف مختلف خلاء که اندازه ظرف خلاء به حداقل اندازه لازم نمونه بستگی دارد. نمونه کم را در ظرف بزرگ استفاده نکنید.

۲-۵ ظروف خلاء برای توزین در هوا و آب که شامل دو نوع A و B می باشد.

۳-۵ ظروف خلاء برای وزن نمودن فقط در هوا که شامل انواع C و D و E و F می باشد.

۴-۵ ترازو: با ظرفیت و دقت کافی به طوریکه بتواند وزن مخصوص نمونه های 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 می باشد، آن را وزن کرد.

۵-۵ پمپ خلاء یا هواکش آبی: قادر به مکش هوا از داخل ظرف خلاء بوده تا فشار باقی مانده ۳۰ میلی متر جیوه گردد.

۶-۵ فشارسنج فشار باقی مانده: مستقیماً به ظرف خلاء وصل می شود و توانایی اندازه گیری فشار باقی مانده زیر ۳۰ میلی متر جیوه را دارد.

۷-۵ فشارسنج یا گیج خلاء: که برای اندازه گیری خلاء اعمالی منبع خلاء مناسب می باشد. عدد این فشارسنج لازم است که با عدد قرائت شده فشار باقی مانده از روی فشارسنجی که مستقیماً به ظرف خلاء متصل شده کنترل شود.

۸-۵ دماسنج ها: دماسنج های شیشه ای با مایع کالیبره شده و با محدوده تقسیمات مناسب و حداکثر خلای ۰/۵ درجه سانتیگراد یا هر وسیله حرارت سنجی مناسب دیگر با دقت و حساسیت معادل باید استفاده شوند. دماسنجها باید مشخصات لازم در استاندارد ASTM E1 را دارا باشند.

۹-۵ حمام آب: برای ظروف A یا B حمام آبی که بتواند دما را بین ۲۰ الی ۳۰ درجه سانتیگراد ثابت نگهدارد لازم است.

۱۰-۵ شیرجریان: متصل به مجموعه خلاء که برای سهولت تنظیم خلاء اعمالی به ظرف خلاء استفاده می شود.

۱۱-۵ دستکش های حفاظتی: وقتی لوازم شیشه ای تحت خلاء جابجا می شوند، استفاده می شود.

۶- نمونه گیری:

نمونه را بر اساس روش های آزمایش ASTM:D979 بدست آورید:

اندازه نمونه باید مطابق با مشخصات زیر باشد. در مورد نمونه های بزرگتر از ظرفیت ظرف ممکن 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)
۶۰۰	۵۰/۰ (۲)
۴۰۰	۳۷/۵ ($1\frac{1}{2}$)
۲۵۰	۲۵/۰ (۱)
۲۰۰	۱۹/۰ ($\frac{3}{4}$)
۱۵۰	۱۲/۵ ($\frac{1}{2}$)
۱۰۰	۹/۵ ($\frac{3}{8}$)
۵۰	۴/۷۵ (شماره ۴)

۷- روش آزمایش:

۷-۱ ذرات نمونه انتخابی مخلوط آسفالت را با دست بنحوی که شکسته نشوند از هم جدا کنید . به طوریکه 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، آن را در یک ظرف پهن قرار داده و در گرمخانه گرم کرده تا بتوان آن را به روشی که گفته شد از هم جدا کرد.

۷-۲ غیر از مخلوطهای آسفالتی که در آزمایشگاه با مصالح سنگی خشک شده در گرمخانه آماده شده اند، نمونه ها باید در گرمخانه با دمای 105 ± 5 درجه سانتیگراد تا رسیدن به جرم ثابت خشک شوند. خشک کردن و هرگونه گرم کردن لازم برای جدا کردن ذرات باید به عنوان عملیات واحدی ترکیب شوند تا تأثیرات گرم کردن مجدد به حداقل برسد.

۷-۳ 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.

۷-۴ هوای محبوس شده را از داخل نمونه با عملاً خلأی که به تدریج افزوده می شود 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 آن را در طی مدت خلأ با وسیله مکانیکی یا دستی به طور پیوسته در فواصل زمانی حدود هر دو دقیقه یک بار بشدت تکان دهید. ظروف شیشه ای باید روی یک سطح قابل ارتجاع نظیر سطح لاستیکی یا پلاستیکی نه روی سطح سخت تکان داده شوند تا از ضربه شدید تحت خلأ اجتناب شود.

۷-۵ در پایان مدت خلأ ، خلأ را به آرامی کاهش دهید و یکی از مراحل زیر را انجام دهید.

۷-۵-۱ توزین در آب: ظرف و محتویات آن را در حمام آب معلق کنید و جرم غوطه ور 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 تصحیح کنید. جرم نمونه در آب ۲۵ درجه سانتیگراد را C بنامید.

۷-۵-۲ توزین در هوا: فلاسک نوع C یا هر یک از پیکنومترهای نوع D,E,F را با آب پر کرده و دمای آب را در 1 ± 25 درجه سانتیگراد تنظیم کنید. جرم ظرف با محتویات آن را پس از پرشدن کامل بعد از مدت زمان 1 ± 10 دقیقه بدست آورده و این جرم را E بنامید.

۸- محاسبه: حداکثر وزن مخصوص تئوری نمونه را در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد به روش زیر محاسبه کنید:
۱-۸ توزین در آب:

$$(1) \quad \text{حداکثر وزن مخصوص تئوری} = \frac{A}{A - C}$$

در این رابطه :

A: جرم در هوای نمونه خشک شده در گرمخانه بر حسب گرم .

C: جرم آب جابجا شده توسط نمونه در ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب گرم .

۸-۲: توزین در هوا:

$$(2) \quad \text{حداکثر وزن مخصوص تئوری} = \frac{A}{A + D - E}$$

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

E = جرم ظرف پر شده با نمونه و آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب گرم

۸-۳ حداکثر دانسیته تئوری در ۲۵ درجه سانتیگراد: حداکثر دانسیته تئوری متناظر در ۲۵ درجه سانتیگراد را به روش زیر محاسبه کنید:

در سیستم SI :

کیلوگرم/مترمکعب $997/1$ * حداکثر وزن مخصوص تئوری = حداکثر دانسیته تئوری در ۲۵ درجه سانتیگراد

در این روابط:

وزن مخصوص آب در ۲۵ درجه سانتیگراد در سیستم SI برابر $997/1$ در سیستم اینچ - پوند $62/245$ می باشد.

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

وزن مخصوص مخلوط سست	جرم مخلوط سست	حجم تصحیحی شده مخلوط سست در ۲۰ درجه سانتیگراد	تصحیح حجم برای تغییر دما	حجم مخلوط سست در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد	دما (درجه سانتیگراد)
$\gamma = \frac{5}{4}$	۵	$\epsilon = 2+3$	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 ۰/۵۰۰۰

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 دارد . مقدار ۲/۵۳۸۸ در برابر ۲/۵۳۹۳ می باشد که اختلاف آنها برابر ۰/۵۰۰۰ بوده 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.

۹- گزارش: گزارش شامل اطلاعات ذیل می باشد.

۱-۹ وزن مخصوص و دانسیته مخلوط با سه رقم اعشار، دانسیته در ۲۵ درجه سانتیگراد یا وزن مخصوص و در ۲۵ بر ۲۵ درجه سانتیگراد .

۹-۲ نوع مخلوط و نوع ظرف .

۹-۳ اندازه نمونه ها و تعداد نمونه ها .

۹-۴ روش آزمایش .

روش استاندارد آزمایش تعیین وزن مخصوص و دانسیته حقیقی مخلوطهای آسفالتی متراکم شده به روش اشباع
با سطح خشک
استاندارد ASTM:D2726

بازگشت

۱-هدف

این روش آزمایش به منظور تعیین وزن مخصوص و دانسیته حقیقی نمونه های متراکم شده مخلوطهای آسفالتی که دانه بندی پیوسته و عملاً غیر جاذب می باشند ، استفاده می شود .

۲-اصطلاحات :

۱-۲- دانسیته حقیقی : جرم یک متر مکعب از ماده در ۲۵ درجه سانتیگراد است که در این روش تعیین می شود .

۲-۲- 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 .

۳-خلاصه ای از روش آزمایش :

نمونه در حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد غوطه ور می شود سپس 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 توزین ها در دماهای مختلف انجام شود ، موجود می باشد . در این روش آزمایش ، راهنمائی هایی برای تعیین جرم کاملاً خشک نمونه یا خشک شده در گرمخانه بیان می کند وزن مخصوص حقیقی از این جرمها محاسبه شده و سپس دانسیته از ضرب کردن وزن مخصوصنمونه در دانسیته آب ، بدست می آید .

۴-مشخصات و کاربرد :

نتایج بدست آمده از این روش آزمایش ، می توانند در تعیین وزن واحد حجم نمونه های مخلوط آسفالتی متراکم شده با دانه بندی پیوسته بکار روند و از ترکیب کردن با نتایج روش آزمایش ASTM D 3203 درصد فضای خالی بدست می آید . این مقادیر با تغییر و تبدیل هایی ممکن است در تعیین میزان تراکم نسبی مورد استفاده قرار گیرد . 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 .

۵-وسایل آزمایشگاهی :

۵-۱- ترازو : با ظرفیت و دقت مناسب ، که قادر به محاسبه وزن مخصوص حقیقی نمونه ها تا حداقل چهار رقم معنی دار که حداقل سه رقم آن اعشاری است ، ترازو باید به وسیله مناسبی مجهز باشد که بتوان وزن نمونه را به حالت معلق در آب اندازه گرفت . ترازو باید براساس استاندارد ASTM D4753 مربوط به ترازوی کلاس GP2 باشد .

۵-۲- حمام آب : برای غرقاب کردن نمونه در آب به حالت معلق ، که به یک مجرای خروجی سرریز برای ثابت نگهداشتن سطح آب مجهز باشد .

۶- نمونه گیری :

نمونه ها ممکن است از مخلوطهای آسفالتی آزمایشگاهی قالب گیری شده یا از روسازی ها آسفالتی گرفته شده باشند . در صورتی که نمونه های صحرایی باشد باید براساس استاندارد ASTM D979 اخذ کنید . نمونه های روسازی باید از روسازی راه با مغزه گیری به وسیله مته الماسی یا کربوراندوم یا با هر وسیله مناسب دیگری گرفته شود .

۷- نمونه های آزمایشی :

در اندازه نمونه ها پیشنهاد می شود ۱- قطر قالب استوانه ای یا نمونه های مغزه گیری شده یا طول جوانب نمونه های اره شده ، حداقل معادل چهار برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد و ۲- ضخامت نمونه ها ، حداقل ۱۵ برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد . در هنگام اخذ نمونه ها از روسازی یا خارج کردن نمونه ها از قالب ، باید به این نکته توجه کرد که پیچش خمش و ترک خوردگی در نمونه ایجاد نشود .

نمونه ها باید عاری از مواد خارجی نظیر اندود آب بندی ، اندود سطحی ، مصالح بستر ، خاک ، کاغذ یا برچسب باشد و در محلی امن و خنک نگهداری شوند . در صورت تمایل ، ممکن است نمونه ها از لبه های دیگر روسازی با اره کردن یا با وسیله مناسب ، دیگری جدا شوند .

۸- روش آزمایش :

۸-۱- برای نمونه هایی که دارای رطوبت یا حلال و یا هر دو می باشند .

۸-۱-۱- جرم نمونه در آب : نمونه را در حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد 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 تفاوت داشته باشد ، نمونه باید به مدت ۱۰ تا ۱۵ دقیقه در حمام آب غوطه ور شود .

۸-۱-۱-۱- دمای آب اندازه گیری کنید و اگر دمای آب با 1 ± 25 درجه سانتیگراد اختلاف داشته باشد ، بر اساس مطابق بند ۹-۲ برای اندازه گیری وزن مخصوص حقیقی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد باید تصحیحاتی انجام گیرد .
۸-۱-۲- 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 .

۸-۱-۳- جرم نمونه خشک شده در گرمخانه : نمونه را در گرمخانه با دمای 5 ± 110 درجه سانتیگراد تا رسیدن به جرم ثابت کاملاً خشک کنید و اجازه دهید نمونه سرد شود و سپس آن را در هوا وزن کرده و این جرم را A بنامید .
۸-۲- برای نمونه های کاملاً خشک .

۸-۲-۱- جرم نمونه خشک در هوا : نمونه را پس از قراردادن به مدت حداقل یک ساعت در دمای اتاق ، وزن کنید این جرم را A بنامید .

۸-۲-۲- جرم نمونه در آب : همان روش تشریح شده در بند ۸-۱-۱ را بکار برید .

۸-۲-۳- جرم نمونه اشباع با سطح خشک در هوا : سطح نمونه را با یک حوله مرطوب سریعاً خشک کرده و سپس آن را در هوا وزن کنید . این جرم را B بنامید .

۹- محاسبه :

۹-۱- 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 .

C = جرم نمونه در آب بر حسب گرم می باشد .

۹-۲- 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 = وزن مخصوص حقیقی نمونه در ۲۵ درجه سانتیگراد
K از جدول یک تعیین می شود .

۹-۲-۱- 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 باشد ، جرم آب جابجا شده باید از رابطه زیر تصحیح شود :

$$\text{تصحیح} = \Delta T \times K_s \times (B - C)$$

ΔT = تفاوت دمای حمام آب با دمای ۲۵ درجه سانتیگراد .

K_s = متوسط ضریب انبساط حجمی بتن آسفالتی که برابر $10^{-6} \times 1$ میلی متر بر میلی .

جدول یک : دانسیته مطلق آب و ضریب تبدیل K برای دماهای مختلف

دما (C)	دانسیته مطلق آب A	ضریب تصحیح K
۱۰	۰/۹۹۹۷۲۸	۱/۰۰۲۶۶۱
۱۱	۰/۹۹۹۶۳۴	۱/۰۰۲۵۶۷
۱۲	۰/۹۹۹۵۲۶	۱/۰۰۲۴۵۸
۱۳	۰/۹۹۹۴۰۶	۱/۰۰۲۳۳۸
۱۴	۰/۹۹۹۲۷۳	۱/۰۰۲۲۰۴
۱۵	۰/۹۹۹۱۲۹	۱/۰۰۲۰۶
۱۶	۰/۹۹۸۹۷۲	۱/۰۰۱۹۰۳
۱۷	۰/۹۹۸۸۰۴	۱/۰۰۱۷۳۴
۱۸	۰/۹۹۸۶۲۵	۱/۰۰۱۵۵۵
۱۹	۰/۹۹۸۴۳۵	۱/۰۰۱۳۶۴
۲۰	۰/۹۹۸۲۳۴	۱/۰۰۱۱۶۲
۲۱	۰/۹۹۸۰۲۲	۱/۰۰۰۹۵۰
۲۲	۰/۹۹۷۸۰۱	۱/۰۰۰۷۲۸
۲۳	۰/۹۹۷۵۶۹	۱/۰۰۰۴۹۵
۲۴	۰/۹۹۷۳۲۷	۱/۰۰۰۲۵۳
۲۵	۰/۹۹۷۰۷۵	۱/۰۰۰۰۰۰
۲۶	۰/۹۹۶۸۱۴	۰/۹۹۹۷۳۸
۲۷	۰/۹۹۶۵۴۴	۰/۹۹۹۴۶۷
۲۸	۰/۹۹۶۲۶۴	۰/۹۹۹۱۸۷
۲۹	۰/۹۹۵۹۷۶	۰/۹۹۸۸۹۸
۳۰	۰/۹۹۵۶۷۸	۰/۹۹۸۵۹۹

A = اطلاعات از پنجاه و پنجمین کتاب شیمی و فیزیک از انتشارات CRC گرفته شده است .

۹-۳- دانسیته نمونه ها از رابطه زیر محاسبه می شود :

(۶۲/۲۴ یا ۹۹۷/۰ * وزن مخصوص حقیقی = دانسیته

در این رابطه ۹۹۷/۰ - دانسیته آب در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب (۰/۹۹۷ گرم بر سانتیمتر مکعب) می باشد .

۱۰- گزارش: گزارش باید شامل موارد زیر باشد :

۱۱-۱- وزن مخصوص حقیقی مخلوط با سه رقم بعد از اعشار به عنوان وزن مخصوص حقیقی در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد .

۱۱-۲- دانسیته مخلوط با چهار رقم معنی دار بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب به عنوان دانسیته در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد

۱۱-۳- نوع مخلوط و اندازه نمونه .

روش استاندارد آزمایش وزن مخصوص و دانسیته حقیقی مخلوطهای آسفالتی کوبیده شده با استفاده از پوشش پارافین ASTM D1188

بازگشت

۱- هدف :

این آزمایش ، تعیین وزن مخصوص حقیقی نمونه های مخلوط آسفالتی کوبیده شده را مطابق با تعاریف استاندارد ASTM E12 بیان می کند . وزن مخصوص حقیقی مخلوطهای آسفالتی کوبیده شده در محاسبات وزن واحد حجم مخلوط ، مورد استفاده قرار می گیرد .

۲- مشخصات و کاربرد :

این آزمایش در محاسبه درصد فضای خالی ، همانند آنچه که در روش آزمایش ASTM D3203 بیان 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 می شود .

۳- وسایل :

۳-۱- ترازو - با ظرفیت های مختلف و با دقت کافی ، که قادر به محاسبه وزن مخصوص حقیقی نمونه ها 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 ها را به حالت معلق در آب وزن کرد .

۳-۲- حمام آب - برای غوطه ور کردن نمونه در آب به حالت معلق با یک مجرای خروجی سرریز برای ثابت نگهداشتن سطح آب استفاده می شود .

۴- نمونه های آزمایش :

نمونه های آزمایش ممکن است از مخلوطهای آسفالتی در آزمایشگاه قالب گیری شده یا اینکه از روسازی آسفالتی در محل بریده شوند و در اندازه نمونه ها پیشنهاد می شود : ۱- قطر قالب استوانه ای یا نمونه های مغزه گیری شده یا طول نمونه های بریده شده ، حداقل معادل چهار برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشد . ۲- ضخامت نمونه ها ، حداقل یک و نیم برابر حداکثر اندازه مصالح سنگی باشند .

نمونه های روسازی را با مغزه گیری با مته الماسی یا کربوراندوم یا با هر وسیله مناسب اخذ نمود و سپس به هنگام برداشتن نمونه ها از محل روسازی یا خروج آنها از قالب باید مراقبت بعمل آید تا از پیچش ، خمش یا ترک خوردن نمونه ها جلوگیری شود . نمونه ها را در جایی امن و خنک نگهداری کنید . نمونه ها باید عاری از مواد خارجی از قبیل اندود آب بندی ، اندود سطحی ، مصالح بستر ، خاک و کاغذ باشند و اگر هر یک از این مواد دیده شدند از نمونه ها باید برداشته شوند . در صورت تمایل ممکن است نمونه ها از لایه های دیگر با اره کردن یا با وسایل مناسب دیگر جدا شوند .

۵- روش آزمایش :

۵-۱- توزین نمونه های بدون پوشش - نمونه ها 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 نمونه ها را توزین کرده و این وزن را A بنامید .

۵-۲- توزین نمونه های پوشش داده شده در هوا - کل سطح نمونه آزمایش را با پارافین مذاب با ضخامت کافی بپوشانید ، بطوریکه همه فضاهای خالی سطح را بپوشاند . اجازه دهید نمونه در دمای اتاق بمدت ۳۰ دقیقه خنک شده و سپس توزین کنید ، این وزن را D بنامید .

نکته ۱: اگر در نظر باشد که نمونه ها برای آزمایشهای دیگر مورد استفاده قرار گیرند و لازم است که پوشش پارافین برداشته شود ، می توان بر روی نمونه ها قبل از پوشش ، پودرتالک پاشید .

نکته ۲: قبل از پوشش با پارافین ، بهتر است نمونه در حرارت ۴/۴ درجه سانتیگراد (۴۰ درجه فارنهایت) برای مدت ۳۰ دقیقه نگهداری و سپس نمونه را در پارافین گرم (که در دمای ۵/۶ تا ۱۰ 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 .

۵-۳- توزین نمونه ها پوشش داده شده در آب - نمونه های پوشش داده شده را در حمام آب ۲۵ درجه سانتیگراد وزن کنید و این وزن را E بنامید .

۵-۴- وزن مخصوص پارافین - اگر وزن مخصوص پارافین معلوم نباشد وزن مخصوص آنرا در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد تعیین کرده و آنرا F بنامید .

۵-۵- تصحیح رطوبت - در حالتی که نمونه ها از روسازی بدست آمده و دارای رطوبت باشند ، لازم است که وزنهاى E,D,A برای وزن رطوبت تصحیح شوند . بعد از تعیین وزن E مقدار رطوبت را از وزنهاى E,D,A تعیین کنید .
نکته ۳: رطوبت به دو روش می تواند تعیین شود :

۱- با خشک کردن

نمونه های پوشش داده نشده در یک گرمخانه با دمای تقریباً ثابت ۱۱۰ درجه تا رسیدن به وزن ثابت .

۲- با استفاده از

روش آزمایش ASTM D1461 اگر در دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد مواد قیری مخلوط تبخیر شده یا جاری شوند از روش دوم استفاده کرد .

۶- محاسبات : وزن مخصوص حقیقی نمونه ها را از رابطه زیر محاسبه کنید .

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

که در آن

$A =$ 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 .

۶-۲- دانسیته نمونه ها را از رابطه زیر محاسبه کنید .

$۹۷۷/۰ \times \text{وزن مخصوص حقیقی} = \text{دانسیته}$

که در این رابطه

$۹۷۷/۰ =$ دانسیته آب در ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می باشد یا

$۶۲/۲۴ \times \text{وزن مخصوص حقیقی} = \text{دانسیته}$

که در این رابطه $۶۲/۲۴ =$ دانسیته آب در ۲۵ درجه سانتیگراد بر حسب پوند بر فوت مکعب می باشد .

روش استاندارد نمونه گیری از مخلوطهای آسفالتی متراکم شده برای آزمایش آزمایشگاهی
ASTM D:5361

بازگشت

۱-هدف :

این دستورالعمل چگونگی برداشت نمونه از مخلوط آسفالتی متراکم شده از سطح روسازی برای آزمایش آزمایشگاهی را بیان می کند .

۲-اهمیت و کاربرد :

نمونه های اخذ شده براساس روش ارائه شده در این استاندارد ممکن است برای اندازه گیری ضخامت ، دانسیته ، ضریب برجهندگی یا دینامیکی ، مقاومت کششی ، استحکام مارشال یاویم ، یا برای آزمایش تعیین اجزاء مخلوط آسفالتی نظیر تعیین مقدار قیر ، خواص قیر و دانه بندی استفاده شوند .

۳-وسایل آزمایشگاهی :

۱-۳- برای به حداقل رسانیدن خرابی لایه های آسفالتی متراکم شده باید از وسیله ای که شکل نمونه را حفظ کند ، استفاده شود . این وسیله ممکن است مته مغزه گیری یا اره برقی باشد .

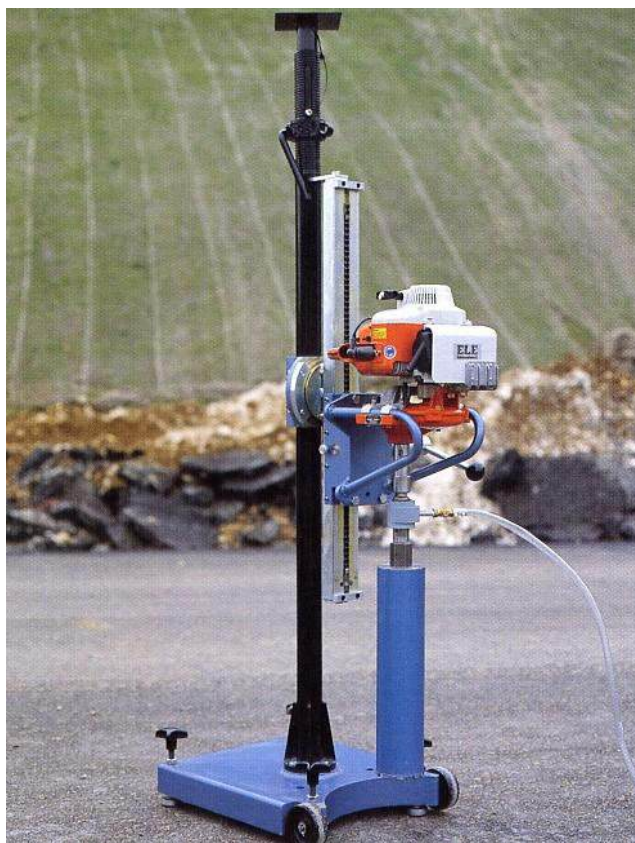
۲-۳- تیغه برش مته مغزه گیری باید از فولاد سخت یا مواد مناسب دیگر با تراشه های الماس که در لبه برش فلزی قرار گرفته اند ، باشد .

۳-۳- تیغه های اره استفاده شده در اره برقی باید تیغه فلزی سخت شده یا تیغه فلزی که تراشه های الماس در آن قرار گرفته یا تیغه تراشیده (ساینده) نظیر کربوراندوم یا مواد مشابه باشد .

۴-۳- معمولاً یک منبع آب سرد ، یخ خشک ، نیتروژن مایع یا دیگر مواد سرد کننده لازم است اما در مواردی که فقط یک نمونه باید اخذ شود ، ممکن است از آن صرف نظر کرد . هرگاه نشانی از خرابی لبه های نمونه به علت حرارت حاصله از اصطکاک وجود داشته باشد ، باید ماده خنک کننده ای به تیغه برش یا سطح روسازی اعمال شود تا خرابی نمونه به حداقل برسد .

۵-۳- وسیله ای برای جداکردن نمونه های مغزه گیری شده از لایه های زیرین ممکن است استفاده شود . اگر چنین وسیله بکار گرفته شود این وسیله باید نیم دایره فلزی با شعاع داخلی معادل شعاع خارجی مغزه بوده و دستگیره محکمی داشته باشد . یک لوله مغزه گیری که به طور قائم از وسط دو نیم شده با شعاع لازم و یک تسمه آهنی به عنوان دستگیره به آن جوش داده شده است ، برای این منظور وسیله مناسبی است .

۳-۶- یک وسیله بیرون آورنده (بالا بر مغزه) که برای خروج نمونه های مغزه گیری شده از چاله ها استفاده می شود . شکل مغزه را حفظ خواهد کرد . این وسیله باید میله ای فولادی با طول مناسب و قطری که در فضای بین مغزه و مصالح روسازی جای بگیرد ، باشد . یک خم ۹۰ درجه در قسمت بالایی آن برای ایجاد دسته و خم ۹۰ درجه در قسمت پائین آن با طول تقریبی ۲ اینچ (۵۰ میلیمتر) که بالابر را شکل می دهد ، باید وجود داشته باشد . شکل (۱) دستگاه نمونه گیری از مخلوط های آسفالتی را نشان می دهد .



شکل ۱- دستگاه نمونه گیری از مخلوط های آسفالتی

۴- نمونه گیری :

نمونه ها را براساس استاندارد ASTM D979 اخذ کنید . روشهای نمونه گیری تصادفی ، باید وقتی انجام شود که نمونه ها برای آزمایش های تضمینی کنترل کیفیت و قبول کیفیت استفاده می شوند . تغییرات در حالت روسازی که می تواند با بررسی چشمی معلوم شود ، لازم می دارد که نمونه گیری غیر از طرح تصادفی در محلهائی که مشخص هستند انجام شود . لیکن نمونه های غیر تصادفی ، روشهای آماری را که آزمایشهایی برای اطمینان و کنترل کیفیت انجام می شوند ، مختل می کنند . نمونه های اخذ شده با استفاده از روشهای غیر تصادفی فقط باید در جهت اطلاع رسانی بکار روند و شامل برنامه های کنترل کیفیت به روشهای آماری نمی شوند . تعداد نمونه های تامین شده برطبق مشخصات مقرر سهم اندازه قطعه مورد بحث خواهد بود . وقتی هیچ راهنمائی خاصی در دسترس نباشد ، تعداد کافی نمونه برای دستیابی به سطح مطلوب و مطمئن آماری اخذ کنید .

۵- نمونه گیری از روسازی آسفالتی متراکم شده :

۵-۱- نمونه های اخذ شده از روسازی متراکم شده بوسیله مته مغزه گیری باید حداقل قطر اسمی ۴ اینچ (۱۰۰ میلیمتر) داشته و شامل عمق کامل لایه ای (لایه هایی) که نمونه گیری می شود ، 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 ، برای خروج مغزه از چاله استفاده کنید .

۵-۱-۱- وقتی نمونه های مغزه گیری شده برای آزمایشهای مدول برجهندگی و دینامیکی مورد استفاده واقع می شوند ، نمونه باید به شکل استوانه کامل باسطوح بالا و پائینی عمود بر محور باشد. نمونه باید با شرایط روش آزمایش خاص مطابقت داشته باشد .

۵-۱-۲- برای جداکردن نمونه از لایه زیرین ، وسیله تشریح شده در بند ۳-۵ را به داخل شکاف وارد کرده و فشار ملایمی به نمونه وارد کنید . سعی به دیلم نمودن نمونه نکنید . اگر پیوستگی بین لایه های روسازی شکسته نشود ، لازم است شکل نمونه را با عمق کامل روسازی نگهدارید .

۵-۱-۳- برای خارج نمودن نمونه از چاله ، وسیله تشریح شده در بند ۳-۶ را به داخل شکاف وارد کنید وسیله را تقریباً ۹۰ درجه چرخانیده و به آرامی بالا بیاورید ، تا نمونه با دست گرفته شود .

۵-۲- نمونه های اخذ شده از روسازی متراکم شده به روش بریدن باید حداقل مساحت سطح ۴۰ میلیمتر مربع را داشته و به نحوی بریده شوند که دانسیته نمونه دستخورده نشود . بریدن و جدا کردن یک مقطع نواری ۵۰ میلیمتری اطراف نمونه در خارج کردن قسمتهای مورد لزوم آزمایش کمک خواهد کرد . پیچ گوشتی ، قلم تراش و دیگر ابزارهای تیز استفاده شده برای شکستن پیوستگی بین لایه های متراکم شده و لایه های 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 .

۵-۳- نمونه های اخذ شده را با استفاده از روشهای تشریح شده در بندهای ۵-۱ و ۵-۲ 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 نمونه ها به آزمایشگاه در نظر گرفته شود .

۵-۴- وقتی هدف از نمونه گیری فقط اندازه گیری ضخامت روسازی است نمونه هایی با ابعاد کوچکتر از آنچه در بندهای ۵-۱ و ۵-۲ تشریح شده ممکن است استفاده شوند .

۶- جداکردن لایه های روسازی :

وقتی لازم شود که دو لایه یا بیشتر از لایه های روسازی جدا شوند ، اول نمونه را منجمد کنید و سپس با اره یا هر وسیله مناسب دیگر ببرید . جدا سازی دو لایه 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 می شود اگر نمونه تا زیر صفر درجه سانتیگراد سرد شود .

۷- گزارش : گزارش آزمایش باید شامل شرح روش خارج کردن نمونه از روسازی متراکم شده باشد .

آزمایشهای آسفالت متراکم AASHTO-T166

بازگشت

۱- تراکم قشرهای آسفالتی :

برای تعیین درصد کوبیدگی آسفالت‌های متراکم ، از آسفالت متراکم نمونه برداری انجام وزن مخصوص آنها به روش آشتو T166 تعیین می شود . با در دست داشتن وزن مخصوص نمونه مارشال مربوطه با استفاده از رابطه زیر درصد کوبیدگی محاسبه می شود :

$$\text{درصد کوبیدگی} = \frac{\text{وزن مخصوص نمونه آسفالت متراکم}}{\text{وزن مخصوص نمونه مارشال}} \times 100$$

درصد کوبیدگی بالای ۹۷ قابل قبول می باشد .

لازم به توضیح است که درصد فضای خالی آسفالت کوبیده شده در محل را می توان با در دست داشتن درصد فضای خالی نمونه های مارشال آزمایشگاهی و درصد کوبیدگی بدست آورد . بدین ترتیب که به ازای یک درصد کاهش درصد کوبیدگی تقریباً یک درصد به فضای خالی حاصل از نمونه های مارشال آزمایشگاهی اضافه می شود . به طور مثال اگر درصد فضای خالی نمونه های آزمایشگاهی ۵ بوده و درصد کوبیدگی ۹۸ باشد درصد فضای آسفالت کوبیده شده در محل برابر ۷ خواهد بود .

(درصد کوبیدگی - ۱۰۰) + درصد فضای خالی نمونه آزمایشگاهی = درصد فضای خالی آسفالت در محل

۲- اندازه گیری ضخامت آسفالت :

همزمان با نمونه برداری از آسفالت برای تعیین وزن مخصوص آسفالت متراکم ضخامت لایه ها نیز اندازه گیری و گزارش می شود . تعداد اندازه گیری ها در واحد سطح یا طول باید توسط دستگاه نظارت تعیین و یا در دفترچه مشخصات فنی خصوصی تصریح شود . در هر صورت به ازاء ۲۵۰ متر در هر خط عبور در پروژه های راهسازی حداقل یک آزمایش باید انجام شود . ضخامت اندازه گیری شده در هر قشر در هر نقطه از راه نباید بیشتر از ۱۰ درصد ضخامت نشان داده شده در نقشه ها باشد

با آرزوی موفقیت