جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

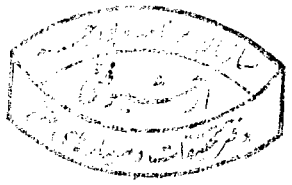
آزمایشهای تیپ مکانیک خاک

(شناسایی و طبقه‌بندی خاک)

نشریه شماره ۱۲۷

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

نشریه ۱۲۷



جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

آزمایشهای تیپ مکانیک خاک

(شناسایی و طبقه‌بندی خاک)

نشریه شماره ۱۲۷

معاونت فنی
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

انتشارات سازمان برنامه و بودجه ۷۲/۰۰/۱

۱۳۷۲

فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
آزمایشهای تیپ مکانیک خاک (شناسایی و طبقه‌بندی‌خاک) /معاونت‌فنی ،دفتر تحقیقات و معیارهای فنی .ــ تهران : سازمان‌برنامه و بودجه ، مرکز مـــــدارک اقتصادی ، اجتماعی و انتشارات ، ۱۳۷۲ .
ت ، ۱۲۵ ص . : مصور .ــ (سازمان برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات‌ومعیارهای فنی؛ نشریه شماره ۱۲۷) (انتشارات سازمان برنامه‌وبودجه؛ ۷۲/۰۰/۱)
کتابنامه : ص. ۱۲۵

۱ . خاک ــ مکانیک . ۲ . خاک ــ تجزیه و آزمایش . ۳ . خاک ــ رده‌بنـــدی . ۴ . خاکشناسی . الف . سازمان برنامه و بودجه . مرکز مدارک اقتصادی‌ــاجتماعی و انتشارات . ب . عنوان . ج . سلسله انتشارات .

ش. ۱۲۷ ۲س/۳۶۸ TA

آزمایشهای تیپ مکانیک خاک(شناسایی و طبقه‌بندی خاک)نشریه شماره ۱۲۷
تهیه کننده: دفتر تحقیقات و معیارهای فنی
ناشر: سازمان برنامه و بودجه ، مرکز مدارک اقتصادی ــ اجتماعی و انتشارات
چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه ۱۳۷۲
قیمت: ۲۸۵۰ ریال
چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ
همهٔ حقوق برای ناشر محفوظ است .

جمهوری اسلامی ایران
سازمان برنامه و بودجه

به : تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور	دستورالعمل شماره ۲۲۰۸-۱۹۳۵۱/۵۶-۱ مورخ ۷۱/۱۲/۱
موضوع : آزمایشهای تیپ مکانیک خاک (شناسایی وطبقه بندی خاک)	کد

تذکر :

باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرائی طرحهای عمرانی این دستورالعمل از نوع [دو] مذکور در ماده هفت آئین نامه در [یک] صفحه صادر میگردد .
تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین نامه در مورد این دستور العمل [۱۳۷۲/۴/۱] میباشد .

به پیوست نشریه شماره ۱۲۷ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی این سازمان تحت عنوان " آزمایشهای تیپ مکانیک خاک ـ شناسایی و طبقه بندی خاک " ابلاغ می‌شود .

دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور می‌توانند مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خوددر طرحهای عمرانی مورد استفاده قرار دهند .

مسعود روغنی زنجانی
معاون رییس جمهور و رییس سازمان برنامه وبودجه

" آیین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی "

" مصوبه ۱۳۵۲/۴/۳۰ هیات وزیران "

فصل سوم - انواع دستورالعمل ونحوه ابلاغ

ماده ۷- دستورالعملهای موضوع این آیین نامه به سه گروه به شرح زیرتقسیم میشود :

بند ۱- گروه اول دستورالعملهایی که رعایت کامل مفاد آن ازطرف دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاوروپیمانکاران وعوامل دیگرضروری است (نظیر فرم ضمانت نامه‌ها ، فرم پیمانها ، استانداردهای فنی ، تجزیه واحدبها وغیره) .

بند ۲- گروه دوم دستورالعملهایی که بطورکلی وبرای موارد عادی تهیه میگردد وبرحسب مورددستگاههای اجرایی ومهندسان مشاوروپیمانکاران و عوامل دیگرمی‌توانند به تشخیص خود مفاددستورالعمل وياضوابط ومعیارهای آنراباتوجه به کارمورد نظر ودرحدود قابل قبولی که دردستورالعمل تعیین شده تغییرداده وآنراباشرایط خاص کارمورد نظرتطبیق دهند (نظیر حق‌الزحمه مهندسان مشاوروشرایط عمومی پیمان ومشخصات عمومی وغیره) .

بند ۳- گروه سوم دستورالعملهایی است که بعنوان راهنمایی وارشاد دستگاههای اجرایی وموسسات مشاوروپیمانکاران وسایرعوامل تهیه می‌شود ورعایت مفاد آن درصورتیکه دستگاههای اجرایی وموسسات مشاور روشهای بهتری داشته باشند اجباری نیست .

ماده ۸- سازمان موظف است گروه هردستورالعمل رابطور مشخص درمتن آن قید نموده وبعلاوه درمورد دستورالعملهای گروه ۱ وگروه ۲ تاتاریخی کهاز آن تاریخ لازم است بمورداجرا گذاشته شود تعیین نماید . مدت زمان بین تاریخ صدوراین دستورالعملهاوتاریخی که به مورد اجراگذاشته می‌شود نباید از ۳ ماه کمترباشد . درصورتی که یک دستورالعمل ناقص ویاجایگزین تمام ویاقسمتی ازدستورالعملهای قبلی باشد لازم است مراتب صراحتا " وبا ذکرمشخصات دستورالعملهای قبلی درمتن دستورالعمل قید گردد .

بسم الله الرحمن الرحیم

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی لازم می‌داند از خانم مهندس بهناز پورسید که تهیه کننده اصلی این مجموعه بوده‌اند تشکر نماید. همچنین لازم است از آقایان دکتر سیاوش لیتکوهی، مهندس محمدرضا حسینی، مهندس حسین حاجی غفوری و مهندس صادق مهیمنی که ضمن شرکت مستمر در جلسات کارشناسی به اصلاح و تکمیل متن‌های تهیه شده پرداخته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی نماید. همچنین دفتر تحقیقات و معیارهای فنی به این وسیله از آقای دکتر کامبیز بهنیا که مجموعه را بررسی نموده و از نظریات و پیشنهادات ارزشمند خود، ما را بهره‌مند ساخته‌اند سپاسگزاری می‌نماید.

آرزومند است این همکاری همچنان ادامه داشته باشد.

بسمه تعالی

پیشگفتار

از آنجا که انجام هر پروژه عمرانی منوط به شناسایی اقلیم و خاک محل مورد نظر می‌باشد، و انجام این مطالعات ایمنی و برآورد دقیق اقتصادی پروژه‌ها را در پی خواهد داشت، تهیه استاندارد تیپ آزمایشهای مکانیک خاک دارای نتایج و اهمیت خاصی می‌باشد.

اهداف اولیه تهیه این استاندارد عبارتند از:

۱- هماهنگ نمودن چگونگی اجرای آزمایشها در سطح کشور

۲- تعیین حوزه عملکرد مفید در هر یک از آزمایشها در ارتباط با شرایط اقلیمی کشور

۳- رفع نیازهای فهرست بهای واحد عملیات ژئوتکنیک و مقاومت مصالح از نظر آنالیز قیمتها

۴- رفع نیاز نشریه مشخصات فنی عمومی راه (نشریه شماره ۱۰۱ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی)

۵- و نهایتاً ارتقاء دقت و دانش فنی تکنسین‌های مسئول انجام آزمایشها و نیز ایجاد زبان مشترک ما بین کارفرما، مشاور و ژئوتکنسین از نظر وقوف و آگاهی به اهمیت انجام دقیق بررسی‌های ژئوتکنیکی به منظور انجام موفقیت‌آمیز پروژه‌های عمرانی

با توجه به حجم قابل توجه آزمایشها بر پایهٔ نتایج به دست آمده از جلسات کارشناسی طبقه بندی آزمایشها به شرح زیر پیشنهاد و اجرا شده است:

الف - شناسایی و طبقه‌بندی خاک

ب - خواص مهندسی خاک

ج - مرغوبیت مصالح

د - پی سازی

ه - آزمایشهای صحرایی و نمونه برداری

و - تهیه و تدوین واژه‌نامه آزمایشهای مکانیک خاک

قابل ذکر است که در طول تهیه آزمایشهای گروه الف ترتیبی اتخاذ گردیده‌است که واژه‌های مربوط به هر گروه در پایان همان جلد چاپ شود.

برای تهیه آزمایشهای این نشریه از استانداردهای AASHTO و ASTM با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی ایران، استفاده شده‌است.

جلد حاضر حاوی آزمایشهای پایه‌ای موردنیاز هر پروژه عمرانی برای شناسایی و طبقه بندی خاک محل مورد نظر می باشد.

فهرست	صفحه

آزمایش تعیین میزان رطوبت خاک در آزمایشگاه	۱
آزمایش تعیین حدود روانی و خمیری و دامنه خمیری	۷
تعیین ضرایب انقباض خاک	۳۴
آزمایش دانه‌بندی خاک	۴۱
طبقه بندی خاک	۶۳
واژه‌نامه (انگلیسی - فارسی)	۹۵
واژه‌نامه (فارسی - انگلیسی)	۱۰۶
برگهای اطلاعاتی	۱۱۶
منابع	۱۲۵

تعیین میزان رطوبت خاك در آزمایشگاه

۱- هدف

۱-۱- این روش چگونگی تعیین آزمایشگاهی میزان رطوبت خاک را بیان می کند.

۱-۲- میزان رطوبت وزنی خاک (%w) برابر است بانسبت وزن آب حفره ای (W_w) به وزن قسمت جامد خاک مورد اندازه گیری (W_s).

- رطوبت خاکهای حاوی مقدار زیادی هالوسیت ($2H_2O$ ، $(OH)_4$ ، SiO_2 ، AL_2O_3) مونت موریلونیت و گچ ، (که دردرجه حرارت محیط دارای مقدار معتنابهی آب ملکولی می‌باشند و مقدار این آب در درجه حرارت حدود ۱۱۰ درجه سانتیگراد تغییر می‌یابد) و یا خاکهای حاوی مقدار زیادی مواد آلی ، ازطریق روشهای اصلاح شده «الف» ویا «ب» تعیین می گردد.

درصورتیکه تعیین رطوبت این خاکها باروش عادی انجام شودمیزان رطوبت بدست آمده نادرست بوده وبیش از مقدار واقعی می باشد.

۲- مشخصات وموارد کاربرد :

۲-۱- دربررسی رفتارخاک ها ، میزان رطوبت یکی از مهمترین شاخصها است.

۲-۲- در روابط حجمی - وزنی خاک از میزان رطوبت استفاده می شود.

۲-۳- درجه سفتی خاکهای ریز دانه (چسبنده) بستگی به میزان رطوبت آن‌ها دارد.

۳- وسایل مورد نیاز:

۳-۱- گرمخانه ،بادماسنج قابل کنترل ودمای یکنواخت ۱۱۰ درجه سانتیگراد وحساسیت ۵ ± درجه سانتیگراد.

۳-۲- ترازو ، باحساسیت ۰٫۰۱ ± گرم برای نمونه‌های تا ۲۰۰ گرم وباحساسیت ۰٫۱ ± گرم برای نمونه های ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم وباحساسیت ۱ ± گرم برای نمونه های بیش از ۱۰۰۰ گرم.

۳-۳- قوطی حاوی نمونه ،برای تعیین هرمیزان رطوبت حداقل یک قوطی لازم است وعموماً هر

قوطی دارای یک شماره میباشد.

- مناسبترین نوع قوطی از جنسی است که براثر سرد و گرم شدن وشستشوی پیاپی تغییر وزن ندهد. قوطی‌هایی که بادرپوش کاملاً بسته می شوند برای نمونه های ۲۰۰ گرم یا کمتر، بهتر بوده و در مورد نمونه‌های بیش از ۲۰۰ گرم میتوان از قوطی های بدون درپوش استفاده نمود.

مقصود از استفاده از درپوش، ممانعت از تبخیر رطوبت نمونه قبل ازتوزین اولیه و همچنین جلوگیری از جذب رطوبت از محیط پس از خشک شدن وقبل از توزین نهایی است.

۳-۴- محفظه خشک (دسیکاتور)، با ابعاد مناسب (قطر ۲۰۰ تا ۲۵۰ میلیمتر). درصورت استفاده از قوطی های بدون درپوش بکار گرفته می‌شود.

۴- نمونه‌ها:

۴-۱- نمونه ها باید در ظروف کاملاً بسته ودور از نور آفتاب ودردمایی حدود ۳ تا ۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند.

۴-۲- تعیین میزان رطوبت باید هرچه زودتر بعداز نمونه گیری انجام شود.

۵- تهیه نمونه آزمایش :

۵-۱- در صورت تعیین میزان رطوبت برای آزمایشی خاص، باید روش تهیه نمونه همان آزمایش اجرا شود.

۵-۲- باید توجه شود که نمونه، معرف واقعی خاک موردنظر باشد. انتخاب نمونه، کاملاً به هدف آزمایش، نوع خاک و نوع نمونه گیری بستگی دارد. در صورت لایه‌لایه بودن خاک ویا در شرایطی که خاک ناهمگنی زیاد دارد، نمونه مخلوط تمام لایه‌نمونه‌ای از هر لایه ویا هر دو تهیه شده و نحوه عمل در گزارش به طور دقیق ذکر شود.

۵-۲-۱- در مورد نمونه‌های حجیم، نمونه گیری پس از اختلاط کامل خاک باید انجام شود.

مقدار خاک مورد نیاز در جدول زیر آمده است :

حداقل مقدار نمونه مرطوب مورد نیاز (گرم)	بزرگترین چشمه‌الکی که بیش از ۱۰٪ نمونه بر روی آن باقی می‌ماند
۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰	۷۶ر۰۰mm
۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰	۳۸ر۰۰mm
۵۰۰ تا ۱۰۰۰	۱۹ر-mm
۳۰۰ تا ۵۰۰	(الک شماره۴) ۴ر۷۵ mm
۱۰۰ تا ۲۰۰	(الک شماره ۱۰) ۲ر۰۰ mm

۵-۲-۲- درصورتی که‌خاک دردسترس کم باشد، نمونه معرف باید بنابر روش زیرتهیه گردد:

۵-۲-۲-۱- در مورد خاکهای غیر چسبنده، ابتدا مصالح کاملاً مخلوط شده، سپس مقدار نمونه آزمایشگاهی طبق مقادیر نشان داده شده در جدول بند (۵-۲-۱) انتخاب شود.

۵-۲-۲-۲- در مورد خاکهای چسبنده قبل از انتخاب نمونه آزمایشگاهی، حدود ۳ میلیمتر از سطح قسمتهایی از نمونه را که در معرض هوا قرارداشته جداکرده و سپس برای ملاحظه لایه های خاک، نمونه به دو نیم تقسیم شود، در صورت لایه لایه بودن خاک به بند (۵-۲) رجوع شود.

وزن نمونه اولیه نباید از ۲۵ گرم کمتر شود، در صورت مشاهده ذرات درشت باید از جدول بند (۵-۲-۱) استفاده شود.

- هنگام آزمایش نمونه‌های کوچک، اگر ذرات درشت در آن دیده شود، بهتراست این ذرات از نمونه آزمایشگاهی جدا شده ومطلب در گزارش ذکر گردد.

۵-۳- استفاده از نمونه آزمایشگاهی کمتر از حداقل مقدار ذکر شده، نیازمند دقت فراوان بوده وباید در گزارش ذکرشود.

۶- مراحل انجام آزمایش :

۶-۱- نمونه آزمایشگاهی مطابق بند ۵ تهیه شود .

۶-۲- وزن قوطی تمیز وخشک (W_c) همراه با درپوش تعیین شده و شماره قوطی یادداشت شود.

۶-۳- نمونه را در قوطی قرارداده، درپوش آن کاملاً بسته شود. وزن قوطی محتوی نمونه

مرطوب (W_1) به وسیله ترازوی مناسب (بند ۳-۲) تعیین گردد.
مقادیر بدست آمده دربرگ اطلاعات یادداشت شود.
- برای خشک کردن نمونه های بزرگ، می‌توان نمونه رابه قطعات کوچکتر تقسیم نمود و از ظروف با سطح بیشتر (چون سینی) استفاده کرد.
- اگر عمل توزین با تاخیر بیش از ۳ دقیقه انجام گیرد، باید در پوش قوطی گذاشته شده وبرروی آن حوله کاغذی مرطوبی قرار داده شود تا از تغییر رطوبت نمونه ممانعت گردد.

۶-۴- پس از تعیین وزن قوطی حاوی نمونه، در پوش برداشته شده و سپس قوطی در گرمخانه گذاشته شود.
برای جلوگیری از اشتباه در مراحل بعد، درپوش برداشته شده زیرقوطی قرارداده شود و نمونه تا رسیدن به وزن ثابت تحت دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شود.
- مدت مورد نیاز برای خشک شدن کامل نمونه برحسب عوامل گوناگون چون، نوع خاک، اندازه نمونه، گنجایش ونوع گرمخانه تغییر می کند. در اکثر موارد خشک کردن نمونه به مدت تقریبی ۱٦ ساعت مناسب خواهد بود. برای حصول اطمینان از خشک بودن نمونه می توان توزین را در دومقطع زمانی به فاصله حداقل ۳۰ دقیقه انجام داد. در صورتی که تغییر وزن کمتر از ۰٫۱ درصد حاصل گردید نمونه خشک تلقی می‌شود.
- لازم به تذکر است که دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد موجب تجزیه وتخریب ساختار و در نتیجه بروز تغییراتی درخصوصیات بعضی از انواع خاکها، چون خاکهای حاوی مواد آلی، خاکهای گچ دار وخاکهای حاوی آب ملکولی ناپایدار می‌شود.
تعیین رطوبت خاکهایی که آب حفره‌ای آنها حاوی مقدار زیادی مواد جامد حل شده می‌باشد (مانند نمک در رسوبات معادن) با روش عادی نادرست بوده و مقدار رطوبت تعیین شده با این روش کمتر از مقدار واقعی است.
- روش اصلاح شده «الف»: دراین روش از گرمخانه با دمای ٦۰ درجه سانتیگراد استفاده می شود.
- روش اصلاح شده «ب»: دراین روش از گرمخانه با دمای ۲۳تا ٦۰ درجه سانتیگراد

وبا 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 قرار دادن نمونه مرطوب از گرمخانه خارج شوند، مگر آنکه نمونه خشک شده قبلی بار دیگر به مدت ۱۶ساعت در گرمخانه باقی بماند.

۶-۵- پس از خشک شدن نمونه، قوطی حاوی نمونه از گرمخانه خارج شده ودرپوش آن گذاشته شود، پس از سرد شدن قوطی تا دمای اتاق یا دمای قابل تحمل دست (درصورتی که بر دقت ترازو اثری نداشته باشد)، وزن قوطی حاوی نمونه خشک شده (W_2) به وسیله همان ترازوی مورد استفاده در بند (۶-۲ و ۶-۳) تعیین شود.

۶-۵-۱- 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 ویا پس از سرد شدن نمونه در محفظه خشک انجام شود.

- استفاده از محفظه خشک برای ممانعت از جذب رطوبت مجدد نمونه از محیط به هنگام سرد شدن است.

۷ - محاسبات:

۷-۱- میزان رطوبت برحسب درصد به طریق زیر محاسبه می‌شود:

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

که:

w% = درصد رطوبت

W_1 = وزن قوطی و نمونه مرطوب (۶-۳)

W_2 = وزن قوطی و نمونه خشک شده (۶-۴)

W_c = وزن قوطی و درپوش (۶-۲)

W_w = وزن آب حفره‌ای

W_s = وزن قسمت جامد

کلیه وزنها بر حسب گرم میباشد.

برگ اطلاعات؛شماره۱:

نام پروژه: محل انجام پروژه: نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه: شماره حفاری: تاریخ انجام آزمایش:

درجه حرارت گرمخانه: مشخصات ظاهری خاک:

«تعیین میزان رطوبت»

شماره نمونه	عمق نمونه	شماره قوطی	W_c	W_1	W_2	$W_s = W_2 - W_C$	$W_w = W_1 - W_2$	$w = (W_w/W_s)x100$	ملاحظات
			وزن قوطی بادرپوش	وزن قوطی + نمونه مرطوب	وزن قوطی + نمونه خشک‌شده	وزن نمونه خشک‌شده	وزن آب حفره‌ای	درصد رطوبت	

• کلیه وزنها برحسب گرم میباشد

تعیین حد روانی، حد خمیری و دامنه خمیری خاک

۱- هدف :

۱-۱- به وسیله این روش آزمایش، حد روانی و خمیری ودامنه خمیری خاک تعیین می‌شود.

۱-۱-۱- آماده کردن نمونه و تعیین حد روانی هر یک به دو روش مورد بررسی قرار می گیرند:

الف : آزمایش چند نقطه ای با استفاده از روش مرطوب (بند ۹-۱ ،۱۰ و۱۱)

ب : آزمایش چند نقطه‌ای با استفاده از روش خشک (بند ۹-۲ ،۱۰ و ۱۱)

ج : آزمایش یک نقطه‌ای با استفاده ازروش مرطوب (بند ۱۲و۱۳و۱۴)

د : آزمایش یک نقطه‌ای با استفاده از روش خشک (بند ۱۲و۱۳و۱۴)

آزمایش به روش «الف» اجرا می‌شود مگر متقاضی روش دیگری را درخواست نماید.

۱-۱-۲- روش آزمایش حدخمیری دربندهای ۱۵و۱۶و۱۷ توضیح داده شده است. این آزمایش برروی نمونه های آماده شده برای آزمایش حد روانی اجرا می‌شود.

درنتیجه تهیه نمونه آزمایش حد خمیری نیز به دوروش صورت می گیرد.

۱-۱-۳- روش محاسبه دامنه خمیری دربند (۱۸) آمده است.

۱-۲- حد روانی وحد خمیری (وحدانقباض) غالباً تحت عنوان حدود اتربرگ نامیده می شوند . به وسیله حدود اتربرگ مرز میان سفتی های مختلف خاک خمیری قابل تشخیص است.

۱-۳- اجرای روش چند نقطه ای توسط تکنسین کارآزموده نسبت روش یک نقطه ای مدت بیشتری طول خواهد کشید . البته اجرای روش یک نقطه‌ای نیز مستلزم تشخیص تقریبی محدوده حد روانی نمونه مورد آزمایش است.

- در مواردی که تشخیص تقریبی حد روانی نمونه به سهولت مقدور نباشد، روش چند نقطه ای به همان سرعت روش یک نقطه ای اجرا می شود و همچنین به دلیل انجام مکرر آزمایش، اطلاعات اضافی نیز بدست می آید. پیشنهاد می‌شود، تکنسینهای کم تجربه بخصوص از روش چند نقطه ای استفاده نمایند.

۱-۴- روابط اساسی محاسبات روش یک نقطه ای به گونه ای است که در مورد خاکهای خاص چون خاکهای آلی و یا خاکهای ته نشست دریایی مورد قبول نیست. در نتیجه حد روانی این نوع خاکها باید به روش چند نقطه ای (روش الف) تعیین گردد.

۱-۵- حد روانی وحد خمیری اکثر خاکها در صورت خشک شدن نمونه قبل از اجرای آزمایش ممکن است با مقادیر این حدود برای نمونه خشک نشده تفاوت قابل توجه داشته باشد.
درصورت استفاده ازمقادیر حد روانی وخمیری خاک برای تخمین رفتار مکانیکی خاک در شرایط رطوبت طبیعی، هرگز نباید نمونه قبل از انجام آزمایش خشک شود.

۱-۶- ترکیب و غلظت نمکهای محلول در بافت خاک همچنان که بر میزان رطوبت خاک اثر می گذارد، مقدار حد روانی و حد خمیری آن رانیز تغییر می‌دهد. درنتیجه درمورد خاکهای ته نشست دریایی و یا دیگر خاکهای حاوی مقدار معتنابهی نمک قابل حل درآب باید تمهیدات ویژه ای اتخاذ گردد.
همچنین لازم است، دراین خاکها درجه رقت یا غلظت نمک محلول در آب مورد توجه قرارگیرد تا نتایج معنی دار حاصل آید.

۱-۷- این روش آزمایش روی قسمتی از خاک انجام می شود که از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰)عبور کرده باشد.

۲- تعاریف :

۲-۱- حدود اتربرگ، برای حالات سفتی خاکهای ریز دانه، هفت حدتوسط اتربرگ معرفی شده بود. درحال حاضر، حدود اتربرگ به حد روانی، حد خمیری ودر مواردی به حد انقباض اشاره دارد.

۲-۲- سفتی: حالت خاک را از لحاظ تغییر شکل پذیری بیان می کند.

۲-۳- حد روانی (w_L): میزان رطوبت خاک برحسب درصد، درمرز بین حالت روانی وحالت خمیری است.
این میزان رطوبت به طور قراردادی چنین تعریف شده است:
میزان رطوبتی است که طی آن خاک قرار گرفته درجام استاندارد که به وسیله شیارزن استاندارد دو نیم شده، در اثر ۲۵ ضربه ناشی از سقوط جام از ارتفاع ۱۰ میلیمتری درطول ۱۳ میلیمتر بهم می‌آید. تناوب ضربات ناشی از سقوط دوضربه درثانیه است.

- مقاومت برشی زهکشی نشده خاک متناسب با حد روانی برابر با ۲ر۰ ± ۲ کیلو پاسکال فرض شده است.

۲-۴- حد خمیری (w_p): میزان رطوبت برحسب درصد، درمرز بین حالت خمیری و شکنندگی است. این میزان رطوبت به طور قرار دادی چنین تعریف شده است.

میزان رطوبتی که کمتر از آن نمی توان خاک را، بدون خرد شدن، به صورت فتیله‌ای به قطر ۲ر۳ میلیمتر تبدیل نمود.

۲-۵- خاک خمیری: خاکی است در محدوده ای از میزان رطوبت که قابلیت شکل پذیری داشته باشد و شکل خود را نیز به هنگام خشک شدن حفظ کند.

۲-۶- دامنه خمیری (I_p): دامنه رطوبتی است که در آن خاک حالت خمیری دارد.

مقدار عددی دامنه خمیری برابر تفاضل حد روانی و حد خمیری است.*

۲-۷- شاخص روانی (I_L): نسبت تفاضل رطوبت طبیعی وحد خمیری به دامنه خمیری است.

۲-۸- عدد فعالیت (A): برابر است با نسبت دامنه خمیری خاک به درصد وزنی ذرات ریزتر از ۲۰۰ر۰ میلیمتر.

۳- خلاصه روش:

ذرات خاک باقیمانده بر الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰) حذف شوند.

۳-۱- حد روانی (w_L) - آزمایش حد روانی بدین طریق اجرا می‌شود که، نمونه در جام برنجی قرار داده شده و با استفاده از شیار زن به دو قسمت تقسیم گردد. سپس با استفاده از دستگاه مکانیکی خاص ضربات یکنواخت و متناسبی، تا لحظه بهم رسیدن دو قسمت خاک، به جام وارد می شود. در روش چندنقطه «الف» و «ب» مراحل اجرای آزمایش سه بار و یا بیشتر بر روی نمونه‌هایی با میزان رطوبتهای متفاوت باید اجرا شده و اطلاعات بدست آمده در محاسبات حد روانی مورد استفاده قرار گیرند.

درروش یک نقطه ای «ج» و «د» نتیجه بدست آمده از دوبار آزمایش برروی نمونه های با میزان رطوبت یکسان در ضریب اصلاح ضرب شده و مقدار حد روانی تعیین می گردد.

---

* $I_P = w_L - w_P$

۳-۲- حد خمیری (W_p) - هرگاه خاک بارها به وسیله دست بهم فشرده شده وبه صورت فتیله ای به قطر ۲ر۳ میلیمتر در آورده شود تاجایی که درحالت فتیله خاک خرد شده و دیگر قابل فتیله شدن نباشد. میزان رطوبت خاک را در این شرایط حد خمیری گویند.

۳-۳ دامنه خمیری (I_p) - تفاضل میان مقادیر حد روانی وحد خمیری خاک را دامنه خمیری گویند.

۴- مشخصات و موارد کاربرد:

۴-۱- از مقادیر حدود روانی و خمیری و دامنه خمیری در بررسی حالت ومشخصات مکانیکی خاک از جمله :

تراکم پذیری ، نفوذ پذیری، تحکیم پذیری، خصوصیات انقباض وتورمی ومقاومت برشی آن استفاده می شود.

۴-۲ - حد روانی وحد خمیری خاک همراه با میزان رطوبت طبیعی آن دربررسی حالت سفتی خاک وتعیین شاخص روانی بکار گرفته می شود. حدود اتربرگ بهمراه درصد ذرات ریزتر از ۰۰۲ر۰ میلیمتر در تعیین عدد فعالیت خاک مورد استفاده قرار می گیرند.

۴-۳- روش آزمایش یک نقطه ای غالباً برای انجام طبقه بندی خاک بکار برده می‌شود. در مواردی که دقت بیشتری مورد نظر است، برای مثال انتخاب مصالح ویا ارتباط با نتایج سایر آزمایشها از روش چند نقطه ای استفاده می شود.

۴-۴- این دو روش گاه در بررسی ویژگیهای هوازدگی شیستهای رسی مورد استفاده قرار می گیرند. اگر شیستهای رسی متناوباً مرطوب وخشک شوند، حدروانی آن ها تمایل به افزایش نشان می دهد. این مقدار افزایش نشان دهنده قابلیت هوازدگی خاک است.

۴-۵- در مورد خاکهایی که حاوی مقدار زیادی مواد آلی باشند، درصورت خشک شدن نمونه ، حد روانی به مقدار قابل ملاحظه ای کاهش می یابد، مقایسه حد روانی نمونه ای از خاک قبل وبعد از خشک شدن آن در گرمخانه نشان دهنده مقدار مواد آلی موجود درخاک است .

۵- وسایل مورد نیاز :

۵-۱- دستگاه آزمایش حد روانی شامل یک جام برنجی قابل تنظیم است، که به طور یکنواخت بر سطح لاستیکی سفت پایه فرو می افتد.

این عمل به دو طریق دستی ویا خودکار قابل انجام است.

اجزا تشکیل دهنده دستگاه فوق (شکل ۱) به شرح زیر می باشند:

۵-۱-۱- پایه: پایه باید از جنس لاستیک سفت، مطابق استاندارد (ASTM D4318) باشد. این پایه بر چهار تکیه گاه لاستیکی انعطاف پذیر قرار دارد.

۵-۱-۲- جام: جام ازجنس برنج بوده و وزن آن با گیره نگهدارنده برابر ۱۸۵ الی ۲۱۵ گرم است .

۵-۱-۳- محور: مکانیزم محور باید قادر باشد که با ۱۸۰ درجه چرخش، جام برنجی را به آرامی با شتاب ثابت تا حداکثر ارتفاع بلند کند.

۵-۱-۴- اهرم: تنظیم ارتفاع فروافتادن جام برنجی و تثبیت آن در حد ۱۰ میلیمتر، با تنظیم اهرم انجام می شود. اتصال جام برنجی به اهرم توسط خاری است که امکان خارج ساختن جام برای تمیز کردن وبررسی را میسر می‌سازد .

۵-۱-۵- موتور برقی (دلخواه): برای به حرکت در آوردن محور، بجای دست می‌توان از موتوربرقی استفاده کرد. موتور باید بتواند محور را با سرعت ۱ر۰ ± ۲ دور در ثانیه بچرخاند. نتایج بدست آمده از وسیله موتوری نباید با نتایج حاصل از روش دستی متفاوت باشد.

برای اجتناب از انتقال ارتعاش موتور به دستگاه انجام آزمایش، می‌توان از یک قطعه پایه لاستیکی استفاده کرد و یا تدابیر دیگری اتخاذ نمود.

۵-۲- شیار زن سطح: **ابعاد شیار زن مسطح در شکل ۲ نشان داده شده است . جنس آن از فولاد زنگ نزن می‌باشد، وسیله شیار زن ممکن است مجهز به زائده ای به ضخامت ۱۰ میلیمتر باشد که از آن در تنظیم ارتفاع فرو افتادن جام استفاده می‌شود.**

- اگر چه استفاده از شیار زن انحنادار نیز (طبق استاندارد AASHTO) مجاز شمرده می شود، لیکن به دلیل امکان کنترل بهتر عمق شیار، استفاده از شیار زن مسطح ارجح است . (شکل ۳)

البته بنابر مقایسه نتایج حاصله، حد روانی بدست آمده با استفاده از شیار زن مسطح کمی بیشتر از مقدار حدروانی بدست آمده از شیار زن انحنادار می‌باشد.

۵-۳- قوطی: قوطی های در پوش دار تعیین رطوبت باید از جنس فلز زنگ نزن باشند.

قوطی های از جنس آلومینیوم یا فولاد زنگ نزن به ارتفاع ۵ر۲ وقطر ۵ سانتیمتر مناسب است .

۵-۴- ترازو: ترازو با قابلیت قرائت حداقل ۰٫۰۱ گرم، حساسیت ۰٫۰۳ گرم مورد نیاز است.

۵-۵- نگهداری نمونه: برای نگهداری نمونه‌های خاک آماده شده باید از ظرفی که نمونه‌ها را آلوده نساخته و از دست رفتن رطوبت آن جلوگیری نماید استفاده شود.
پیاله هایی از جنس چینی، شیشه ای یا پلاستیکی به قطر حدود ۱۲ سانتیمتر که داخل کیسه پلاستیکی با ابعاد مناسب گذاشته شده ولبه کیسه بتواند به مقدار کافی برگردانده شود، کفایت می کند.

۵-۶- صفحه شیشه ای: یک صفحه شیشه‌ای مسطح به ابعاد تقریبی ۳۰ سانتیمتر وضخامت یک سانتیمتر برای مخلوط کردن وتهیه فتیله های خاک (برای آزمایش حد خمیری) مورد نیاز است.

۵-۷- کاردک: یک کاردک به پهنای ۲ سانتیمتر و طول تقریباً ۱۰ سانتیمتر مورد نیاز خواهد بود. علاوه بر آن استفاده از یک کاردک دیگر به پهنای ۲٫۵ سانتیمتر و طول ۱۵ سانتیمتر برای مخلوط کردن اولیه نمونه می‌تواند مفید واقع شود.

۵-۸- الک: الک به قطر ۲۰ سانتیمتر واندازه ۰٫۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) لازم است.
همچنین ممکن است الک ۲ میلیمتر(شماره ۱۰) نیز لازم آید.

۵-۹- بطری شستشو: ویا ظرف مشابه دیگر (آب فشان) با قابلیت کنترل آب افزودنی به خاک و یا شستشو ریز دانه ها از درشت دانه ها مورد نیاز است.

۵-۱۰- گرمخانه: با دماسنج قابل کنترل و دمای یکنواخت ۱۱۰ درجه سانتیگراد وحساسیت ۵ ± درجه سانتیگراد مورد نیاز است.

۵-۱۱- تشت زیر الک: ظرفی به قطر قدری بیشتر از ۲۰ سانتیمتر وعمق ۷٫۵ سانتیمتر برای جمع آوری ذرات شسته شده زیر الک لازم است.

۵-۱۲- میله مدرج (دلخواه): یک میله فلزی یا پلاستیکی یا لوله کوچک به قطر ۳٫۲ میلیمتر و طول حدود ۱۰ سانتیمتر جهت مقایسه قطر و طول فتیله خاک آزمایش حد خمیری مفید است.

۶- آب:

۶-۱- آب مقطر ویا آب عاری از مواد معدنی به مقدار کافی.

۷- نمونه برداری :

۷-۱- برداشت نمونه باید از نقاطی صورت گیرد که نیازهای آزمایشی را برآورد، روشها و دستورالعملهای مربوط به نمونه برداری باید مورد توجه قرار گرفته و مراعات شوند.
نمونه هایی که با استفاده از روش آماده سازی مرطوب (بند ۹-۱) تهیه می کردند، لازم است رطوبت طبیعی آنها حین آماده سازی حفظ شود.

۷-۲- در صورتی که نمونه برداری از محل با حفظ لایه بندی طبیعی خاک بعمل آید، آزمایش نیز بر روی لایه مورد نظر انجام خواهد گرفت. و هنگامی که خاک به عنوان مصالح قرضه از اختلاط چند نوع خاک تهیه شده و مورد استفاده قرار گیرد، نمونه مورد آزمایش نیز باید منتخب اختلاط مصالح فوق باشد.

۷-۳- اگر نتایج این آزمایش برای ارتباط و تطبیق با نتایج سایر آزمایشها مورد استفاده قرار گیرد، لازم است نمونه های مورد استفاده در آزمایشهای مختلف یکسان باشند .

۷-۴- باید مقدار نمونه معرف از کل نمونه به میزانی باشد که بتوان از آن مقدار ۱۵۰ الی ۲۰۰ گرم ذرات عبوری از الک ۴۲۵ ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰) بدست آورد.
خاک چسبنده باید درسینی ، به وسیله کاردک کاملاً مخلوط شده، سپس نمونه معرف از آن برداشته شود.

۸- سائیدگی دستگاه:

۸-۱- بررسی سائیدگی قطعات:

۸-۱-۱- دستگاه آزمایش حد روانی: دستگاه باید بدقت بررسی شده و کاملاً تمیزودرشرایط خوبی نگهداری شده باشد، نکات زیر باید در وسیله بازرسی شوند:

۸-۱-۱-۱- سائیدگی پایه : محل تماس جام برنجی وپایه نبایدبیش از دایره‌ای به قطر ۱۰ میلیمتر سائیده شده باشد، در غیر اینصورت باید پایه تعویض ویا محل سائیده شده صاف شود.

۸-۱-۱-۲- سائیدگی جام برنجی: درصورتی که محل برش خاک به وسیله شیارزن، بیش از عمق ۱ر۰ میلیمتر سائیده شده باشد ویا ضخامت لبه به نصف تقلیل یافته باشد جام برنجی باید عوض شود .

۸-۱-۱-۳- سائیدگی محور نگهدارنده جام : اتصال جام به محور نگهدارنده باید کاملاً محکم باشد . این محور نباید آنقدر سائیده شده باشد که جام برنجی قبل از جداشدن محور از اهرم

بیفتد.

۸-۱-۲- وسایل شیار زن: سائیدگی شیار زن بستگی به جنس آن ونوع خاکهای مورد آزمایش دارد. خاکهای ماسه ای به سرعت باعث سائیدگی شیار زن می شوند. در نتیجه در صورت اجرای آزمایش براین نوع از خاکها، وسیله شیار زن باید بطورمدام از نظر سائیدگی مورد بازرسی قرار گیرد. شیار زن با ضخامت لبه بیش از ۱ر۲ میلیمتر نباید مورد استفاده قرار گیرد. عمق لبه شیار زن نیز باید بین ۹ر۷ الی ۱ر۸ میلیمتر باشد.

۸-۲- تنظیم ارتفاع افتادن جام: شکل ۴ چگونگی تنظیم دقیق جام را نشان می دهد که فاصله نقطه تماس جام برنجی با پایه معادل ۲ر۰ ± ۱۰ میلیمترباشد.

«روش چند نقطه‌ای حد روانی» - «روشهای الف - ب»

۹- آماده کردن نمونه آزمایش :

۹-۱- آماده کردن نمونه به روش مرطوب :

به غیر از موارد نام برده شده برای آماده کردن نمونه به روش خشک بند ۹-۲، دربقیه موارد روش زیر باید اجرا شود.

۹-۱-۱- نمونه عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰) : هنگامی که از تشریح نظری چنین نتیجه شده که نمونه حاوی مقدار بسیار کم ذرات بزرگتراز ۴۲۵ر۰ میلیمتر است ویا اصولاً ذرات درشت تراز ۴۲۵ر۰ میلیمتر در نمونه وجود ندارد، نمونه ای معرف به وزن ۱۵۰ الی ۲۰۰ گرم حاصل از مخلوط کردن خاک مزبور بامقدار لازم آب مقطر ویا آب عاری از مواد معدنی (برروی صفحه شیشه ای وبه وسیله کاردک) تهیه گردد.

نمونه خاک را، در صورت لزوم، قبل از مخلوط کردن می توان در ظرفی خیساند.

میزان رطوبت اولیه نمونه باید به گونه ای تنظیم شود که برای بهم پیوستن دو طرف شیار ایجاد شده در نمونه داخل جام حدروانی، حدود ۲۵ الی ۳۵ ضربه کافی باشد.

به هنگام مخلوط کردن نمونه، لازم است ذرات درشت تراز ۴۲۵ر۰ میلیمتر با دست برداشته شود. در صورتی که برداشتن این ذرات با دست امکان‌پذیر نباشد باید قسمت حاوی ذرات درشت را با دقت از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر گذراند. به این منظور لازم است

کار به گونه ای انجام شود که الک آسیب نبیند وذرات خاک خرد نشود. در این موارد از وسایل سبک پلاستیکی برای گذراندن ذرات از چشمه های الک استفاده شود.

اگر ذرات درشت تر از ۴۲۵ر۰ میلیمتر بیش از ۱۵ درصد وزنی نمونه را تشکیل دهند، بهتر است بنابرروش بند (۹-۱-۲) نمونه برروی الک شسته شود. باید دقت شود که هرگز برای عبوردادن ذرات درشت تر از الک، ذرات شکسته نشوند بلکه به وسیله دست ویاشستن از روی الک برداشته شوند.

نمونه مخلوط شده باید به مدت ۱۶ ساعت در قوطی نگهداری نمونه قرارداده شده و درپوش قوطی به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت گذاشته شود. پس از گذشت مدت نگهداری نمونه وقبل از اجرای آزمایش، نمونه باید باردیگر به طور کامل مخلوط شود.

- بنابرشرایط خمیری خاک ومیزان رطوبت اولیه آن، مدت زمان لازم برای مخلوط کردن نمونه بسیار متفاوت است.

۹-۱-۲- نمونه‌های حاوی ذرات باقیمانده بر الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰):

۹-۱-۲-۱- مقدار مورد لزوم خاک با رطوبت طبیعی برای تهیه ۱۵۰ تا ۲۰۰ گرم نمونه عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر برداشته شود. خاک برداشته شده رادرسینی قرارداده و تاحد پوشش آب به آن اضافه شود که خاک به حد کافی تا نرم شدن کلوخها کاملاً خیس بخورد به گونه‌ای که ذرات ریز بر روی ذرات درشت تر نچسبند.

- در مواردی کاتیون نمکهای موجود در آب‌معمولی حین شستشو باکاتیونهای طبیعی خاک ترکیب شده و باعث تغییر نتایج می شوند. دراین صورت بهتراست از آب مقطر یا آب عاری از مواد معدنی نیز برای شستشو استفاده نمود. به طور کلی آب حاوی مواد محلول بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر در شستشو نباید مورداستفاده قرار گیرد.

۹-۱-۲-۲- هنگامی که خاک درصد قابل ملاحظه ای ذرات درشت تر از ۴۲۵ر۰ میلیمتر داشته باشد، هربار حداکثر ۵ر۰ کیلوگرم خاک روی الک شسته می شود، دراین کار مراحل زیر باید رعایت گردد.

الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر را داخل تشت تمیزی قرارداده ومخلوط آب وخاک برروی الک خالی شود. در صورت وجود ذرات شن وماسه درشت، ذرات خاک به آهستگی با آب فشان و با فشار کم کاملاً شسته شده و ذرات درشت به آرامی برداشته شوند.

همچنین می توان با قراردادن الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰)برروی الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر ذرات درشت تر از ۲ میلیمتر را قبلاً حذف کرد.

پس از حذف ذرات درشت تا حدامکان وشستن ذرات ، آنقدر آب به نمونه اضافه شود تا ارتفاع آب به ۱۳ میلیمتر بالاتر از کف الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر برسد .

در این حالت الک به آهستگی به بالا وپائین حرکت داده شده و گل حاصل با حرکت انگشت کاملاً مخلوط شده تا ذرات ریز از روی ذرات درشت کاملاً شسته شوند. برای کامل شدن عمل شستشوی ذرات، الک را به آرامی از آب خارج نموده وبا افزودن آب به آهستگی بقیه ذرات را شسته وذرات درشت تر از ۴۲۵ر۰ میلیمتر حذف شوند .

۹-۱-۲-۳- میزان رطوبت ذرات عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر تاحدود رطوبت حدروانی کاهش داده شود . تقلیل میزان رطوبت بنابریکی از روشهای زیر وباترکیبی از آنها اجراشود.

الف: دردمای معمولی اتاق ودرمعرض جریان هوا

ب: درمعرض هوای گرم (مثلاً هوای حاصل ازخشک کن)

ج: بااستفاده از قیف های مکنده (بوخنر)

د: باتخلیه آب اضافی روی ذرات ، به آهستگی وبادقت فراوان

هـ: باریختن ذرات برروی صافی های بسیار ریز واستفاده از صافی های کاغذی ودرمعرض جریان هوا

درطول مدت خشک شدن ، نمونه باید به طور متناوب وبه آهستگی مخلوط شود تا از خشک شدن سطح ولبه های مخلوط با ظرف جلوگیری بعمل آید.

در مورد خاکهای حاوی نمکهای محلول روشهای الف وب پیشنهاد می شود تا درطول اجرای این مرحله نمکها از خاک حذف نشوند.

۹-۱-۲-۴- ذرات عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر به دقت وبا استفاده از کاردک برروی صفحه شیشه ای مخلوط شود . میزان رطوبت مخلوط، در صورت نیاز، با افزودن مقداری آب مقطر و یا خشک کردن آن برروی صفحه شیشه ای، در طول مدت مخلوط کردن نمونه، تنظیم شود.

مقدار رطوبت مورد نظربرابراست با رطوبتی که برای بهم پیوستن دوسمت شیار بوجود

آمده در نمونه داخل جام، حدود ۲۵ الی ۳۵ ضربه، کافی باشد. نمونه به داخل قوطی نکهدارنده برگردانده شده وبرای جلوگیری از کاهش رطوبت، درقوطی بسته شده ونمونه برای مدت ۱۶ ساعت نگهداری شود. بعدازمدت نگهداری و درست قبل از اجرای آزمایش بار دیگر نمونه به طور کامل مخلوط شود.

۹-۲- آماده کردن نمونه به روش خشک :

۹-۲-۱- به مقدار کافی خاک برای تهیه ۱۵۰ گرم نمونه عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر انتخاب ونمونه تحت دمای اتاق ویا در گرمخانه دردمای حداکثر ۶۰ درجه سانتیگراد خشک شود. به طوری که کلوخهای خاک به راحتی خرد شوند. هرچند که ذرات نمونه باید دارای ظاهر خشکی باشند ولی بهتر است که برای راحت تر خردشدن، نمونه خیلی خشک نشود. خاک لازم است با استفاده از هاون و دسته هاون با نوک لاستیکی ویا وسیله دیگری که باعث شکستن وازبین رفتن اندازه اصلی ذرات نگردد، خرد شود.
در صورت وجود ذرات درشت آنها را با دست برداشته ویا با استفاده از روشهای مناسب دیگر مانند شستشو حذف نمود.

۹-۲-۲- خاک خشک خرد شده را از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر عبورداده وبا انتقال ذرات مانده روی الک فوق به هاون و تکرار عمل خرد کردن کلوخه ها والک کردن مجدد آن، اطمینان حاصل گردد که ذرات روی الک فقط دانه های شن وماسه درشت بدون ریز دانه باشند.

۹-۲-۳- ذرات باقیمانده روی الک (آخرین مرحله از بند ۹-۲-۲) رابه ظرفی منتقل و در آب خیسانده شوند. مخلوط آب وخاک بعداز هم زدن از روی الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر به داخل تشتی عبور داده شود. آب وذرات عبور کرده به ظرف حاوی نمونه خشک عبوری از الک انتقال داده وکلیه مصالح باقیمانده روی الک حذف شوند.

۹-۲-۴- بر اساس مراحل و روشهای توضیح داده شده در بند (۹-۱-۲-۳) میزان رطوبت مخلوط آب وخاک تنظیم شود.

۹-۲-۵- نمونه بدست آمده در قوطی نگهداری، قرار داده شده باگذاشتن در پوش از تقلیل رطوبت جلوگیری شود. نمونه برای مدت ۱۶ ساعت نگهداری شده وقبل از اجرای آزمایش کاملاً مخلوط شود.

۱۰- مراحل اجرای آزمایش :

۱۰-۱- مقدار کافی از نمونه آماده شده را در داخل جام برنجی وسیله حدر روانی در بالای نقطه تماس جام با پایه قرار داده و با استفاده از کاردک فشرده و به صورت افقی پخش شود به طوری که ضخامت آن در عمیق ترین قسمت جام ۱۰ میلیمتر باشد. با انجام یک ضربه حبابهای هوای باقیمانده درون نمونه خارج گردد. نمونه استفاده نشده داخل قوطی به روی صفحه شیشه ای منتقل شده و روی آن با استفاده از ظرف ویا حوله تر پوشیده شود.

۱۰-۲- نمونه داخل جام با یک بار استفاده از شیار زن در امتداد قطر جام و از بالا به پائین به دو قسمت تقسیم شود (شکل ۵).

در خاکهای ماسه ای برای جلوگیری از کنده شدن ولغزش نمونه داخل جام، شیار زن به آرامی روی نمونه کشیده شده و این عمل حداکثر ۶ بار از بالا به پائین ویا بالعکس تکرار شود، تا در حرکت آخر شیار زن با ته جام برخورد کرده وشکاف مورد نظر حاصل شود.

۱۰-۳- اطراف جام باید کاملاً تمیز شود. سپس با حرکت محور با سرعت ۱ر۰ ± ۲ دور در ثانیه ضربات آزمایش تا بهم آمدن ۱۳ میلیمتر از شکاف اجرا شود (شکل ۶).

- با استفاده از انتهای شیار زن (شکل ۲) طول بهم پیوستن شکاف (۱۳میلیمتر) اندازه گیری شود.

۱۰-۴- نحوه پیوستن شکاف باید کاملاً بررسی شود تا وجود حباب هوا درخاک موجب بهم پیوستن زود رس شکاف نشده باشد. این امر در صورتی صحیح است که شکل دولبه شکاف که بهم رسیده اند تقریباً یکسان باشد. در صورت ملاحظه اثر حباب هوا باید نمونه داخل جام مخلوط شده ومقداری خاک نیز برای جبران نمونه برداشته شده توسط شیار زن، به آن افزوده وبندهای (۱۰-۱) الی (۱۰-۳) تکرار گردد.

اگر نمونه در جام بلغزد بندهای (۱۰-۱) الی (۱۰-۳) با میزان رطوبت بالاتر اجرا شود. در صورت اجرای متعدد آزمایش با میزان رطوبتهای بالاتر وملاحظه لغزش نمونه در جام و یا بدست آمدن کلیه ضربات کمتر از ۲۵، خاک غیر خمیری وحدروانی غیرقابل تعیین ذکر و از اجرای بیشتر آزمایش خودداری شود.

۱۰-۵- تعداد ضربات (N) برای بهم پیوستن شکاف، یادداشت شود، قسمتی از نمونه به پهنای کاردک وعمودبرشکاف از نمونه برداشته شده ودرقوطی وزن شده ای قرارداده شود.

۱۰-۶- نمونه باقیمانده درجام برداشته شده وبه روی صفحه شیشه ای انتقال داده شود. جام و شیار

زن کاملاً تمیز شده وبرای اجرای آزمایش بعدی آماده شوند.

۱۰-۷- نمونه روی صفحه شیشه ای کاملاً مخلوط شده وبه دقت وبه آهستکی آب مقطر به آن افزوده گردد تامیزان رطوبت نمونه بالا رفته ودر نتیجه تعداد ضربات مورد نیاز کاهش یابد. به ترتیب ذکر شده در بندهای (۱۰-۱) الی (۱۰-۶) برای انجام دو آزمایش دیگر تکرار شوند. (بانمونه هائی با رطوبت بالاتر وضربات کمتر).

آزمایشها به ترتیب برای ضربات تقریبی ۲۵الی ۳۵ ضربه، ۲۰ الی ۳۰ و۱۵ الی ۲۰ اجرا شوند.

۱۰-۸- میزان رطوبت (w_n) هریک از آزمایشهای به ترتیب معین گردد. کلیه توزینها به وسیله یک ترازو انجام شوند. توزین اولیه نمونه بلافاصله پس از اتمام آزمایش حد روانی انجام گردد.

۱۱- محاسبات:

۱۱-۱- نتایج بدست آمده از میزان رطوبت و تعداد ضربات به یک نمودار نیمه لگاریتمی انتقال داده شوند.

در این انتقال تعداد ضربات بر محور عمودی (لگاریتمی) و میزان رطوبت بر محور افقی می‌باشند (شکل ۹)

نزدیک ترین خط مستقیم در برگیرنده نقاط بدست آمده ترسیم شود.

۱۱-۲- حدروانی، میزان رطوبت مطابق با۲۵ ضربه، برروی خط مستقیم ترسیم شده، خواهد بود.

«روش یک نقطه‌ای حد روانی» - «روش ج و د»

۱۲- آماده کردن نمونه آزمایش:

۱۲-۱- نمونه مطابق دستورات بند (۹) آماده شود، به استثنای این نکته که درمرحله افزودن آب ومخلوط کردن خاک، میزان رطوبت خاک به گونه‌ای تنظیم شود که ضربات مورد نیاز برای بهم پیوستن شکاف نمونه حدود ۲۰ الی ۳۰ ضربه باشد.

۱۳- مراحل انجام آزمایش:

۱۳-۱- انجام آزمایش طبق بند (۱۰-۱) الی بند (۱۰-۵) اجرا شود، به استثنای این نکته که تعداد

ضربات ۲۰ الی ۳۰ باشد. اگر ضربات کمتر از ۲۰ ویابیش از ۳۰ باشد میزان رطوبت نمونه به مقدار مناسب تغییر داده شده و آزمایش تکرار شود.

۱۳-۲- بلافاصله نمونه ای برای تعیین میزان رطوبت (طبق بند ۱۰-۵) از جام برداشته شود. سپس مقداری نمونه برابر مجموع خاک از دست رفته به وسیله شیار زن و مقدار نمونه تعیین میزان رطوبت به جام اضافه شده وبندهای (۱۰-۱) الی (۱۰-۵) تکرار گردد. در صورتی که تعداد ضربات بدست آمده برابر ضربات اولیه بوده ویا با اختلاف دو ضربه با آن باشد، نتیجه مورد قبول بوده ونمونه دیگری برای تعیین میزان رطوبت گرفته شود. در غیر این صورت خاک کاملاً مخلوط شده و آزمایش تکرار شود.

- خشک شدن بیش از اندازه نمونه و یا کامل مخلوط نشدن آن موجب اختلاف در تعداد ضربات بدست آمده خواهد شد.

۱۳-۳- میزان رطوبت نمونه طبق بند (۱۰-۸) محاسبه و تعیین گردد.

۱۴- محاسبات:

۱۴-۱- حد روانی هریک از دو نمونه (برداشته شده برای تعیین میزان رطوبت) از روابط زیر قابل محاسبه خواهد بود.

$$w_L = w_N \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121}$$

$$w_L = K \ (w_N)$$

N = ضربات مورد نیاز برای بسته شدن شکاف نمونه

w_N = میزان رطوبت مطابق با N ضربه

K = ضریب اصلاح رابطه حد روانی (جدول ۱)

حدروانی خاک برابر است با میانگین دو مقدار ر بدست آمده از دو آزمایش انجام شده.

۱۴-۲- در صورت ملاحظه اختلاف بیش از یک در صد بین دونتیجه بدست آمده ، آزمایش باید تکرار شود.

«حد خمیری»

۱۵- آماده کردن نمونه :

۱۵-۱- حدود ۲۰ گرم از نمونه آماده شده حد روانی ، از نمونه دوباره مخلوط شده قبل از اجرای آزمایش ویا از خاک باقیمانده بعد از اجرای آزمایش ، برداشته شود .

با مخلوط وپهن کردن نمونه بر روی صفحه شیشه ای مقدار رطوبت نمونه تا سفتی مناسبی پائین آورده شود به طوری که درصورت فتیله کردن نمونه ، به دست نچسبد .

کاهش مقدار رطوبت را می توان با استفاده از پنکه الکتریکی وجریان هوا و یا با استفاده از کاغذ کلفت خشک کن تسریع نمود.

۱۶- مراحل انجام آزمایش :

۱۶-۱- مقدار ۵ر۱ تا ۰ر۲ گرم نمونه آماده شده به صورت یک توده تخم مرغی شکل در آورده شود. این توده را بین انگشتها وصفحه شیشه ای مسطح با فشار کافی فتیله کرده به طوری که نمونه در طول به صورت رشته ای باقطر یکنواخت در آید . سرعت فتیله کردن باید ۸۰ تا ۹۰ حرکت کامل دست (به طرف جلو وبازگشت آن به عقب وبه محل اولیه) دردقیقه باشد. چنانچه قطر فتیله به حدود ۵ر۰ ± ۳ میلیمتر رسید . به ۶ تا ۸ قطعه تقسیم شود. قطعه های بدست آمده را با انگشتان دودست بهم فشرده تا نمونه تقریباً به شکل تخم مرغی درآید. سپس نمونه دوباره فتیله شود. این عمل فتیله کردن ، تقسیم نمودن، بهم چسباندن ودوباره فتیله کردن آنقدر تکرار شود تا نمونه زیر فشار دست پیش از آنکه به صورت فتیله به قطر۵ر۰ ± ۳ میلیمتر در آید، خرد شود. این رطوبت، حد خمیری خاک می‌باشد.

خرد شدن ممکن است به هنگامی صورت گیرد که قطر فتیله از ۲ر۳ میلیمتر بزرگتر باشد ، به شرط آنکه خاک مورد آزمون هنگامی که آب بیشتری داشته تا قطر ۲ر۳ میلیمتر فتیله شده باشد.

خرد شدن خاک در انواع مختلف به گونه‌های متفاوتی آشکار می‌شود، بعضی از خاکها به ذره‌های زیادی تقسیم می‌شوند.

در بعضی دیگر از خاکها یک لایه خارجی در نمونه فتیله شده ساخته شده و از دو انتها شکاف برمیدارد و این شکاف به طرف وسط امتداد می‌یابد . سرانجام نمونه فتیله شده به

قطعه های ورقه ای شکل کوچک تقسیم می گردد .

خاک رسهای پرمایه فشار بیشتری برای فتیله کردن نمونه می‌خواهند، بخصوص هنگامی که رطوبت به حد خمیری نزدیک شود. سرانجام نمونه فتیله شده به قطعه‌های خمیری شکل به طول حدود ۶ تا ۱۰ میلیمتر تقسیم می گردد.

اجرا کننده آزمایش نباید بکوشد که خرد شدن فتیله به صورت کاذب درست در ۲ر۳ میلیمتر صورت گیرد. بدین ترتیب که بگذارد نمونه به قطر ۲ر۳ میلیمتر برسد ، آنگاه با کم کردن سرعت فتیله کردن وبا کم کردن فشار دست ویا کم کردن هر دو فتیله کردن را بدون آنکه قطر نمونه تغییر یابد چنان ادامه دهد تانمونه قطعه قطعه گردد.

در مورد خاکهای باخاصیت خمیری کم می توان مقدار تغییر شکل نمونه را کاهش داد. بدین ترتیب که قطر توده تخم مرغی شکل اولیه نزدیک به ۲ر۳ میلیمتر باشد .

۱۶-۲- قطعه های بدست آمده از خرد شدن نمونه را جمع کرده،در قوطی وزن شده ای قرار داده و بلافاصله درپوش آن گذاشته شود.

۱۶-۳- نمونه ۵ر۱ تا ۲ گرم نمونه اولیه انتخاب وبندهای (۱۶-۱) و (۱۶-۲) تکرار شوند ،تا هنگامی که قوطی تعیین رطوبت حاوی ۹ گرم نمونه باشد .

۱۵-۴- بندهای (۱۶-۱) الی (۱۶-۳) بار دیگر تکرار شوند.

میزان رطوبت خاک داخل دو قوطی برحسب درصد تعیین گردند.

- کلیه توزینها به وسیله یک ترازو انجام شوند .

۱۷- محاسبات :

۱۷-۱- در صورتی که بیش از دو درصد اختلاف بین دومیزان رطوبت بدست آمده ، وجود داشته باشد آزمایش باید مجدداً انجام شود.

حد خمیری میانگین دو میزان رطوبت بدست آمده ، خواهد بود .

«دامنه خمیری»

۱۸- محاسبات :

۱۸-۱۱- دامنه خمیری به روش زیر محاسبه می شود :

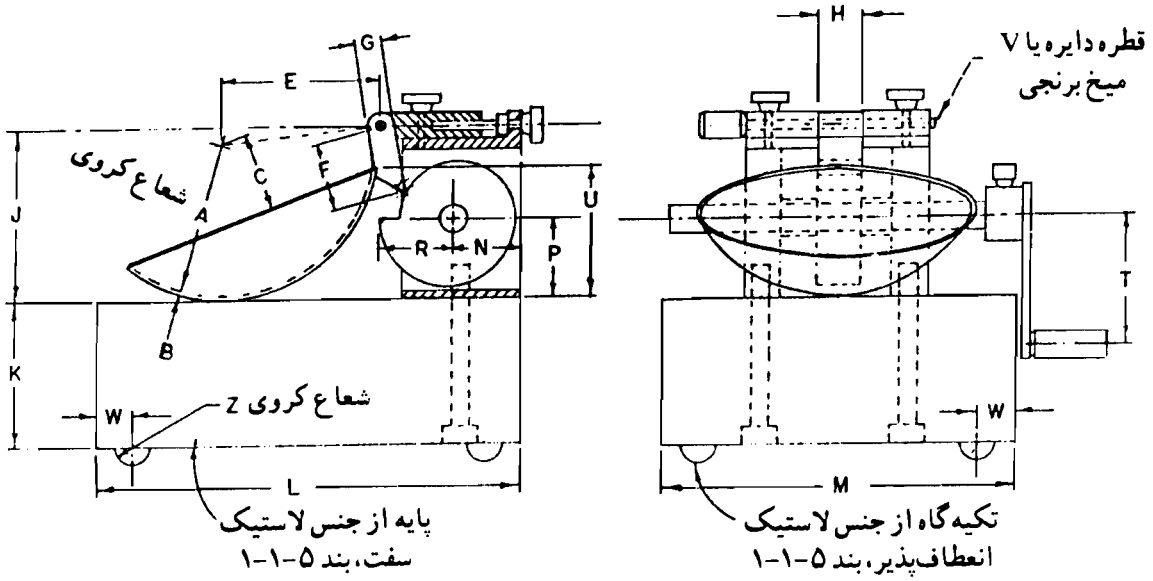
$$I_P = {}^{w}L - {}^{w}P$$

w_L = حد روانی

w_p = حد خمیری

دو مقدار حدروانی و حد خمیری به صورت عدد صحیح اختیار شوند.

در صورتی که یکی از حدهای روانی ویا خمیری قابل تعیین نبوده ویا اگر حد خمیری برابر یابزرگتر از حد روانی باشد، خاک مورد بررسی به صورت خاک غیر خمیری ،NP ، در گزارش ذکر شود.



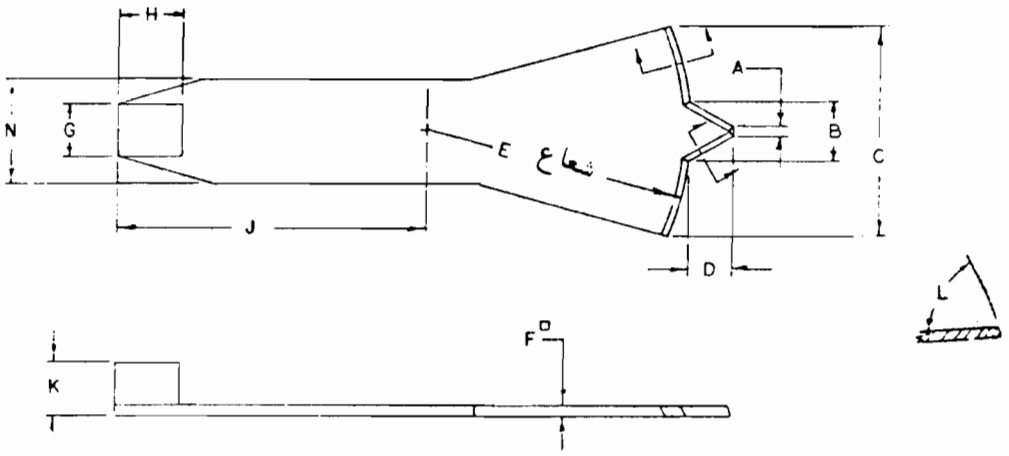
حروف	A	B	C	E	F	G	H	J	K	L	M
میلیمتر	۵٤ ± ۰/۵	۲ ± ۰/۱	۲۷ ± ۰/۵	۵٦ ± ۲/۰	۳۲	۱۰	۱٦	٦۰ ± ۱/۰	۵۰ ± ۲/۰	۱۵۰ ± ۲/۰	۱۲۵ ± ۲/۰

حروف	N	P	R	T	U	V	W	Z
میلیمتر	۲٤	۲۸	۲٤	٤۵	٤۷ ± ۱/۰	۳/۸	۱۳	٦/۵

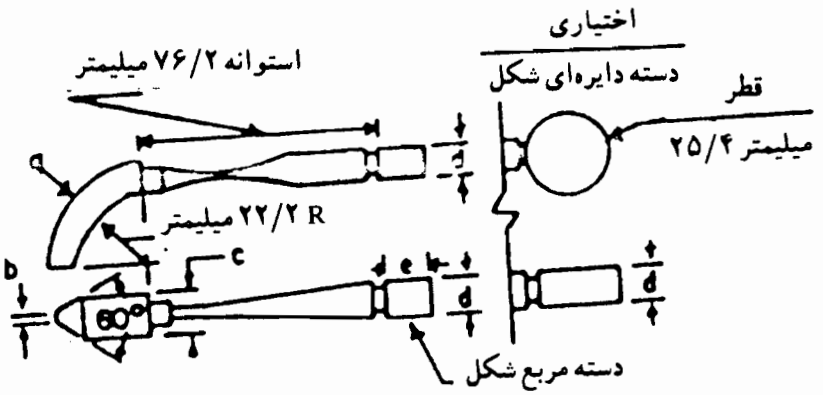
شعاع جام	درجه زاویه‌جام
۰/۷٤۲	۰
۰/۷۵۳	۳۰
۰/۷٦٤	٦۰
۰/۷۷۳	۹۰
۰/۷۸٤	۱۲۰
۰/۷۹٦	۱۵۰
۰/۸۱۸	۱۸۰
۰/۸۵٤	۲۱۰
۰/۹۰۱	۲٤۰
۰/۹٤۵	۲۷۰
۰/۹۷٤	۳۰۰
۰/۹۹۵	۳۳۰
۱/۰۰۰	۳٦۰

شکل (۱) جزئیات دستگاه حد روانی

حروف	A	B	C	D	E	F
میلیمتر	۲ ± ۰/۱	۱۱ ± ۰/۲	۴۰ ± ۰/۵	۸ ± ۰/۱	۵۰ ± ۰/۵	۲ ± ۰/۱
حروف	G	H	J	K	L	N
میلیمتر	۱۰ حداقل	۱۳	۶۰	۱۰ ± ۰/۰۵	۶۰ ± ۱	۲۰

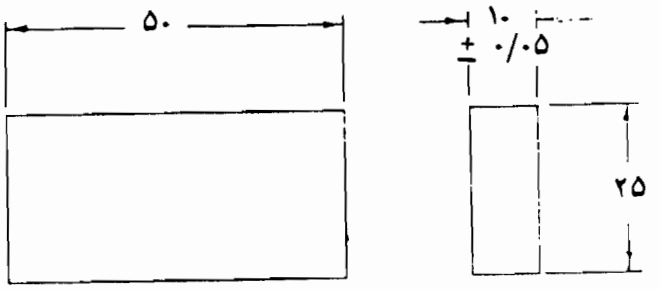


شکل (۲) جزئیات شیارزن مسطح

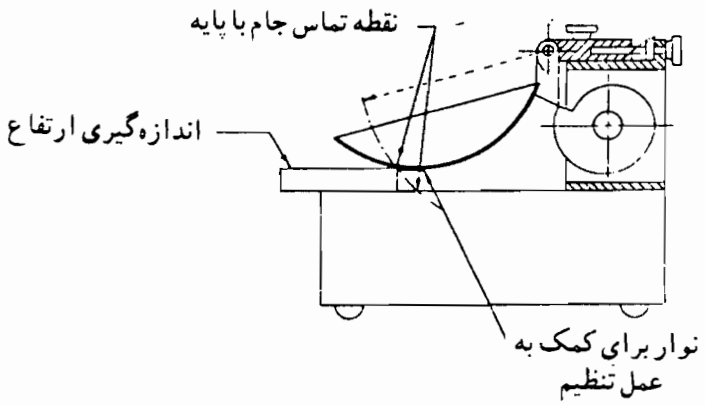


حروف	A	B	C	D	E
میلیمتر	۱۰/۰ ± ۰/۱	۲/۰ ± ۰/۱	۱۳/۵ ± ۰/۱	۱۰/۰ ± ۰/۲	۱۵/۹

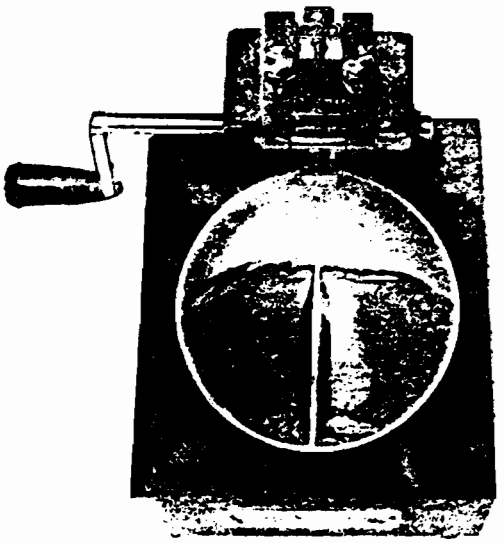
شکل (۳) جزئیات شیارزن انحنادار



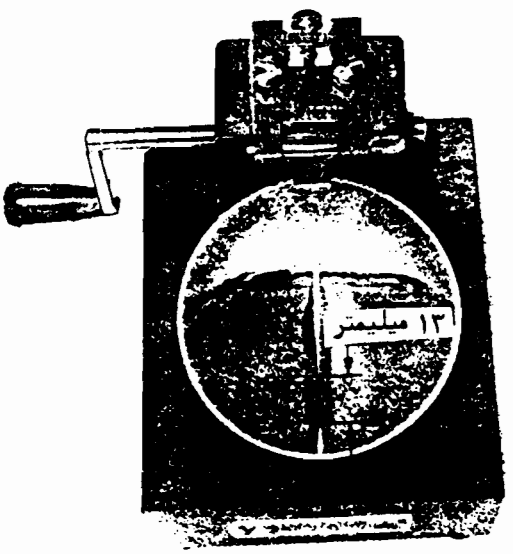
ابعاد به میلیمتر - مختصات وسیله اندازه‌گیری فاصله افتادن جام



شکل (۴) چگونگی بررسی فاصله افتادن جام

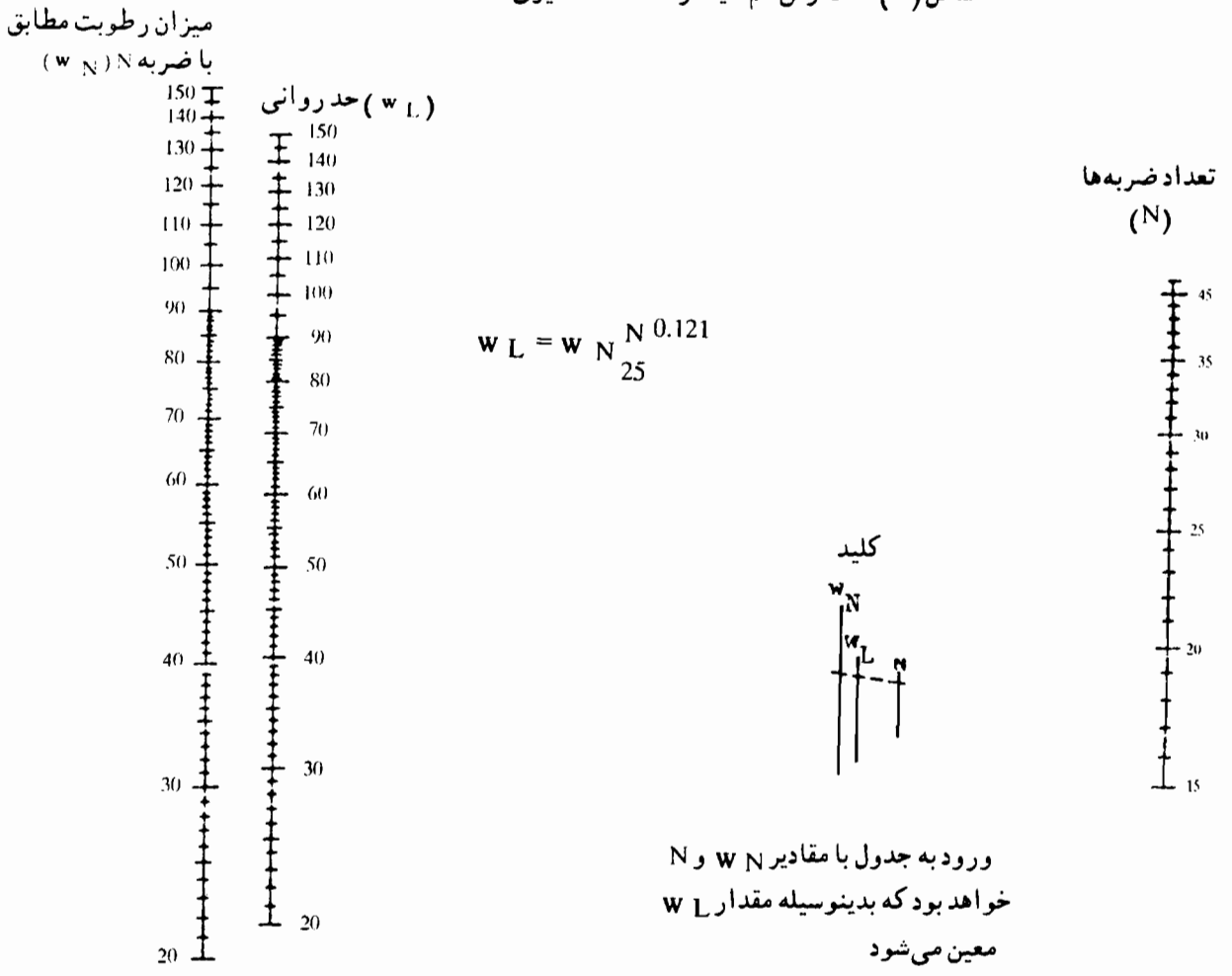


شکل (۵) تقسیم نمونه داخل جام به وسیله شیارزن



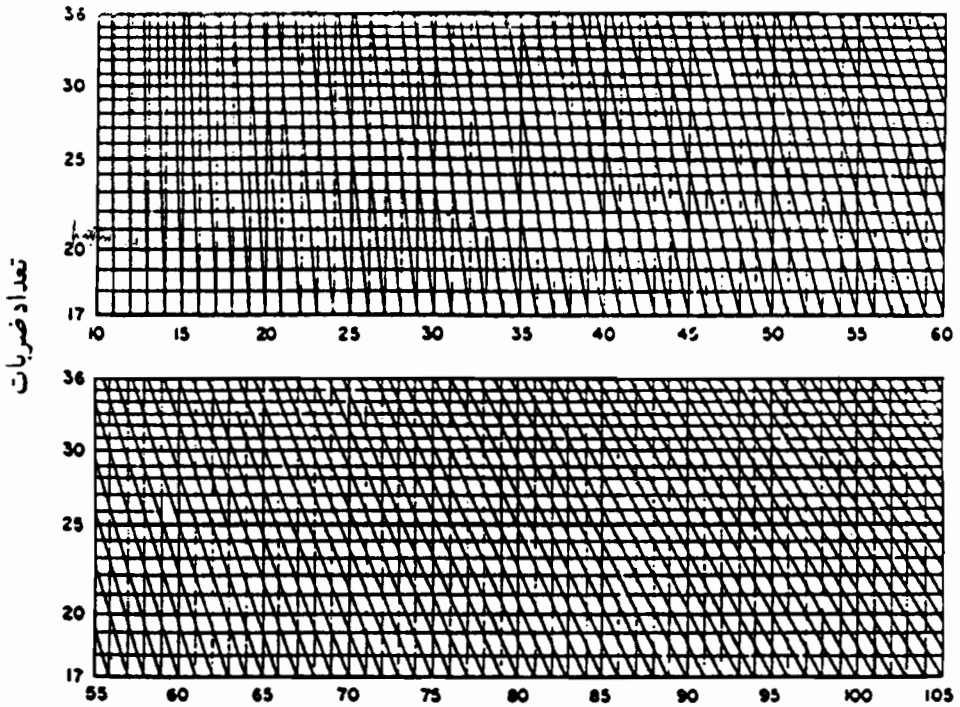
شکل (۶) نمونه داخل جام پس از بهم‌پیوستن شکاف

شکل (۷) خاک رس کم‌مایه در حالت حد خمیری



ورود به جدول با مقادیر w_N و N
خواهد بود که بدینوسیله مقدار w_L
معین می‌شود

شکل (۸) جدول نموگراف برای بدست آوردن حد روانی



شکل (۹) نمودار برای بدست آوردن حد روانی

K	N
ضریب برای حد روانی	تعداد ضربه ها
۰/۹۷٤	۲۰
۰/۹۷۹	۲۱
۰/۹۸۵	۲۲
۰/۹۹۰	۲۳
۰/۹۹۵	۲٤
۱/۰۰۰	۲۵
۱/۰۰۵	۲٦
۱/۰۰۹	۲۷
۱/۰۱٤	۲۸
۱/۰۱۸	۲۹
۱/۰۲۲	۳۰

جدول (۱) ضریب های لازم برای محاسبه حد روانی با استفاده از رابطه بند (۱۴)

برگ اطلاعات؛شماره ۲ :

نام پروژه: **محل انجام پروژه:** **نام انجام دهنده آزمایش:**

شماره پروژه: **شماره حفاری:** **تاریخ انجام آزمایش:**

مشخصات ظاهری خاک: **درجه حرارت گرمخانه:**

«تعیین حد روانی»

شماره نمونه	عمق نمونه برداری	شماره قوطی	W_c	W_1	W_2	$W_s = W_2 - W_c$	$W_w = W_1 - W_2$	$w_L = (W_w/W_s)x100$	N	ملاحظات
			وزن قوطی بادرپوش	وزن قوطی + نمونه مرطوب	وزن قوطی + نمونه خشک‌شده	وزن نمونه خشک‌شده	وزن آب حفره‌ای	درصد رطوبت، حد روانی	تعداد ضربه‌ها	

• کلیه وزنها برحسب گرم میباشد

برگ اطلاعات؛شماره ۳ :

نام پروژه: محل انجام پروژه: نام انجام دهنده آزمایش:

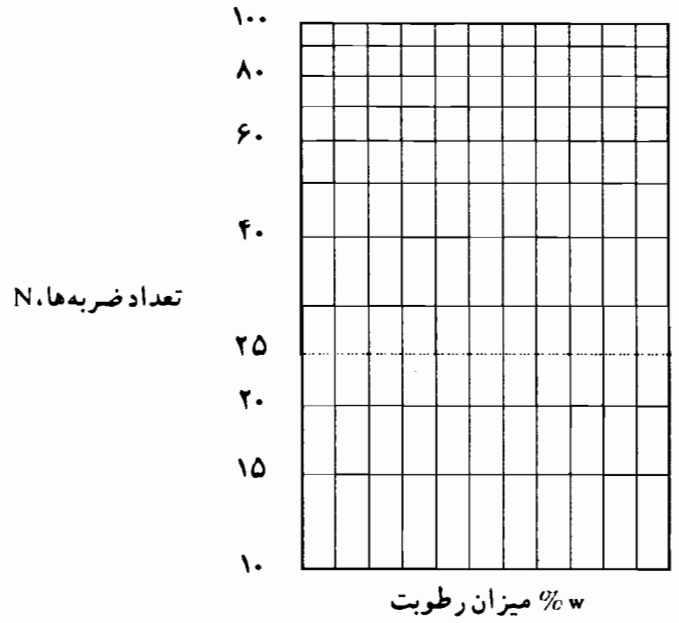
شماره پروژه: شماره حفاری: تاریخ انجام آزمایش:

مشخصات ظاهری خاک: درجه حرارت گرمخانه:

«حد خمیری»

شماره نمونه	شماره قوطی	W_c	W_1	W_2	$W_s = W_2 - W_c$	$W_w = W_1 - W_2$	$w = (W_w / W_s) \times 100$	w_P
		وزن ° قوطی + درپوش	وزن قوطی + نمونه مرطوب	وزن قوطی + نمونه خشک‌شده	وزن نمونه خشک‌شده	وزن آب حفره‌ای	درصد رطوبت	حد خمیری، میانگین دو درصدرطوبت بدست آمده

° کلیه وزنها برحسب گرم میباشد



شماره نمونه										
حد روانی w_L										
حد خمیری w_P										
دامنه خمیری $I_P = w_L - w_P$										

تعیین ضرایب انقباض خاك

۱- هدف :

۱-۱- بر اساس نتایج حاصل از این روش آزمایش، ضرایب حد انقباض ، نسبت انقباض، انقباض حجمی، انقباض خطی و چگالی تقریبی (G_s) قابل محاسبه خواهند بود.

۲- مشخصات و موارد استفاده:

۲-۱- تعیین ضرایب انقباض بنابراین روش آزمایش فقط در مورد خاکهای ریز دانه (چسبنده) قابل اجرا می‌باشد، این نوع خاک بر اثر خشک شدن در گرمخانه مقاومت اضافی از خود بروز می دهد .

۲-۲- عبارت «حدانقباض» به صورت در صد رطوبت نشان داده می‌شود و آن مقدار آب فرضی است که برای پر شدن خلل و فرج موجود درخاک چسبنده در شرایط حداقل تخلخل (بر اثر خشک شدن در گرمخانه) مورد نیاز است. در نتیجه از مقدار حد انقباض بدست آمده می‌توان مقدار پتانسیل انقباض و احتمال ایجاد ترک درخاک چسبنده مورد مصرف در عملیات خاکی را تخمین زد .

۳- وسایل مورد نیاز :

۳-۱- ظرف تبخیر از جنس چینی با قطر تقریبی ۱۱۵ میلیمتر .

۳-۲- کاردک به ابعاد تقریبی ۷۶ میلیمتر درازا و ۲۰ میلیمتر پهنا .

۳-۳- ظرف چینی گرد با قاعده صاف به قطر تقریبی ۴۵ میلیمتر و ارتفاع ۱۳ میلیمتر.

۳-۴- خط کش به طول تقریبی ۱۵۰ میلیمتر.

۳-۵- جام شیشه ای به قطر ۵۷ میلیمتر و ارتفاع تقریبی ۳۲ میلیمتر، دارای لبه کاملاً صاف و موازی با قاعده.

۳-۶- صفحه شیشه‌ای با سه زبانه برای غوطه ور کردن نمونه در جیوه (درشکل ۱).

۳-۷- ظرف شیشه‌ای مدرج با حجم ۲۵ میلی لیتر و دقت ۲ر۰ میلی لیتر.

۳-۸- ترازو با دقت ۱ر۰ گرم.

۳-۹- جیوه به مقدار مورد نیاز برای پر کردن ظرف شیشه ای وجام.

۳-۱۰- گرمخانه با دماسنج قابل کنترل و دمای یکنواخت ۱۱۰ درجه سانتیگراد وحساسیت ۵ ± درجه سانتیگراد.

۴- نمونه گیری :

۴-۱- از خاک کاملاً مخلوط شده و عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰) نمونه‌ای به وزن تقریبی ۲۰ گرم انتخاب شود.

۵- مراحل انجام آزمایش:

۵-۱- نمونه را با مقدار کافی آب در ظرف تبخیر مخلوط نموده به طوری که خلل وفرج خاک کاملاً باآب پرشده و خاک بصورت خمیری در آید. این نمونه باید حاوی حباب هوا نباشد وبتوان براحتی آنرا در ظرف چینی (انقباض) قرار داد.

به منظور رساندن خاک به سفتی مورد نظربرای آزمایش، آب مخلوط شده برای خاکهای ترد وشکننده برابر یا کمی بیش از حد روانی آن خواهد بود و در مورد خاکهای خمیری، تا حدود ده درصد بیش از حد روانی می باشد.

۵-۲- سطح داخلی ظرف چینی با لایه نازکی از وازلین ویا گریس پوشیده شود تا از چسبیدن نمونه به دیواره ظرف و ایجاد ترک بر سطح نمونه خشک شده، جلوگیری شود. ظرف در این حالت بدقت وزن گردد.

ظرف با سه لایه از خمیر آماده شده، پر شود، بدین ترتیب که پس از قراردادن هر لایه از خمیر در داخل ظرف (تقریباً ۱/۳ حجم ظرف)، ظرف را به آرامی برسطح نرمی ضربه زده تا خمیر در ظرف پخش شده وحباب هوایی در داخل نمونه باقی نماند. بعد ازپر شدن ظرف، سطح خمیر را توسط خط کش صاف نموده و خمیر اضافی از ظرف برداشته شود. سپس جدار بیرونی ظرف کاملاً تمیز گردد.

۵-۳- بلافاصله این ظرف وزن شده (W_1)، به عنوان وزن ظرف پر از نمونه مرطوب یادداشت شود. نمونه را در معرض هوای آزمایشگاه قرار داده تارنگ سطح خمیر قدری تغییر کند، یعنی خشک شود. سپس نمونه تا بدست آمدن وزن ثابت در گرمخانه تحت دمای ۵ ± ۱۱۰

درجه سانتیگراد خشک شود. وزن حاصل برابر است با وزن ظرف با نمونه خشک شده (W_2)

حجم ظرف چینی خالی با استفاده از جیوه اندازه گیری شود. عمل اندازه گیری بدین طریق است که ظرف را از جیوه پر کرده و با قراردادن صفحه شیشه‌ای بر روی ظرف، جیوه اضافی تخلیه وبا استفاده از ظرف مدرج حجم جیوه مصرفی برحسب سانتیمتر مکعب بدست آید. همچنین حجم بدست آمده برابر است با حجم خمیر قرارداده شده در ظرف، V.

۵-۴- برای تعیین حجم نمونه خشک شده، آنرا از ظرف چینی خارج وبه طریق زیرعمل شود: جام شیشه‌ای کاملاً از جیوه پر شده وبا قرار دادن صفحه شیشه‌ای دارای سه زبانه برسطح جیوه، مقدار اضافی جیوه تخلیه شود (شکل ۱). جدار خارجی جام به دقت از جیوه پاک شود. جام پراز جیوه در ظرف شیشه‌ای قرار داده شده ونمونه خشک شده بر سطح جیوه گذاشته شود. با استفاده از صفحه شیشه‌ای دارای سه زبانه، نمونه به آرامی در داخل جیوه غوطه ور شود. دقت شود تا حباب هوایی زیر نمونه ایجاد نشده باشد. حجم جیوه جابجا شده با استفاده از ظرف شیشه‌ای مدرج برحسب سانتیمتر مکعب مشخص شود و به عنوان حجم نمونه خشک شده، V_o یادداشت گردد.

۶- محاسبه میزان رطوبت:

۶-۱- میزان رطوبت اولیه نمونه برحسب وزن جامدخاک خشک شده برابر است با:

$$w = \{\frac{(W_1 - W_c) - (W_2 - W_c)}{(W_2 - W_c)}\} \times 100$$

$$w = \{\frac{(W_w - W_s)}{W_s}\} \times 100$$

W_c = وزن ظرف چینی

w = میزان رطوبت اولیه نمونه

W_w = وزن نمونه مرطوب، که برابر است با تفاضل وزن ظرف پر از نمونه مرطوب از وزن ظرف خالی ($W_1 - W_c$)، گرم

W_s = وزن نمونه خشک شده، که برابر است با تفاضل وزن ظرف حاوی نمونه خشک شده از وزن ظرف خالی ($W_2 - W_c$) گرم.

۷- حد انقباض:

۷-۱- حد انقباض خاک، درصد رطوبتی است که کاهش رطوبت از این حد موجب کاهش حجم نشود.

۷-۲- حد انقباض، w_s، از اطلاعات بدست آمده به شرح زیر محاسبه می‌شود:

$$w_s = w - \{[\frac{(V - V_o)\gamma_w}{W_s}] \times 100\}$$

w_s = حد انقباض

w = درصد رطوبت بر حسب وزن نمونه خاک خشک شده

V = حجم اولیه نمونه مرطوب، سانتیمتر مکعب

V_o = حجم نمونه خشک شده، سانتی متر مکعب

γ_w = وزن مخصوص آب، گرم بر سانتیمتر مکعب

W_s = وزن نمونه خشک شده، گرم

۷-۳- در صورت معلوم بودن چگالی (G_s) ونسبت انقباض نمونه (R) حد انقباض را می توان به شرح زیر نیز محاسبه نمود.

$$w_s = \{(\frac{1}{R}) - (\frac{1}{G_s})\} \times 100$$

۸- نسبت انقباض:

۸-۱- نسبت انقباض خاک برابر است با نسبت تغییرات حجم (برحسب حجم نمونه خشک شده) به تغییرات رطوبت نمونه (درمقادیر بالای حدانقباض) برحسب وزن نمونه خشک شده در گرمخانه،

$$\frac{\frac{V - V_o}{V_o}}{\frac{W_1 - W_s}{W_s}} = \frac{\frac{\Delta V}{V_o}}{\frac{\Delta W}{W_s}}$$

۸-۲- نسبت انقباض (R) به کمک اطلاعات حاصل از انقباض حجم نمونه، به صورت ساده زیر محاسبه شود:

$$R = \frac{W_s}{V_o} \times \gamma_w$$

۹- انقباض حجمی

۹-۱- انقباض حجمی خاک نشانگر کاهش حجم نمونه خاک از رطوبت معینی تا رطوبت حد انقباض می‌باشد که برحسب درصد بیان شده و برابراست با :

$$V_s = \frac{V_1 - V_o}{V_o}$$

$$V_s = (w_1 - w_s) R$$

V_1 = حجم خاک با رطوبت معین

w_1 = میزان رطوبت معین

w_S = حد انقباض

R = نسبت انقباض

۱۰- انقباض خطی :

۱۰-۱- انقباض خطی خاک برابر است با کاهش هر یک از ابعاد نمونه خاک برحسب درصد و نسبت به اندازه اولیه، که به ازاء کاهش رطوبت نمونه از میزان رطوبت معین به رطوبت حد انقباض تعیین می شود.

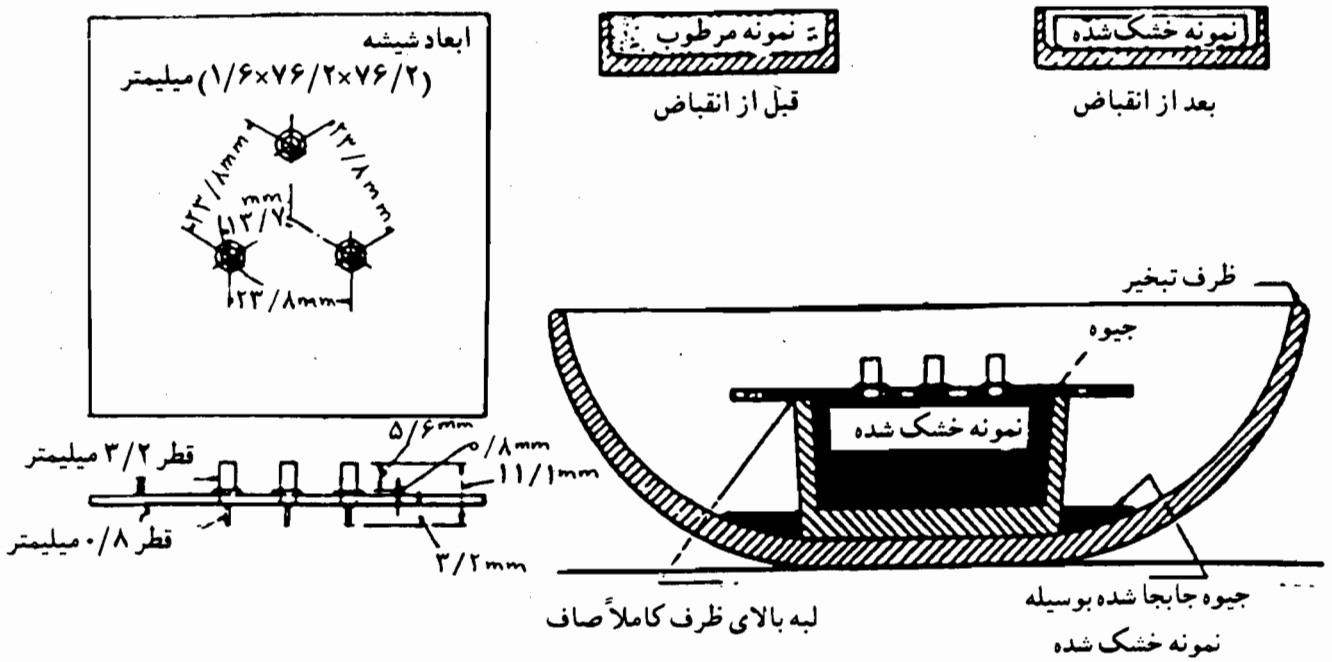
۱۰-۲- انقباض خطی (L_s) عبارتست از :

$$L_s = 100 \{ 1 - \sqrt[3]{\frac{100}{V_s + 100}} \}$$

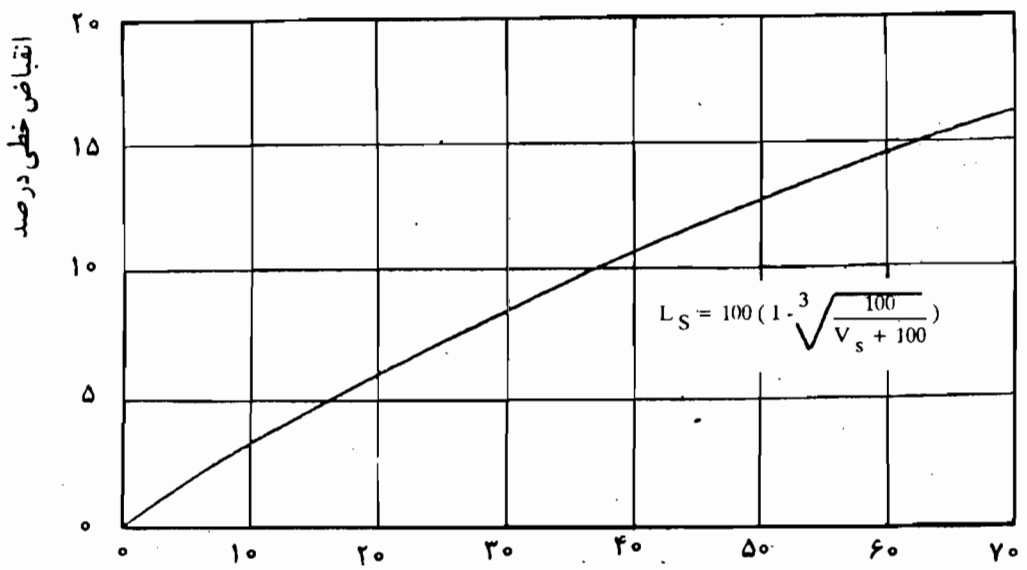
۱۱- چگالی :

۱۱-۱- چگالی (G_s) خاک را می‌توان با استفاده از نتایج فوق به شرح زیر محاسبه نمود:

$$G_s = \frac{1}{(1/R) - (w_s / 100)}$$



شکل (۱) جزئیات وسیله آزمایش تعیین تغییرات حجم نمونه خاک



شکل (۲) رابطه میان تغییرات حجمی و انقباض خطی

برگ اطلاعات شماره ۴ :

نام پروژه : محل انجام پروژه: نام‌انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه: شماره پروژه : تاریخ انجام آزمایش:

مشخصات ظاهری خاک:

« تعیین حد انقباض »

شماره نمونه	عمق نمونه برداری	شماره قوطی	W_c وزن ظرف‌چینی چرب شده	W_1 وزن‌ظرف + نمونه اولیه	W_2 وزن‌ظرف + نمونه‌خشک	$W_w = W_1 - W_2$ وزن آب حفره‌ای	$W_s = W_2 - W_c$ وزن نمونه خشک	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$ درصد رطوبت	V Cm^3 حجم اولیه خمیر	V_o Cm^3 حجم‌نمونه خشک	$w_s = w - [(V - V_o)\gamma_w/W_s] \times 100$ حد انقباض	$R = \frac{w_s}{V_o} \times \gamma_w$ نسبت انقباض	$V_s = (w_1 - w_s)R$ انقباض حجمی	$L_s = 100\left[1 - \sqrt[3]{\frac{100}{(w_s+100)}}\right]$ انقباض خطی	$C_s = \frac{1}{\{(1/R) - (w_s/100)\gamma_w\}}$ چگالی	ملاحظات

* کلیه وزنها برحسب گرم می‌باشد.

آزمایش دانه بندی خاك

۱- هدف

۱-۱- دراین 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 میلیمتر به روش ته نشینی با استفاده از هیدرومتر استاندارد تعیین می گردد.

- برای تفکیک دانه‌ها به وسیله آزمایش با روش ته نشینی می‌توان از الکهای ۴٫۷۵ میلیمتر (شماره ۴)، یا ۰٫۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) ویا الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) بجای الک ۲٫۰ میلیمتر (شماره ۱۰) استفاده نمود . در صورت استفاده از هریک از الکهای نام برده مشخصات الک مزبور باید در گزارش ذکر شود.

۲- وسایل مورد نیاز

۲-۱- ترازو

۲-۲- مخلوط کن - دونوع مخلوط کن برای جداسازی دانه ها قابل استفاده می‌باشد . الف- مخلوط کن مکانیکی با سرعت زیاد، ب - مخلوط کن با استفاده از فشار هوا .

۲-۲-۱- مخلوط کن نوع الف - این مخلوط کن از نوع مکانیکی بوده ودارای موتور الکتریکی با محور عمودی که در جام خالی با قدرت چرخش ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه، (rpm) می‌باشد. ابعاد جام مخلوط کن در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. محور موتور دارای پروانه قابل تعویض از جنس فلز، پلاستیک ویا لاستیک سخت می‌باشد (شکل ۱). طول محور به گونه ای انتخاب شده است که پروانه به هنگام چرخش در فاصله ۱۹ الی ۳۸ میلیمتر از کف جام حرکت کند.

۲-۲-۲- مخلوط کن نوع ب - حاوی جام مخصوص با امکانات فشار هوا با مشخصات شکل شماره ۳ می‌باشد.

- نوعی از مخلوط کن که با استفاده از فشار هوا کار می کند توسط Davidson، Chu ساخته شده است. این وسیله به نام لوله مخلوط کن معروف بوده ونتایج مشابهی با مخلوط کن نوع ب می‌دهد. در صورت استفاده از آن، خیس کردن نمونه را می‌توان در استوانه ته‌نشینی انجام داد و نیازی به خیس کردن جداگانه و انتقال دوغاب نمونه نخواهد بود.

در صورت استفاده از این نوع مخلوط کن، باید در گزارش ذکر شود.

- در مواقعی که از مخلوط کن استفاده نمی‌شود ممکن است آب باعث انسداد مجاری هوا شود در این صورت باید آب را از مجاری فوق تخلیه و سپس از مخلوط کن استفاده نمود. عمل تخلیه توسط فشار هوا و با شیرهای تخلیه انجام می‌شود.

- تحقیقات نشان داده است که درصورت استفاده از مخلوط کن نوع دوم، خاکهای خمیری حاوی ذرات کوچکتر از ۰٫۲۰ میلیمتر بهتر جدا شده و در خاکهای ماسه‌ای نیز نتیجه مناسب تری بدست می آید. در نتیجه استفاده از مخلوط کن نوع دوم ارجحیت دارد. نتایج حاصل از انجام آزمایش با استفاده از وسایل جداساز فوق با یگدیگر تفاوت داشته و منحنی‌های دانه بندی بدست آمده نیز بسته به نوع خاک متفاوت خواهد بود. این اختلاف درخاکهای ریزتر از ۰٫۲۰ میلیمتر مشهودتر است.

۲-۳- هیدرومتر (چگالی سنج) - هیدرومتر برای قرائت مقدار مواد معلق برحسب گرم در لیتر (انواع H ۱۵۲) و چگالی مخلوط حاوی مواد معلق نوع (H ۱۵۱) درجه بندی شده است. ابعاد هر دو مدل هیدرومتر یکسان بوده وتنها تفاوت در چگونگی درجه بندی آنها است.

- مدل هیدرومتر در شکل شماره ۵ نشان داده شده است و دارای درجه بندی «الف» ویا «ب» می‌باشد.

درجه بندی هیدرومتر نوع « الف » از ۵- تا ۶۰ گرم خاک در لیتر بوده وبه نوع H ۱۵۲ معروف است. این هیدرومتر برمبنای مفروضات : چگالی آب مقطر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با ۱۰۰۰ وخاک معلق معادل ۲٫۶۵ گرم بر سانتیمتر مکعب درجه بندی شده است.

درجه بندی هیدرومتر نوع « ب » برای قرائت چگالی از ۰٫۹۹۵ تا ۱٫۰۳۸ می‌باشد وبه گونه‌ای درجه بندی شده که چگالی آب مقطر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با ۱۰۰۰ می‌شود. این نوع هیدرومتر به نوع H ۱۵۱ معروف است.

۲-۴- استوانه ته نشینی- ظرف شیشه‌ای استوانه‌ای به ارتفاع ۴۵۷ و قطر ۶۳٫۵ میلیمتر که حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر با خطی بر روی آن مشخص شده است. قطر داخلی ظرف باید به اندازه‌ای باشد که خط مشخصه حجم ۱۰۰۰ میلی لیتر تقریباً به فاصله ۲ ± ۳۶ سانتیمتر از کف ظرف قرار گیرد.

۲-۵- دماسنج - با دقت ۰٫۵ درجه سانتیگراد

۲-۶- الکها - یک سری الک استاندارد با چشمه‌های مربعی، که به طور مثال می‌توان از سری زیر نام برد:

۷۵ میلیمتر (۳ اینچ)	۲ میلیمتر (شماره ۱۰)
۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)	۸۵۰ر۰ میلیمتر (شماره ۲۰)
۵ر۳۷ میلیمتر (۲/۳ اینچ)	۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰)
۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)	۱۵۰ر۰ میلیمتر (شماره ۱۰۰)
۱۹ میلیمتر (۴/۳ اینچ)	۱۰۶ر۰ میلیمتر (شماره ۱۴۰)
۵ر۹ میلیمتر (۸/۳ اینچ)	۰۷۵ر۰ میلیمتر (شماره ۲۰۰)
۷۵ر۴ میلیمتر (شماره ۴)	

- سری الک پیشنهادی جهت بدست آوردن نقاط منحنی دانه بندی یکنواخت عبارتست از:

۷۵ میلیمتر (۳ اینچ)	۱۸ر۱ میلیمتر (شماره ۱۶)
۵ر۳۷ میلیمتر (۲/۳ اینچ)	۶۰۰ر۰ میلیمتر (شماره ۳۰)
۱۹ میلیمتر (۴/۳ اینچ)	۳۰۰ر۰ میلیمتر (شماره ۵۰)
۵ر۹ میلیمتر (۸/۳ اینچ)	۱۵۰ر۰ میلیمتر (شماره ۱۰۰)
۷۵ر۴ میلیمتر (شماره ۴)	۰۷۵ر۰ میلیمتر (شماره ۲۰۰)
۳۶ر۲ میلیمتر (شماره ۸)	

۲-۷- ظرف نگهداری آب با دمای ثابت - این ظرف برای ثابت نگهداشتن دمای مخلوط دوغاب خاک در طول آزمایش هیدرومتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. توصیه می‌شود که دمای آب در طول آزمایش در حدود ۲۰ درجه سانتیگراد ثابت نگهداشته شود، (شکل ۴). در مواردی که آزمایش در اتاقی با دمای ثابت اجرا شود استفاده از وسیله مزبور مورد نیاز نخواهد بود.

۲-۸- بشر - باظرفیت ۲۵۰ میلی لیتر

۲-۹- زمان سنج - با دقت یک ثانیه

۳- ماده جدا ساز

۳-۱- محلول هگزا متافسفات سدیم (گاه به نام متافسفات سدیم نیز نامیده می‌شود). در آب مقطر یا آب عاری از مواد معدنی به غلظت ۴۰ گرم در لیتر محلول.

- 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 پائین آمدن آن با استفاده از کربنات سدیم اصلاح شود.

ظرفهای حاوی محلول جداساز باید دارای تاریخ تهیه باشد.

۳-۲- کلیه آب مصرفی باید آب مقطر ویا آب عاری از مواد معدنی باشد. آب مصرفی برای آزمایش هیدرومتر باید دارای دمای تقریبی معادل دمای آزمایش باشد. به طور مثال، دمای آب مصرفی در آزمایش هیدرومتری باید معادل درجه حرارت آب ظرف نگهداری آب با دمای ثابت باشد و در صورتی که آزمایش بدون این ظرف انجام شود، معادل دمای اتاق باشد. دمای متداول آزمایش هیدرومتر حدود ۲۰ درجه سانتیگراد است.

۴- نمونه آزمایش

۴-۱- نمونه آزمایش بر اساس «روش آماده سازی نمونه برای آزمایش دانه بندی به طریق خشک» تهیه شود. در طی مراحل آماده سازی نمونه، خاک به دوقسمت ذرات بزرگتر و کوچکتر از الک ۲ میلیمتر تقسیم شود. وزن نمونه اولیه باید به گونه‌ای انتخاب شود تا شرایط زیر حاصل گردد.

۴-۱-۱- مقدار باقیمانده روی الک ۲ میلیمتر بنابر اندازه بزرگترین دانه خاک به شرح صفحه بعد می‌باشد:

حداقل وزن خاک باقیمانده روی الک ۲ میلیمتر	قطر تقریبی بزرگترین دانه
گرم	میلیمتر (اینچ)
۵۰۰	۹٫۵ (۳/۸)
۱۰۰۰	۱۹ (۳/٤)
۲۰۰۰	۲۵ (۱)
۳۰۰۰	۳۷٫۵ (۳/۲)
٤۰۰۰	۵۰ (۲)
۵۰۰۰	۷۵ (۳)

۴-۱-۲- لازم است وزن خاک عبوری از الک ۲ میلیمتر، برای خاکهای ماسه‌ای حدود ۱۱۵ گرم وبرای خاکهای لای و رس تقریباً ۶۵ گرم باشد.

۴-۲- جداساز نمونه خاک ابتدا به طریق الک کردن خشک روی الک ۲ میلیمتر انجام شده و سپس خاک باقیمانده روی الک مذکور شستشو می‌شود. خاک باقیمانده روی الک خشک شده و توزین می‌گردد. در صد مواد عبوری و باقیمانده بنابر بند ۱۱-۱ قابل محاسبه خواهد بود.

- صحت عملیات جداسازی را می‌توان از مقایسه وزن اولیه خاک با مجموع خاک خشک شده زیر الک ۲ میلیمتر و باقیمانده روی آن کنترل نمود.

« تعیین دانه بندی خاک مانده روی الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) با استفاده از الک »

۵- مراحل انجام آزمایش

۵-۱- خاک باقیمانده روی الک ۲ میلیمتر به وسیله سری الکهای پیشنهادی صفحه بعد و یا با اضافه کردن الکهای مورد نظر براساس مشخصات، الک شود:

۷۵ میلیمتر (۳ اینچ)	۵۰ میلیمتر (۲اینچ)
۵ر۳۷ میلیمتر (۳/۲اینچ)	۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)
۱۹ میلیمتر (۳/٤ اینچ)	۵ر۹ میلیمتر (۳/۸ اینچ)
۷۵ر٤ میلیمتر (شماره ٤)	

۵-۲- الک کردن خاک با ایجاد حرکتهای افقی وعمودی به همراه حرکتهای ارتعاشی ، به منظور حرکت مداوم دانه ها روی سطح الک ، انجام پذیرد . در هیچ شرایطی استفاده از دست برای عبور دانه ها از الک مجاز نمی‌باشد ، الک کردن خاک تا زمانی که کمتر از ۱ درصد وزن مواد در دقیقه از الک عبور می کند ، ادامه داده شود . در صورت استفاده از وسیله ارتعاش مکانیکی ، لازم است در پایان با استفاده از الک کردن با دست ، و توضیحات فوق الک کردن خاک تکمیل شود .

۵-۳- وزن دانه های باقیمانده روی هر یک از الکها با استفاده از ترازوی مشخص شده (بند ۲-۱) تعیین شود. درنهایت مجموع وزنهای تعیین شده بدین طریق باید تقریباً معادل وزن اولیه خاک الک شده باشد .

«تعیین دانه بندی خاک عبوری ازالک ۲ میلیمتر با استفاده از هیدرومتر و الک »

۶- اصلاحات مربوط به قرائت هیدرومتر

۶-۱- روابط تعیین در صد خاک معلق (بند ۱۳-۳) بافرض استفاده از آب مقطر ویا آب عاری از مواد معدنی می‌باشد و به علت استفاده از ماده جداساز، چگالی محلول حاصل بزرگتر از چگالی آب مقطر شده ولازم است اصلاح مربوطه اعمال شود.

۶-۱-۱- هر دو نوع هیدرومتر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد درجه بندی شده‌اند. در اثر اختلاف دمای محلول از این درجه استاندارد در مقادیر بدست آمده برای درصد خاک معلق خطا بوجود می‌آید. مقدار خطا مستقیماً با افزایش دما افزایش می‌یابد.

۶-۱-۲- هیدرومترها به گونه‌ای درجه‌بندی شده‌اند که مقدار آن باید درست درزیر انحنا سطح‌آب در کنار جداره هیدرومتر قرائت‌شود، عملاً به‌دلیل وجود ذرات‌معلق قرائت‌دقیق بدین‌گونه مقدور نخواهد بود. درنتیجه درجه دربالای انحنا قرائت شده و ضریب اصلاح مربوطه

اعمال شود.

۶-۱-۳- جمع جبری اصلاحات در سه مورد نام برده شده فوق به عنوان اصلاح کلی تعیین می شود ویا می‌توان به صورت تجربی این مقدار را تعیین کرد.

۶-۲- برای سهولت کار می‌توان از جداول تهیه شده در تعیین ضرایب اصلاح استفاده نمود.

۶-۳- محلول ۱۰۰۰ میلی لیتر از مخلوط آب مقطر یا آب عاری از مواد معدنی با ماده جداساز به نسبت مورد نظر برای آزمایش هیدرومتری تهیه شود. محلول در استوانه ته نشینی و استوانه درظرف نگهداری آب با دمای ثابت قرار داده شود. هنگامی که دمای محلول ثابت شد، هیدرومتر را در آن قرارداده، مدت کوتاهی برای یکسان شدن دمای هیدرومتر با محلول صبر نموده، سپس درجه هیدرومتر دربالای انحنا مایع قرائت شود. در مورد هیدرومتر نوع ۱۵۱H مقدار اصلاح کلی، برابر است با تفاوت مقدار قرائت شده با عدد یک و در مورد هیدرومتر نوع ۱۵۲H مقدار اصلاح کلی، مقدار تفاوت عدد قرائت شده با صفر خواهد بود. سپس دمای محلول و هیدرومتر را به مقدار مورد نظر تغییر داده وبار دیگر عدد اصلاح کلی تعیین شود.

۷- تعیین رطوبت - پس از برداشتن نمونه توزین شده‌برای اجرای آزمایش هیدرومتر، قسمت دیگر نمونه به وزن تقریبی ۱۰ الی ۱۵ گرم در قوطی شیشه‌ای ویا فلزی قرار داده شده وپس از خشک وثابت شدن وزن در گرمخانه تحت دمای ۵ ± ۱۱۰ درجه سانتیگراد، باردیگر توزین وزنهای بدست آمده یادداشت شود.

۸- جداسازی نمونه

۸-۱- نمونه در هوا خشک شده، در صورتی که عمده ذرات خاک رس ولای باشد، باید به وزن تقریبی ۵۰ گرم ودر صورت ماسه‌ای بودن به وزن تقریبی ۱۰۰ گرم اختیار گردد.

۸-۲- نمونه را در بشر قرار داده و ۱۲۵ میلی لیتر محلول ۴۰ گرم در لیتر، هگزا متافسفات سدیم به آن اضافه میشود. ظرف را تکان داده تا نمونه کاملاً خیس شود و برای حداقل ۱۶ ساعت غوطه ور باقی بماند.

۸-۳- درپایان مدت خیس خوردن، نمونه با استفاده از یکی از مخلوط کن های نوع «الف» ویا «ب» مخلوط شود. در صورت استفاده از نوع «الف» مخلوط آب و خاک را از بشر به

جام وسیله مخلوط کن (شکل ۲) انتقال داده وباقیمانده خاک را با استفاده از آب مقطر ویا آب عاری از مواد معدنی از بشر شسته و به جام مخلوط کن منتقل شود. در صورت نیاز ، آب مقطر به مقداری افزوده شود تا بیش از نیمی از جام مخلوط کن پر گردد.
مجموع آب وخاک به مدت یک دقیقه مخلوط شود.

- عمل شستشو بهتر است با استفاده از آبفشان بزرگ که کاملاً قابل کنترل می‌باشد ، انجام گیرد، بدین منظور می‌توان از بطری‌های پلاستیکی دارای لوله باریک متصل به آن، نیز استفاده نمود.

۸-۴- در صورت استفاده از مخلوط کن «ب» (شکل ۳) سرپوش مخلوط کن را برداشته وبه وسیله لوله پلاستیکی مخلوط کن به مخزن کمپرسور هوا متصل شود. لازم است یک عدد هواسنج بین مسیر میان جام مخلوط کن و شیر کنترل قرارداده شود. شیر کنترل به گونه‌ای باز شود که هواسنج فشاری معادل ۷ کیلو پاسکال (معادل ۱ psi) را نشان دهد. سپس مخلوط (به طور کامل با آب مقطر) از بشر به جام مخلوط کن منتقل شده ودر صورت نیاز مقداری آب مقطر به آن اضافه شود تا حجم کل مخلوط داخل جام، ۲۵۰ میلی لیتر ونه بیشتر، گردد.

- ایجاد فشار هوای اولیه ۷ کیلو پاسکال برای جلوگیری از ورود مخلوط آب وخاک به ظرف مخزن هوا، هنگام انتقال مخلوط به جام مخلوط کن، اجباری است.

۸-۵- سرپوش مخلوط کن را قرار داده وشیر کنترل هوا تادرجه فشار ۱۴۰ کیلوپاسکال (۲۰ psi) باز شود. مدت اختلاط مجموع آب وخاک به شرح زیر اختیار گردد:

مدت مخلوط شدن مواد، دقیقه	دامنه خمیری (%)
۵	کمتر از ۵
۱۰	۶ الی ۲۰
۱۵	بیش از ۲۰

خاک حاوی مقدار زیادی میکا فقط به مدت یک دقیقه مخلوط شود. پس از خاتمه اختلاط به منظور انتقال مواد به استوانه ته نشینی فشار هوا به مقدار اولیه ۷ کیلو پاسکال باز گردانده شود.

۹- آزمایش هیدرومتر

۹-۱- بلافاصله دوغاب خاک به استوانه شیشه‌ای ته نشینی انتقال داده شده وتاحجم کل ۱۰۰۰ میلی لیتر، آب مقطر به آن اضافه شود.

۹-۲- با استفاده از کف دست ویا سرپوش، سر استوانه پوشانده شده وبه مدت یک دقیقه به دفعات ظرف واژگون وبرگردانده شود تا مواد کاملاً مخلوط شوند. درپایان یک دقیقه استوانه را درمحل مناسبی قرارداده و از ابتدای ته نشین شدن مواد، مقادیر هیدرومتر بنابر فواصل زمانی پیشنهادی زیر قرائت شوند، ۱۴۴۰،۲۵۰،۶۰،۳۰،۱۵،۵،۲ دقیقه. در صورت استفاده از ظرف نگهداری آب بادمای ثابت، انتقال استوانه ته نشینی به این ظرف باید در فاصله زمانی قرائت ۲ و ۵ دقیقه انجام گیرد.

- تعداد دفعات واژگون وبرگرداندن 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.

۹-۳- لازم است هیدرومتر مورد استفاده ۲۰ الی ۲۵ ثانیه قبل از زمان مورد نظر قرائت، به دقت در ارتفاع تقریبی، در استوانه ته نشینی قرارداده شود. پس از انجام قرائت بار دیگر هیدرومتر به دقت ازمایع خارج شده و در آب مقطر موجود در ظرف استوانه‌ای پیش بینی شده به این منظور قرارداده شود.

- در فاصله بین هر دو قرائت، ضروری است که هیدرومتر از مایع خارج شود. همچنین لازم است قرائت ها بر مبنای بالای انحنا حاصل در دوره جداره هیدرومتر انجام شوند.

۹-۴- بعد از هر قرائت به وسیله دماسنج، درجه حرارت مخلوط معین شود.

۱۰- دانه بندی با استفاده از الک

۱۰-۱- پس از انجام آخرین قرائت هیدرومتر مواد معلق با استفاده از آب معمولی روی الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر شسته شود تا آنجا که آب عبوری از الک کاملاً تمیز باشد. مواد باقیمانده برروی الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر به ظرف مناسبی انتقال داده شده ودر گرمخانه تحت دمای ۵ ± ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شده وبا استفاده از الکهای مناسب دانه بندی شود.

۱۱- محاسبات

محاسبه دانه بندی ذرات درشت تر از الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰)

۱۱-۱- برای بدست آوردن درصد ذرات عبوری از الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰)، نسبت وزن ذرات عبوری از الک را به مقدار اولیه خاک بدست آورده، در عدد صد ضرب شود. وزن ذرات عبوری برابر است با تفاوت وزن اولیه خاک با وزن خاک مانده بر الک ۲ میلیمتر.

۱۱-۲- برای محاسبه وزن کل مواد عبوری از الک ۷۵ر۴ میلیمتر (شماره ۴)، به وزن مقدار خاک عبوری از الک ۲ میلیمتر، وزن مقدار عبوری از الک ۷۵ر۴ میلیمتر ومانده بر الک ۲ میلیمتر اضافه شود.

برای محاسبه وزن کل خاک عبوری از الک ۵ر۹ میلیمتر (۳/۸ اینچ)، به وزن کل خاک عبوری از الک ۷۵ر۴ میلیمتر (شماره ۴)، وزن قسمت عبوری از الک ۵ر۹ میلیمتر و مانده بر الک ۷۵ر۴ میلیمتر اضافه شود.

برای محاسبه وزن کل خاک عبوری از هریک از الکها نیز به همین ترتیب عمل شود.

۱۱-۳- برای تعیین درصد مقدار عبوری از هر الک، نسبت کل وزن خاک عبوری از الک را (بند ۱۱-۲) به وزن کل نمونه بدست آورده، در عدد صد ضرب شود.

۱۲- ضریب اصلاح رطوبت محیط

۱۲-۱- ضریب اصلاح رطوبت محیط برابر است با نسبت وزن نمونه خشک شده در گرمخانه و وزن نمونه خشک شده در هوا قبل از قرار دادن آن در گرمخانه غالباً عدد بدست آمده کوچکتر از یک خواهد بود مگر آنکه رطوبت در محیط وجود نداشته باشد.

۱۳- درصد خاک معلق

۱۳-۱- برای محاسبه وزن خاک خشک شده در گرمخانه، در روش هیدرومتری، باید وزن خاک خشک شده در هوا در ضریب اصلاح رطوبت محیط ضرب شود.

۱۳-۲- برای تعیین وزن کل نمونه استفاده شده در محاسبات هیدرومتری وزن نمونه خشک شده در گرمخانه (بند ۱۳-۱) بر درصد عبوری از الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) تقسیم شده حاصل آن در عدد صد ضرب شود. این مقدار برابر است با w وزن استفاده شده در فرمول محاسبات درصد خاک معلق.

۱۳-۳- درصد خاک معلق در سطحی که هیدرومتر چگالی مخلوط را قرائت می‌کند، عبارتست از هیدرومتر نوع ۱۵۱H $P = \{(\frac{100,000}{W}) * \frac{G_s}{(G_s - G_1)}\}(R - G_1)$

- نتیجه داخل کروشه رابطه هیدرومتر نوع ۱۵۱H وبرای یک سری قرائت، عددی ثابت بوده و می‌توان مقدار آن را محاسبه نموده و در هر مورد در پرانتز بعدی ضرب نمود.

هیدرومتر نوع ۱۵۲H $P = (\frac{Ra}{W}) \times 100$

که :

a = ضریب اصلاح هیدرومتر نوع ۱۵۲H (جدول ۱)

P = درصد خاک معلق در سطح قرائت وزن مخصوص به وسیله هیدرومتر

R = عدد قرائت هیدرومتربا اعمال مقدار اصلاح کلی (بخش ۶)

W = وزن خاک خشک شده در گرمخانه (بند ۱۳-۲) گرم

G_s = چگالی ذرات خاک

G_1 = چگالی محلول که ذرات خاک در آن معلق می‌باشند و آن عدد یک فرض شده است .

۱۴- قطر ذرات خاک

۱۴-۱- قطر معادل بادرصد ذرات معلق داده شده به وسیله قرائت هیدرومتر، برحسب قانون استوکس محاسبه می‌شود. بنابراین قانون استوکس ذره‌ای با قطر معین به هنگام ته نشین شدن و تعلیق در سطحی است که هیدرومتر وزن مخصوص مخلوط را قرائت می‌کند وآن عبارتست از :

$$D = \sqrt{\{\frac{30\,n}{980(G_s - G_1)}\} \times \frac{L}{T}}$$

که:

D = قطر ذره ، میلیمتر

n = ویسکوزیته مایع (در این حالت آب)، پویز، که بنابر تغییردما تغییر می‌کند.

L = فاصله سطح مخلوط تا عمق قرائت وزن مخصوص، سانتیمتر

در موردهیدرومترنوع معین و استوانه ته نشینی، مقادیر L بنابر مقادیر قرائت هیدرومتر تغییر می‌کند. این فاصله به عنوان عمق موثر نیز نامیده می‌شود (جدول ۲).

T = فاصله زمانی از آغاز عمل ته نشینی تا لحظه قرائت هیدرومتر، دقیقه

G_s = چگالی ذرات خاک

G_1 = چگالی (وزن مخصوص نسبی) مایع وبرابر با یک است.

- قانون استوکس بر اساس محاسبه و حالت ذرات کروی است در نتیجه مقدار بدست آمده برابر است با قطر ذره کروی که سرعت آن معادل سرعت سقوط ذره خاک است.

۱۴-۲- برای سهولت محاسبه، رابطه بالا را به صورت زیر می‌توان نوشت:

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

که:

K = ضریب ثابت برحسب دمای مخلوط و چگالی ذرات خاک (جدول ۳)، مقدار K برای یک سری قرائت تغییر نخواهد کرد حال آنکه مقادیر L و T تغییر می کنند.

۱۵- محاسبه دانه بندی برای ذرات ریزتر از الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰)

۱۵-۱- محاسبه درصد عبوری خاک از الکهای مختلف، در روش هیدرومتری، مراحل گوناگونی دارد.

مرحله اول عبارتست ازمحاسبه وزن خاک مانده بر الک ۲ میلیمتر، وزن این خاک برابر است با حاصلضرب درصد کل خاک باقیمانده برالک ۲ میلیمتر (عدد صد منهای درصد خاک عبوری از همین الک) در وزن کل نمونه (بند ۱۳-۲) تقسیم بر عدد صد.

۱۵-۲- سپس مقدار کل خاک عبور کرده از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر محاسبه شود. کلیه وزنهای مواد باقیمانده بر الکها از جمله الکها از جمله الک ۲ میلیمتر جمع شده و از وزن کل نمونه (بند ۱۳-۲) کم شود.

۱۵-۳- سپس مقادیر عبور کرده از هریک از الکها بنابر روش بند (۱۱-۲) محاسبه شوند.

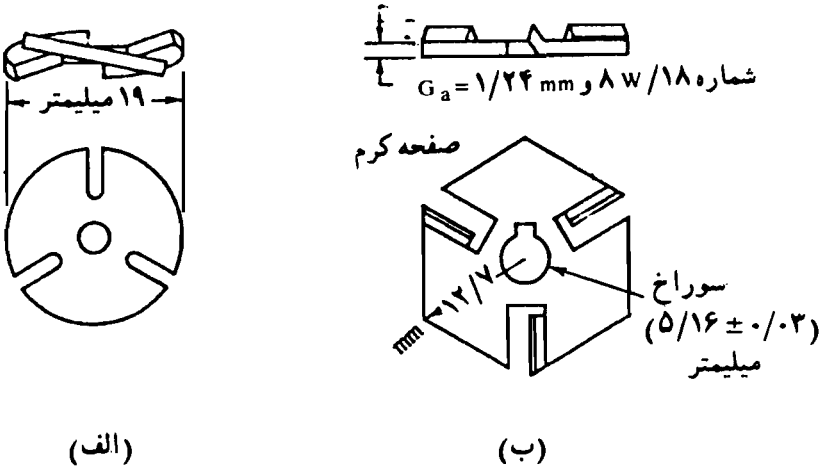
۱۵-۴- درصد کل مقدارخاک عبوری برابراست با نسبت وزن کل مقدار عبوری بند (۱۵-۳) به وزن کل نمونه (۱۳-۲) ضربدر عدد صد.

۱۶- منحنی (نمودار)

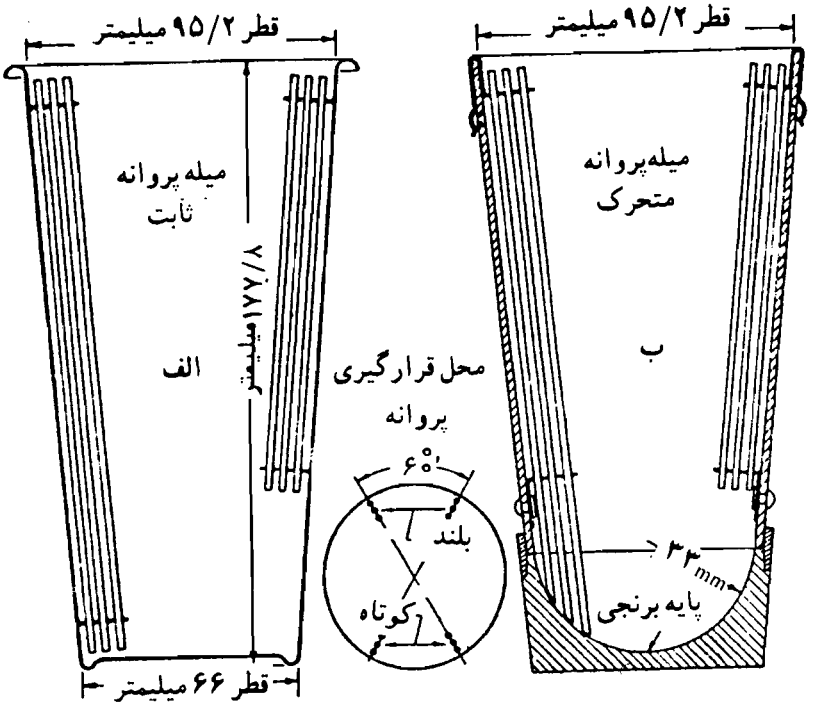
۱۶-۱- در صورت انجام آزمایش هیدرومتری نتایج به صورت منحنی ترسیم می‌شود. برای رسم منحنی قطر ذرات روی محور طولها که به صورت لگاریتمی است ودرصد ذرات عبوری

روی محور عرضها که به صورت ساده است، منتقل می‌شود.

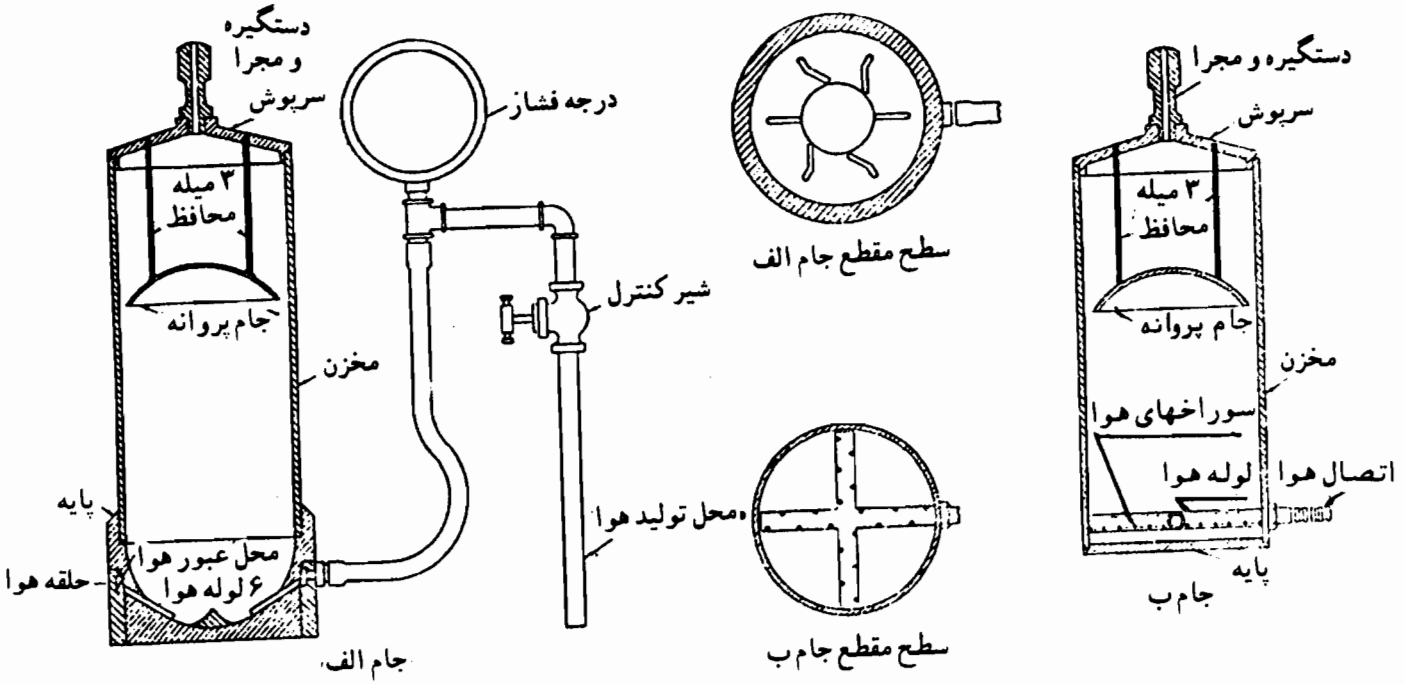
در صورتی که روش هیدرومتر انجام نشده باشد، رسم منحنی اختیاری است، زیرا کلیه اطلاعات از جدول برگ دانه بندی بدست می‌آید.



شکل (۱) جزئیات پروانه مخلوط کن

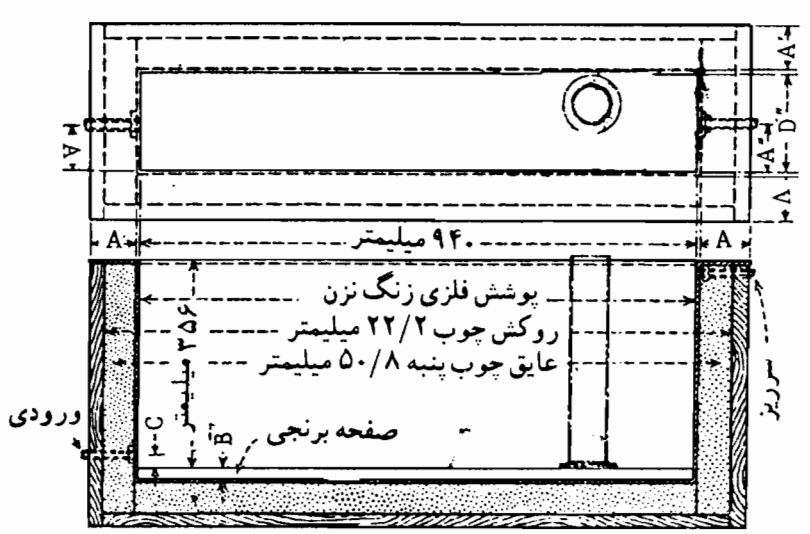


شکل (۲) جزئیات جام مخلوط کن



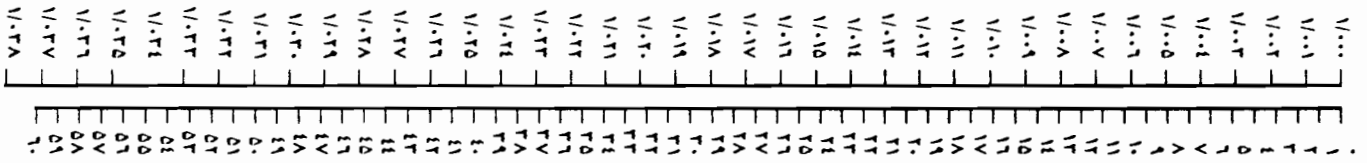
شکل (۳) جزئیات جام مخلوط کن

حروف	میلیمتر
A	۷۶/۲
B	۲۲/۲
C	۲۵/٤
D	۱۵۸/۲



شکل (۴) مشخصات ظرف نگهداری آب با دمای ثابت

درجه بندی نوع ب



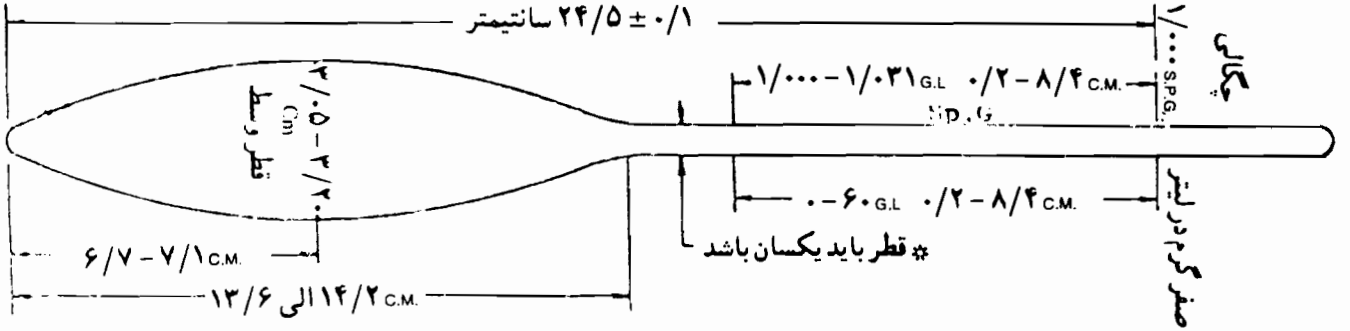
درجه بندی نوع الف

درجه‌بندی براساس چگالی (نوع ب) به گونه‌ای است که در دمای ۲۰ سانتیگراد عدد ۱/۰۰۰ قرائت شود و می‌توان مقدار درجه‌بندی را از ۰/۹۹۵ الی ۱/۰۳۸ گسترش داد، درجه‌بندی براساس گرم‌درلیتر (نوع الف) نیز می‌تواند از ۵- الی ۶۰ گرم در لیتر قرائت شود. حباب هیدرومتر باید در بالا و پائین قطر وسط متقارن باشد.

* قطر میله هیدرومتر ممکن است برای تطبیق دادن طول درجه بندی مورد نظر تغییر داده شود ولی باید دقت شود که این قطر از بالا تا پائین میله باید در هر حال یکسان باشد.

هیدرومتر با درجه‌بندی نوع ب هیدرومتر H ۱۵۱ خواهد بود.

هیدرومتر با درجه‌بندی نوع الف هیدرومتر H ۱۵۲ خواهد بود.



شکل (۵) جزئیات هیدرومتر

ضریب اصلاحی، a*	چگالی، G_s
۰/۹٤	۲/۹۵
۰/۹۵	۲/۹۰
۰/۹٦	۲/۸۵
۰/۹۷	۲/۸۰
۰/۹۸	۲/۷۵
۰/۹۹	۲/۷۰
۱/۰۰	۲/٦۵
۱/۰۱	۲/٦۰
۱/۰۲	۲/۵۵
۱/۰۳	۲/۵۰
۱/۰٤	۲/٤۵

* برای استفاده در رابطه مقدار درصد خاک معلق درصورت استفاده از هیدرومتر نوع ۱۵۲H

جدول (۱) : مقادیر ضریب اصلاحی a، برای چگالی های مختلف خاک

جدول (۲) مقادیر عمق موثر براساس نوع هیدرومتر و استوانه ته‌نشین مشخص

هیدرومتر نوع H ۱۵۲				هیدرومتر نوع H ۱۵۱			
مقدار عمق مؤثر L / cm	قرائت حقیقی هیدرومتر R_C	مقدار عمق مؤثر L / cm	قرائت حقیقی هیدرومتر R_C	مقدار عمق مؤثر L / cm	قرائت حقیقی هیدرومتر R_c	مقدار عمق مؤثر L / cm	قرائت حقیقی هیدرومتر R_C
۱۱/۲	۳۱	۱۶/۳	۰	۸/۱	۱/۰۳۱	۱۶/۳	۱/۰۰۰
۱۱/۱	۳۲	۱۶/۱	۱	۷/۸	۱/۰۳۲	۱۶/۰	۱/۰۰۱
۱۰/۹	۳۳	۱۶/۰	۲	۷/۶	۱/۰۳۳	۱۵/۸	۱/۰۰۲
۱۰/۷	۳۴	۱۵/۸	۳	۷/۳	۱/۰۳۴	۱۵/۵	۱/۰۰۳
۱۰/۶	۳۵	۱۵/۶	۴	۷/۰	۱/۰۳۵	۱۵/۲	۱/۰۰۴
۱۰/۴	۳۶	۱۵/۵	۵	۶/۸	۱/۰۳۶	۱۵/۰	۱/۰۰۵
۱۰/۲	۳۷	۱۵/۳	۶	۶/۵	۱/۰۳۷	۱۴/۷	۱/۰۰۶
۱۰/۱	۳۸	۱۵/۲	۷	۶/۲	۱/۰۳۸	۱۴/۴	۱/۰۰۷
۹/۹	۳۹	۱۵/۰	۸			۱۴/۲	۱/۰۰۸
۹/۷	۴۰	۱۴/۸	۹			۱۳/۹	۱/۰۰۹
۹/۶	۴۱	۱۴/۷	۱۰			۱۳/۷	۱/۰۱۰
۹/۴	۴۲	۱۴/۵	۱۱			۱۳/۴	۱/۰۱۱
۹/۲	۴۳	۱۴/۳	۱۲			۱۳/۱	۱/۰۱۲
۹/۱	۴۴	۱۴/۲	۱۳			۱۲/۹	۱/۰۱۳
۸/۹	۴۵	۱۴/۰	۱۴			۱۲/۶	۱/۰۱۴
۸/۸	۴۶	۱۳/۸	۱۵			۱۲/۳	۱/۰۱۵
۸/۶	۴۷	۱۳/۷	۱۶			۱۲/۱	۱/۰۱۶
۸/۴	۴۸	۱۳/۵	۱۷			۱۱/۸	۱/۰۱۷
۸/۳	۴۹	۱۳/۳	۱۸			۱۱/۵	۱/۰۱۸
۸/۱	۵۰	۱۳/۲	۱۹			۱۱/۳	۱/۰۱۹
۷/۹	۵۱	۱۳/۰	۲۰			۱۱/۰	۱/۰۲۰
۷/۸	۵۲	۱۲/۹	۲۱			۱۰/۷	۱/۰۲۱
۷/۶	۵۳	۱۲/۷	۲۲			۱۰/۵	۱/۰۲۲
۷/۴	۵۴	۱۲/۵	۲۳			۱۰/۲	۱/۰۲۳
۷/۳	۵۵	۱۲/۴	۲۴			۱۰/۰	۱/۰۲۴
۷/۱	۵۶	۱۲/۲	۲۵			۹/۷	۱/۰۲۵
۷/۰	۵۷	۱۲/۰	۲۶			۹/۴	۱/۰۲۶
۶/۸	۵۸	۱۱/۹	۲۷			۹/۲	۱/۰۲۷
۶/۶	۵۹	۱۱/۷	۲۸			۸/۹	۱/۰۲۸
۶/۵	۶۰	۱۱/۵	۲۹			۸/۶	۱/۰۲۹
		۱۱/۴	۳۰			۸/۴	۱/۰۳۰

مقادیر عمق موثر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

که:

L = عمق موثر، سانتیمتر

L_1 = فاصله بالای شیشه هیدرومتر تا محل علامت قرائت هیدرومتر، سانتیمتر

L_2 = طول کلی شیشه هیدرومتر، سانتیمتر

$V\beta$ = حجم شیشه هیدرومتر، سانتیمتر مکعب

A = سطح مقطع استوانه ته‌نشینی، سانتیمتر مربع

و برای هر دو نوع هیدرومتر مقادیر بالا عبارتند از:

$A = 27.8\ Cm^2$

$L_2 = 14.0\ Cm$

$V\beta = 67.0\ Cm^3$

برای هیدرومتر نوع H ۱۵۱:

L_1 = ۱۰/۵ سانتیمتر برای قرائت ۱/۰۰۰

L_1 = ۲/۳ سانتیمتر برای قرائت ۱/۰۳۱

برای هیدرومتر نوع H ۱۵۲:

L_1 = ۱۰/۵ سانتیمتر برای قرائت صفر گرم بر لیتر

L_1 = ۲/۳ سانتیمتر برای قرائت ۵۰ گرم بر لیتر

دما، سانتیگراد	چگالی خاک								
	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	۰/۰۱۴۲۹	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

جدول (۳) مقادیر ضریب K ،برای استفاده در رابطه اندازه قطر ذرات در روش هیدرومتری

برگ اطلاعات :شماره ۵:

نام پروژه: شماره حفاری: نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه: درجه حرارت گرمخانه: تاریخ انجام آزمایش:

محل انجام پروژه: مشخصات ظاهری خاک:

دانه بندی خاک بطریقه مکانیکی:

W_1	وزن قوطی + نمونه خشک شده		
W_2	وزن قوطی		
$W_s = (W_1 - W_2)$	وزن نمونه خشک شده		

شماره الک	چشمه الک (میلیمتر)	وزن الک (گرم)	وزن الک + خاک (گرم)	وزن نمونه مانده بر الک (گرم)	درصد نمونه مانده بر الک	مجموع درصد نمونه مانده بر الک	درصد خاک عبوری

برگ اطلاعات ؛شماره ٦ :

نام پروژه: شماره حفاری: نام انجام دهنده آزمایش :

شماره پروژه: درجه حرارت گرمخانه: تاریخ انجام آزمایش :

محل انجام پروژه: مشخصات ظاهری خاک:

دانه بندی خاک به روش هیدرومتری:

شماره هیدورمتر : ضریب اصلاح ،a: چگالی خاک ، G_s :

نوع ماده جداساز : مقدار اصلاح کلی: وزن نمونه ،W :

مقدار ماده جداساز :

قطر ذرات، D بمیلیمتر	ضریب K جدول ۳	L / t	عمق مؤثر، L جدول ۲	درصد ذرات ریز دانه، P	قرائت اصلاح شده، R	قرائت حقیقی هیدرومتر R	دما، سانتیگراد	زمان گذشته بر هر قرائت (دقیقه)	زمان هر قرائت (ساعت)	تاریخ

نمودار دانه‌بندی:

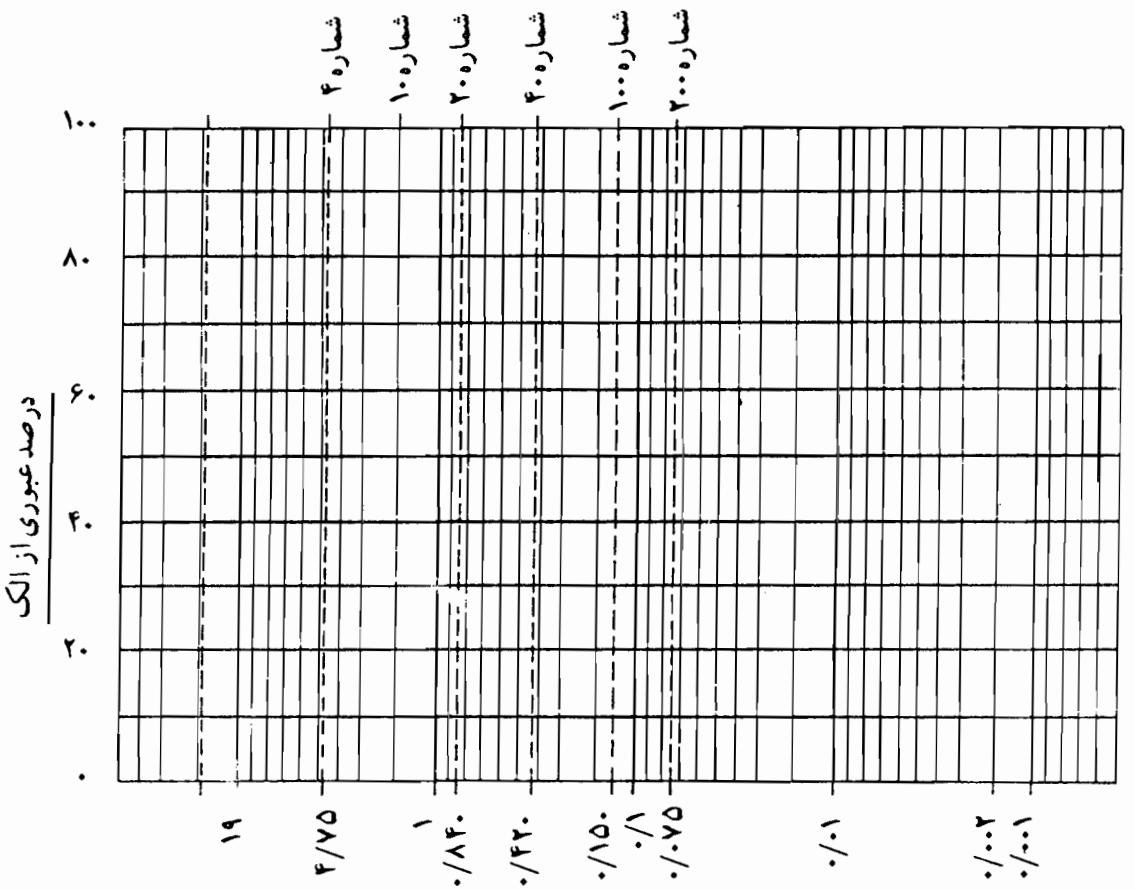
نام پروژه: شماره حفاری: نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه: درجه‌حرارت گرمخانه تاریخ آزمایش:

محل انجام پروژه:

		ماسه		شن
رس	لای	ریز	درشت تا متوسط	

اندازه‌های الک (استاندارد امریکا)



(قطر) اندازه ذرات، میلیمتر

خواص ظاهری خاک،

طبقه‌بندی خاک:

سیستم طبقه‌بندی:

طبقه بندی خاك

مقدمه :

با استفاده از طبقه بندی خاک، شناخت وتشخیص انواع گوناگون خاک وخواص مشخصه هریک امکان پذیر می گردد. برای طبقه بندی روشهای گوناگونی پیشنهاد شده است، اما باید توجه داشت که گروه خاک همواره قبل از انجام طبقه بندی بنابر مشخصات ظاهری خاک (رنگ، دانه‌بندی و...) تخمین زده شود.

برای جلوگیری از هرگونه خطا، باید ذرات خاک از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر (شماره ۲۰۰) (به طریقه دانه شویی روی الک) عبور داده شوند.

مهمترین روشهای طبقه بندی خاک عبارتند از :

الف - روش طبقه بندی AASHTO

(AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS)

ب - روش طبقه بندی یکنواخت (یونیفاید)

(THE UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM)

ازنتایج آزمایشهای حدود اتربرگ، دانه بندی و توزیع دانه‌ها در اکثر موارد طبقه بندی استفاده می‌شود.

الف - روش طبقه بندی AASHTO

۱- هدف :

۱-۱- در این روش بر اساس نتایج آزمایش دانه بندی، حد روانی و دامنه خمیری خاک به ۷ گروه تقسیم می‌شود. ارزشیابی خاک در هرگروه به کمک شاخص گروه انجام خواهد شد. با در دست داشتن طبقه خاک وشاخص گروه می‌توان کیفیت نسبی خاک را در سازه‌های خاکی، خاکریزها، اساس و زیر اساس جاده تخمین زد.

در مورد سازه های مهم به اطلاعات بیشتری در زمینه مقاومت وچگونگی رفتار خاک در شرایط محیط نیاز خواهد بود.

۲- مراحل انجام آزمایش:

۲-۱- روش طبقه بندی AASHTO براساس نتایج حاصله از آزمایشهای مقدماتی زیر انجام خواهد شد :

۲-۱-۱- مقدار ذرات عبوری از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر

۲-۱-۲- تجزیه وتحلیل دانه بندی ذرات ریز ودرشت

۲-۱-۳- تهیه و آماده کردن نمونه به روش خشک از خاک دست خورده

۲-۱-۴- دانه بندی خاک

۲-۱-۵- تعیین حد روانی

۲-۱-۶- تعیین حد خمیری و دامنه خمیری خاک

۲-۱-۷- تهیه نمونه به روش مرطوب از خاک دست خورده

۳- طبقه بندی:

طبقه بندی خاک براساس مقادیر محدوده آزمایش وشاخص گروه نشان داده شده در جدول (۱) انجام می‌شود. در صورتی که طبقه بندی مبسوط مورد نیاز باشد زیر گروههای دیگری نیز اختیار می‌شود که در جدول (۲) نشان داده شده است.

۳-۱- طبقه بندی خاک در جدول (۲) نشان داده شده است. حدود تغییرات حد روانی و دامنه خمیری خاکهای A-۴ ، A-۵ ، A-۶ و A-۷ ، در شکل (۱) رسم شده است.

۳-۲- روش انجام طبقه بندی: با دردست داشتن اطلاعات مورد نیاز در جدول (۲) از چپ به

راست حرکت کرده تا گروه مناسبت تعیین گردد. اولین گروه از سمت چپ که با اطلاعات موجود تطبیق خواهد یافت همان گروه اصلی خواهد بود.

کلیه اعدادی که در گزارش ذکر می‌گردند باید به صورت عدد صحیح باشند. مقادیر شاخص گروه همواره در پرانتز و بعد از نام گروه خاک نوشته می‌شوند مانند:

A-2-6(3) , A-4(5) , A-4(12) , A-7-5(17)،.....

۴- تعاریف:

۴-۱- شن: از الک ۷۵ میلیمتر (۳ اینچ) با چشمه های مربع شکل عبور کرده و بر الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) باقی می‌ماند.

۴-۲- ماسه درشت: از الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) عبور کرده و بر الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰) باقی می‌ماند.

۴-۳- ماسه ریز: از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر (شماره ۴۰) عبور کرده و بر الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر (شماره ۲۰۰) باقی می‌ماند.

۴-۴- رس - لای - (مخلوط رس و لای) از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر (شماره ۲۰۰) عبور می‌کند.

۴-۵- قلوه سنگ: بر الک ۷۵ میلیمتر باقی می‌ماند. در صورت مشاهده چنین ذراتی باید آنرا از نمونه‌ای که آزمایش طبقه بندی برآن اجرا می‌شوند، جدا نموده ومقدار درصد آنرا گزارش نمود.

۴-۶- لای: به خاک ریز دانه با دامنه خمیری ۱۰ یا کمتر اطلاق می‌گردد.

۴-۷- رس: به خاک ریز دانه با دامنه خمیری ۱۱ یا بیشتر اطلاق می‌گردد.

۵- تشریح گروههای طبقه بندی خاک در روش AASHTO :

۵-۱- خاک دانه‌ای: ۳۵ درصد آن یا کمتر از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر عبور می‌کند.

- طبقه بندی گروههای مختلف خاک براساس مقدار خاکی است که از الک ۷۵ میلیمتر عبور می‌کند. بنابراین در مشخصات فنی پروژه های خاکی مربوط به استفاده از مصالح گروههای A-۱ ، A-۲ ، ویا A-۳ باید صراحتاً امکان و یا عدم امکان استفاده از مصالحی که حاوی دانه‌های درشت تر از ۷۵ میلیمتر (قلوه سنگ) می‌باشد ، ذکر گردد.

۵-۱-۱- گروه A-۱ : خاک نمونه این گروه شامل مخلوط با دانه بندی خوب خرده سنگ ویا

مخلوط شن، ماسه درشت، ماسه ریز و مواد ریز دانه غیر پلاستیک تا کم پلاستیک است. همچنین این گروه شامل خرده سنگ، شن، ماسه درشت و مواد ریز دانه بدون ماده چسبنده می‌باشد.

۵-۱-۱-۱- زیر گروه A-۱-a: خاک عمدتاً شامل خرده سنگ یا شن همراه یا بدون مواد پر کننده ریزتر با دانه بندی خوب، می‌باشد.

۵-۱-۱-۲- زیر گروه A-۱-b: خاک عمدتاً شامل ماسه درشت همراه یا بدون مواد پر کننده ریزتر با دانه بندی خوب، می‌باشد.

۵-۱-۲- گروه A-۳: خاکهای این گروه عمدتاً ماسه های ریز دانه کنار دریا یا ماسه‌های بادی است. این ماسه‌ها بدون لای و رس ویا با مقدار بسیار کمی لای غیر خمیری (N.P) همراه می‌باشد. همچنین ماسه ریز دانه با دانه بندی بد همراه مقدار کمی ماسه درشت و شن که در جریان های آبی ته نشین می‌شوند، نیز در این طبقه بندی قرار می گیرند.

۵-۱-۳- گروه A-۲ : این گروه شامل خاکهای دانه‌ای است که بین خاکهای گروه A-۱ و A-۳ و خاکهای رس - لای گروههای A-۴ ، A-۵ ، A-۶ و A-۷ قرار می‌گیرند.

ضوابط این خاکها بدین قرار است که حداکثر ۳۵ درصد ذرات آن از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور کرده ویا دامنه خمیری آنها از محدوده مناسب برای گروههای A-۱ و A-۳ بیشتر باشد.

۵-۱-۳-۱- زیر گروههای A-۲-۴ و A-۲-۵: شامل خاکهای دانه‌ای است که حداکثر ۳۵ درصد ذرات آن از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور کرده و ضمناً خصوصیت ذرات کوچکتر از ۰٫۴۲۵ میلیمتر آن منطبق با ضوابط خاکهای گروههای A-۴ و A-۵ باشد.

خاکهایی چون شن وماسه درشت دانه که مقدار لای یا دامنه خمیری آن بیش از محدوده گروه A-۱، و ماسه ریز دانه که لای آن غیر خمیری بوده ومقدار آن بیش از محدوده گروه A-۳ باشند، در زیر گروههای فوق طبقه بندی می‌شوند.

۵-۱-۳-۲- زیر گروههای A-۲-۶ و A-۲-۷: شامل خاکهای دانه‌ای شبیه به آنچه که برای زیر گروههای A-۲-۴ و A-۲-۵ تشریح شده، می‌باشند، با این تفاوت که قسمت ریز دانه آن رسی بوده ودارای خواص گروه A-۶ یا A-۷ می‌باشد.

۵-۲- خاکهای رس - لای: این خاکها حاوی بیش از ۳۵ درصد ذرات عبوری از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر می‌باشد.

۵-۲-۱- گروه A-۴ : خاکهای معرف این گروه لای غیر خمیری ویا با خاصیت خمیری متوسط

بوده که عمدتاً بیش از ۷۵ درصد ذرات آن از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور می‌کند. مخلوط لای ریز دانه که حاوی حداکثر ۶۴ درصد شن و ماسه درشت تر از ۰٫۰۷۵ میلیمتر باشد نیز در این گروه قرار می‌گیرد.

۵-۲-۲- گروه A-۵: شامل خاکهایی است شبیه به آنچه که برای گروه A-۴ تشریح شده است با این تفاوت که مانند خاکهای دیاتومه دار و میکا دار دارای حد روانی بالا بوده و بدین سبب دارای قابلیت ارتجاعی می‌باشد.

۵-۲-۳- گروه A-۶ : خاکهای معرف این گروه رس خمیری که عمدتاً بیش از ۷۵ درصد ذرات آن از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور می‌کند. خاکهایی که حاوی حداکثر ۶۴ درصد شن و ماسه درشت‌تر از ۰٫۰۷۵ میلیمتر باشد نیز در این گروه قرار می‌گیرد. این خاکها غالباً دارای خاصیت تغییر حجم پذیری بسیار زیاد، از تبدیل حالت مرطوب به خشک و یا بالعکس می‌باشد.

۵-۲-۴- گروه A-۷ : شامل خاکهایی است شبیه به آنچه که برای گروه A-۶ تشریح شده است با این تفاوت که حد روانی آن مشابه گروه A-۵ بالا بوده و علاوه برخصوصیت تغییر حجم زیاد، ممکن است ارتجاعی نیز باشد.

۵-۲-۴-۱- زیر گروه A-۷-۵ : شامل خاکهایی است با دامنه خمیری متوسط ($I_p < w_L$ -۳۰)، خاکهای این زیر گروه دارای قابلیت ارتجاعی زیاد بوده وتغییر حجم آن نیز قابل ملاحظه است.

۵-۲-۴-۲- زیر گروه A-۷-۶ : شامل خاکهایی است با دامنه خمیری زیاد ($I_p > w_L$ -30) . خاکهای این گروه دارای قابلیت تغییر حجم بسیار زیاد می‌باشد.

- خاکهای حاوی مقدار زیادی مواد آلی (خاک تورب وخاک کود) در گروه A-۸ طبقه بندی می‌شوند. تشخیص وطبقه‌بندی این نوع خاک بر اساس تشریح‌نظری بوده و ضوابط درصد عبوری از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر، حدروانی و دامنه خمیری خاک اساس ارزشیابی نخواهند بود.

مواد آلی موجود درخاک معمولاً بصورت ذرات و الیاف پوسیده به رنگ قهوه‌ای‌تیره ویا سیاه بوده ودارای بوی‌بدی می‌باشد. این خاکها بعلت قابلیت نشست پذیری و تغییر حجم‌زیاد و مقاومت کم برای استفاده درخاکریز و یا زیراساس کاملاً نامناسب‌است.

۶- شاخص گروه :

۶-۱- شاخص گروه از رابطه (۱) قابل محاسبه می‌باشد:

رابطه (۱) $(G.I) = (F - 35)\{0.2 + 0.005(w_L - 40)\} + 0.01(F - 15)(I_p - 10)$

F = درصد عبوری از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر (عددی است صحیح). این مقدار برحسب مقدار کل خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر تعیین می گردد.

w_L = حد روانی

I_p = دامنه خمیری

۶-۱-۱- در صورتی که شاخص گروه محاسبه شده منفی باشد ،به صورت عدد صفر گزارش می شود.

۶-۱-۲- شاخص گروه باید به صورت نزدیکترین عدد صحیح (عدد گردشده) یادداشت شود.

۶-۲- می‌توان با استفاده از شکل (۲) قسمتی از شاخص گروه را که در رابطه با حد روانی و قسمت دیگر آن را که مرتبط با دامنه خمیری می‌باشد بدست آورده و از مجموع این دو جزء عدد اصلی شاخص گروه را تعیین نمود.

۶-۳- در صورت محاسبه شاخص گروه برای زیر گروههای A-۶-۲ و A-۷-۲ لازم است فقط از قسمت مرتبط با دامنه خمیری در رابطه (۱) ویا شکل (۲) استفاده شود.

۶-۴- نمونه هایی از محاسبه شاخص گروه:

۶-۴-۱- شاخص گروه نمونه‌ای از گروه A-۶ حاوی ۵۵ درصد ذرات کوچکتر از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر وبا حد روانی ۴۰ و دامنه خمیری ۲۵ به شرح زیر تعیین گردد:

شاخص گروه = (۳۵ - ۵۵) {۰٫۲ + ۰٫۰۰۵ (۴۰ - ۴۰)} + ۰٫۰۱ (۱۵ - ۵۵) (۱۰ - ۲۵)

شاخص گروه = ۴٫۰ + ۶٫۰ = ۱۰٫۰

۶-۴-۲- شاخص گروه نمونه‌ای از گروه A-۷ حاوی ۸۰ درصد ذرات کوچکتر از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر و حد روانی ۹۰ و دامنه خمیری ۵۰ به شرح زیر تعیین می گردد:

شاخص گروه = (۳۵ - ۸۰) {۰٫۲ + ۰٫۰۰۵ (۴۰ - ۹۰)} + ۰٫۰۱ (۱۵ - ۸۰) (۱۰ - ۵۰)

شاخص گروه = ۲۰٫۳ + ۲۶٫۰ = ۴۶٫۳ ≈ ۴۶

۶-۴-۳- شاخص گروه نمونه‌ای از گروه A-۴ حاوی ۶۰ درصد ذرات کوچکتر از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر و حد روانی ۲۵ و دامنه خمیری ۱ به شرح زیر تعیین می گردد:

(۱۰-۱) (۱۵-۶۰) ۰ر۰۱+ { (۴۰-۲۵) ۰ر۰۰۵+ ۰ر۰۲ } (۳۵-۶۰) = شاخص گروه

(۹-) (۴۵) ۰ر۰۱+ (۷۵٪-۲ر۰) ۲۵ = شاخص گروه

عدد صفر گزارش می‌شود ۰ ≈ ۰ر۱- = ۱ر۴ - ۱ر۳ = شاخص گروه

۶-۴-۴ شاخص گروه نمونه‌ای از گروه A-۲-۷ حاوی ۳۰ درصد ذرات کوچکتر از الک ۰ر۰۷۵ میلیمتر وحد روانی ۵۰ و دامنه خمیری ۳۰ به شرح زیر تعیین می گردد:

(۱۰-۳۰) (۱۵-۳۰) ۰ر۰۱ = شاخص گروه

۳ر۰ = شاخص گروه

قابل ذکر است که فقط از قسمت مرتبط با (I_P) دامنه خمیری رابطه (۱) استفاده شده است.

۷- مبانی رابطه تعیین شاخص گروه

۷-۱- رابطه تعیین شاخص گروه برای تفکیک و طبقه بندی بین «خاکهای دانه‌ای رس دار» و «خاکهای رس - لای» بر اساس مفروضات زیر می‌باشد:

۷-۱-۱- خاکهای گروههای A-۱-a و A-۱-b، A-۲-۴، A-۲-۵ و A-۳ در صورت زهکشی شدن وتراکم خوب برای بستر جاده در زیر رو سازی با ضخامت متوسط، اساس ویا لایه فوقانی، برای تحمل ترافیک مناسب خواهند بود، و با افزودن مقدار کمی تثبیت کننده‌های طبیعی ویا مصنوعی بعنوان لایه مناسب ورضایت بخش قابل استفاده خواهد بود.

۷-۱-۲- خاکهای دانه‌ای رس دار گروههای A-۲-۶ و A-۲-۷ و خاکهای رس -لای گروههای A-۴، A-۵، A-۶، A-۷ به عنوان بستر جاده وتحمل ترافیک بین درجه خوب (مشابه گروههای A-۲-۴ و A-۲-۵) تا نسبتاً مناسب وضعیف، که نیاز به لایه زیر اساس و با افزایش ضخامت اساس نسبت به بند (۷-۱-۱) دارند، تغییر می‌نماید.

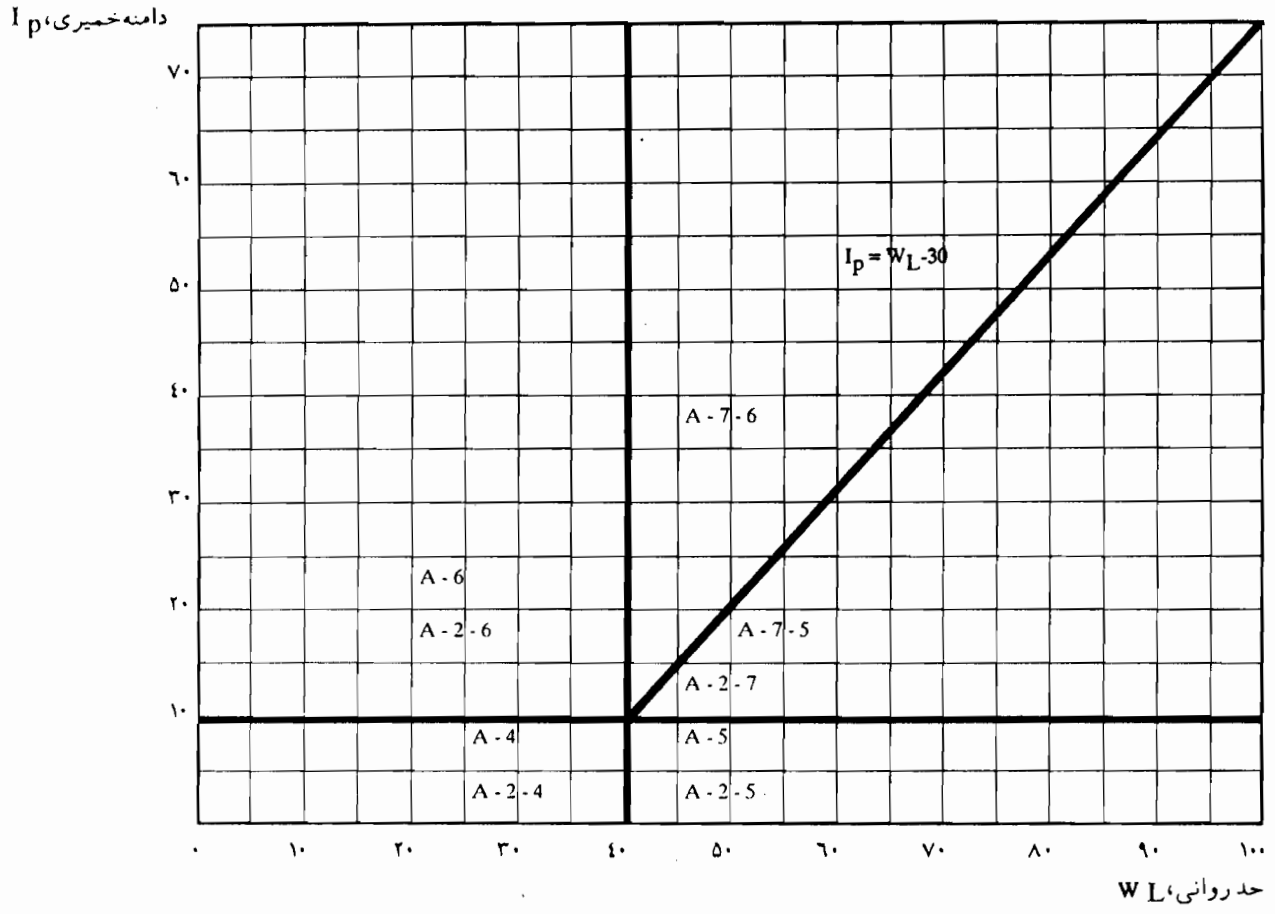
۷-۱-۳- حداقل مقدار بحرانی مواد عبوری از الک ۰ر۰۷۵ میلیمتر بدون در نظر گرفتن دامنه خمیری ۳۵ درصد تعیین شده است. این مقدار در ارتباط با دامنه های خمیری بالاتر از ۱۰، برابر ۱۵ درصد در نظر گرفته شده است.

۷-۱-۴- حد روانی ۴۰ و بیشتر از آن بحرانی فرض شده است.

۷-۱-۵- دامنه خمیری ۱۰ وبیشتر از آن بحرانی فرض شده است

۷-۱-۶- در مورد خاکهای غیر خمیری (N.P) و خاکهایی که حد روانی آنها قابل تعیین نمی‌باشد، شاخص گروه عدد صفر در نظر گرفته می‌شود.

۷-۲- حد بالا در تعیین شاخص گروه برای رابطه (۱) ، وجود ندارد.
مقادیر بحرانی تعیین شده فوق، برای در صد عبوری از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر، حد روانی و دامنه خمیری بر مبنای ارزیابی های گوناگون انجام شده بر روی بستر، زیر اساس و اساس، توسط چندین موسسه راه که بر این مبنا آزمایش انجام داده اند، می‌باشند.
۷-۳- تحت شرایط زهکشی خوب وتراکم کامل، درجه مناسب بودن خاک به عنوان بستر جاده نسبت به عدد شاخص گروه رابطه معکوس دارد. به عبارت دیگر شاخص گروه «صفر» نشان دهنده بستر جاده «خوب» وشاخص گروه «۲۰» یا بیشتر معرف بستر جاده «بسیار ضعیف» خواهد بود.



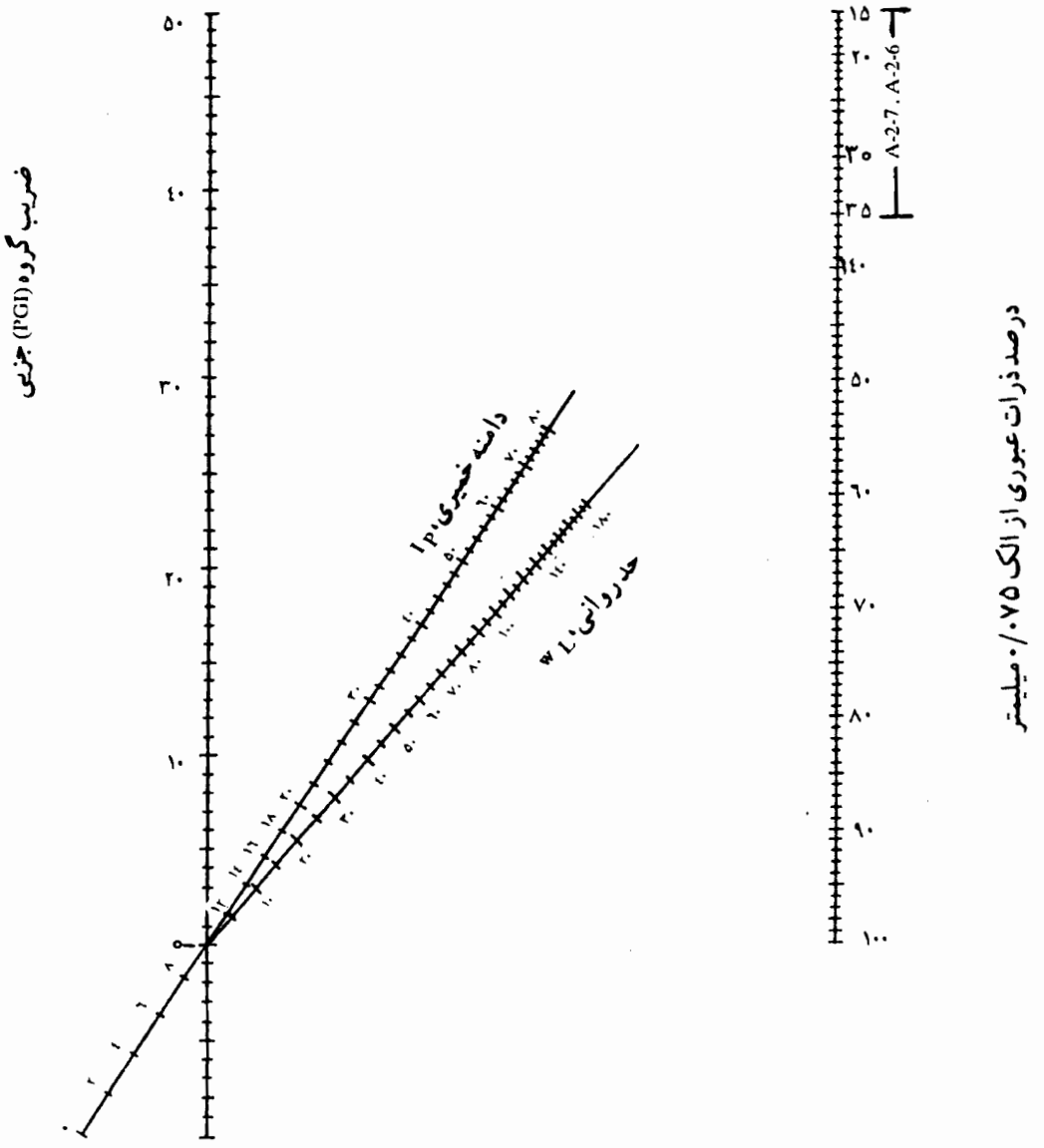
شکل (۱) محدوده حد روانی و دامنه خمیری خاکهای رس - لای دار

جدول(۲)طبقه‌بندی خاک در روش AASHTO

طبقه‌بندی عمومی	مواد دانه‌دار (۳۵ درصد یا کمتر ذرات عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر)							مواد رس-لای‌دار (بیش از ۲۵ درصد ذرات عبوری از ۰/۰۷۵ میلیمتر)			
گروههای طبقه‌بندی	A-۱		A-۳	A-۲				A-۴	A-۵	A-۶	A-۷
	A-۱-a	A-۱-b		A-۲-۴	A-۲-۵	A-۲-۶	A-۲-۷				A-۷-۵ A-۷-۶
دانه‌بندی، درصد عبوری از الک:											
(شماره ۱۰) ۲/۰۰ میلیمتر	حداکثر ۵۰										
(شماره ۴۰) ۰/۴۲۵ میلیمتر	حداکثر ۳۰	حداکثر ۵۰	حداکثر ۵۱								
(شماره ۲۰۰) ۰/۰۷۵ میلیمتر	حداکثر ۱۵	حداکثر ۲۵	حداکثر ۱۰	حداکثر ۳۵	حداکثر ۳۵	حداکثر ۳۵	حداکثر ۳۵	حداکثر ۳۶	حداکثر ۳۶	حداکثر ۳۶	حداکثر ۳۶
حدروانی، LL				حداکثر ۴۰	حداقل ۴۱	حداکثر ۴۰	حداقل ۴۱	حداکثر ۴۰	حداقل ۴۱	حداکثر ۴۰	حداقل ۴۱
ضریب خمیری، I_p	حداکثر ۶		غیرخمیری N.P.	حداکثر ۱۰	حداقل ۱۰	حداقل ۱۱	حداقل ۱۱	حداکثر ۱۰	حداکثر ۱۰	حداقل ۱۱	حداقل ۱۱
مواد معمول متعلق به هر گروه	خرده‌سنگ، شن و ماسه		ماسه ریز	شن و ماسه رسی یا لای‌دار				لای		رس	
درجه‌بندی به عنوان بستر جاده	عالی تا خوب							نسبتاً مناسب تا ضعیف			

* ضریب خمیری زیر گروه A-۷-۵ برابر یا کمتر از حدروانی منهای ۳۰، ضریب خمیری زیر گروه A-۷-۶ بیشتر از حدروانی منهای ۳۰ می‌باشد. شکل (۱)

** گروه A-۸ بنابر مشخصات ظاهری انواع خاکهای آلی چون تورب و خاک کود تعیین می‌گردد.



- (GI) ضریب گروه $= (F-35)\,[\,0/2+0/005(w_L-40)\,]+0/01\,(F-15)\,(I_P-10)$

F = درصد عبور کرده از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰)، w_L = حد روانی، و I_P = دامنه خمیری

- در مورد گروههای A-۲-۶ و A-۲-۷ ضریب گروه نقطه به وسیله دامنه خمیری تعیین می گردد.
- در صورت جمع دو جزء ضریب گروه و بدست‌آمدن عددی منفی، ضریب گروه عدد صفر گزارش شود.

مثال: ۸۵٪ عبور کرده از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر

$w_L = ۳۸$

$I_P = ۲۱$

ضریب گروه جزیی برای $w_L = ۸/۹$ (PGI)

ضریب گروه جزیی برای $I_P = ۷/۴$ (PGI)

ضریب گروه = ۱۶ (GI)

شکل (۲) ضریب گروه (Group Index)

ب - طبقه بندی به روش یکنواخت (یونیفاید)

۱- هدف :

۱-۱- این روش برای طبقه بندی دقیق خاکهای عاری از مواد آلی ویا حاوی آن براساس نتایج دانه بندی، حدروانی، و دامنه خمیری برای مقاصد مهندسی مورد استفاده قرار می گیرد.

- در طبقه‌بندی با روش یکنواخت نام گروه وعلامت آن برای خاک تعیین می گردد. در مورد خاک حاوی ۵ الی ۱۲ درصد ریز دانه و یا هنگامی که به ازاء مقادیر حد روانی و دامنه خمیری خاک در قسمت هاشور خورده نمودار خمیری {شکل (۳)} قرار گیرد، از دو علامت استفاده می‌شود، مانند: GP-GM یا CL-ML . در صورتی که به سبب نتایج حاصل از آزمایشهای انجام شده، نمونه نزدیک به گروه دیگری نیز تشخیص داده شود، شرایط مرزی این دو خاک را می‌توان با استفاده از نام گروه و خط فاصله (/) میان آنها نمایش داد. مانند: CL/CH، GM/SM و SC/CL. علامت در مرز بودن برای خاکهای رسی با حد روانی نزدیک به ۵۰ درصد بسیار مفید است. این نوع خاک دارای قابلیت تورم زیادی بوده و استفاده از علامتهای دوگانه (CL/CH , CH/CL) در طبقه بندی هشدار خوبی خواهد بود.

۱-۲- علامت گروه برحسب آزمایشهای انجام شده برخاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر تعیین می گردد.

۱-۳- این روش طبقه بندی فقط در مورد خاکهای طبیعی قابل اجرا می‌باشد.

- نام و علامت گروههای این روش را می‌توان بعنوان روش توصیفی برای مصالحی چون شیل، سنگ‌رسی، سنگهای مرجانی، سنگهای خردشده وغیره نیز استفاده نمود.

۱-۴- کاربرد این روش ماهیت کیفی دارد.

- برای طراحی ساختمانهای مهم، اطلاعات کمّی موردنیاز است، دراین حالت این روش طبقه بندی باید به همراه نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی مورداستفاده قرار گیرد.

۲- خلاصه روش :

۲-۱- همانگونه که در جدول (۱) نشان داده شده است، در این روش سه گروه اصلی وجود دارند : خاک درشت دانه، خاک ریز دانه و خاکهای آلی. در نهایت این سه گروه اصلی خود به ۱۵ زیر گروه

تقسیم می‌شوند.

۲-۲- بر اساس نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی وتشریح نظری، خاک در یکی از گروههای اصلی قرار گرفته وعلامت ونا م‌آن گروه را به خود اختصاص داده وطبقه‌بندی می‌شود. برای طبقه بندی خاکهای ریز دانه از شکل (۱) و خاکهای درشت دانه از شکل (۲) استفاده می‌شود.

۳- ویژگی وکاربرد

۳-۱- دراین روش، انواع خاک برحسب نتایج آزمایشهای دانه بندی، حدروانی و دامنه خمیری طبقه بندی می‌شود.

۳-۲- تعیین علامت و نام گروه بهمراه توصیف خاک بر اساس استاندار ASTM- D2488 (تشریح نظری ودستی خاک)، در تعریف حالات رفتاری خاک به منظور ارزیابی خصوصیات ویژه آن در کاربرد مهندسی بسیار مفید است.

۳-۳- گروههای مختلف این روش طبقه بندی به گونه‌ای اختیار شده است که به طور عام رابطه‌ای با خواص مهندسی خاک داشته باشد. این روش به عنوان قدم اول هر مطالعه ژئوتکنیکی صحرایی ویاآزمایشگاهی می‌تواند مورد استفاده قرارگیرد.

۳-۴- در ضمن این روش کمک موثری برای آموزش افراد در انجام استاندارد ASTM-D2488 خواهد بود.

۴- اصطلاحات کلی :

۴-۱- تعاریف : به استثنای موارد زیر کلیه اصطلاحات بکار برده شده برحسب تعاریف ASTM-D653 خواهد بود.

- برای ذرات مانده بر الک ۷۵ میلیمتر تعاریف زیر بیان شده است :

قلوه سنگ - ذرات سنگ عبوری از الک ۳۰۰ میلیمتر ومانده بر الک ۷۵ میلیمتر.

تخته سنگ - ذرات مانده بر الک ۳۰۰ میلیمتر.

۴-۱-۱- شن : ذرات سنگ عبوری از الک ۷۵ میلیمتر ومانده بر الک ۷۵ر۴ میلیمتر می باشد، که دارای تقسیم بندی زیر است:

درشت: عبوری از الک ۷۵ میلیمتر ومانده بر الک ۱۹ میلیمتر

ریز: عبوری از الک ۱۹ میلیمتر وماندہ بر الک ۷۵ر۴ میلیمتر

۴-۱-۲- ماسه: ذرات عبوری از الک ۷۵ر۴ میلیمتر وماندہ بر الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر می باشد، که دارای تقسیم بندی زیر است:

درشت: عبوری از الک ۷۵ر۴ میلیمتر وماندہ بر الک ۰۰ر۲ میلیمتر

متوسط: عبوری از الک ۰۰ر۲ میلیمتر وماندہ بر الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر

ریز: عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر وماندہ بر الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر

۴-۱-۳- : خاک عبوری از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر می‌باشد که در حالت مرطوب دارای خاصیت خمیری بوده ودر صورت خشک شدن در هوا مقاومت قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد. در طبقه بندی، به خاکهایی اطلاق می‌گردد که عمدتاً ریز دانه بوده وقسمت ریز دانه آن دارای دامنه خمیری برابر یا بیشتر از ۴ باشد وهمچنین در نمودار خمیری، شکل شماره ۳، بالا ویا روی خط «A» قرار گیرد.

۴-۱-۴- لای: خاک عبوری از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر است که غیر خمیری بوده ویا حالت خمیری آن نسبتاً کم می‌باشد و درصورت خشک شدن در هوا مقاومت چندانی نخواهد داشت.

در طبقه بندی، به خاکهایی اطلاق می‌گرددکه عمدتاً ریز دانه بوده وقسمت ریز دانه آن دارای دامنه خمیری کمتر از ۴ باشد و همچنین در نمودار خمیری زیر خط «A» قرار گیرد.

۴-۱-۵- رس آلی: خاک رس است که حاوی مقدار معتنابهی مواد آلی می‌باشد که بر خواص خاک تاثیر می‌گذارد. در طبقه‌بندی به رسهایی اطلاق می‌شود که حد روانی آن پس از خشک شدن در گرمخانه کمتر از ۷۵ درصد مقدار حدروانی اولیه (نمونه خشک شده درهوا) باشد.

۴-۱-۶- لای آلی: خاک لایی است که حاوی مقدار معتنابهی مواد آلی می‌باشد که برخواص خاک تأثیر می‌گذارد. درطبقه بندی به لای هایی اطلاق می‌شود که حد روانی آن پس از خشک شدن در گرمخانه کمتر از ۷۵ درصد مقدار حد روانی اولیه (نمونه خشک شده درهوا) باشد.

۴-۱-۷- خاک تورب: خاک حاوی مواد گیاهی درحال تجزیه بوده وغالباً دارای بوی تند مواد آلی است. این خاک به‌رنگ سیاه یا قهوه‌ای تیره می‌باشد و ذرات آن به صورت الیاف بوده و حالت اسفنجی دارد.

۴-۲- اصطلاحات:

۴-۲-۱- ضریب انحنا، C_c:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

که D_{60} ، D_{30} ، D_{10} قطرهایی می‌باشند که به ترتیب ۶۰، ۳۰ و ۱۰ درصد از دانه‌ها در منحنی دانه بندی خاک از آن قطر کوچکتر می‌باشند.

۴-۲-۲- ضریب یکنواختی، C_u:

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

۵- وسایل مورد نیاز :

۵-۱- علاوه بر وسایل مورد نیاز برای تهیه و آماده سازی نمونه‌ها و انجام آزمایشهای اولیه، رسم منحنی دانه بندی ونمودار خمیری نمونه، شکل (۳)، نیز مورد احتیاج است.

- خط «U» در شکل (۳) بنابر تجربه به عنوان «حد بالایی» برای خاکهای طبیعی تعیین شده است وبرای کنترل نتایج مورد استفاده قرار می‌گیرد. درصورتی که هر یک از نتایج بالا ویاطرف چپ خط «U» قرار گیرد، باید در گزارش ذکر گردد.

۶- نمونه گیری :

۶-۱- تهیه نمونه باید بر اساس یکی از روشهای مورد تائید مانند روش ASTM-D420 انجام شود.

۶-۲- حداقل مقدار نمونه اولیه بستگی به تعداد آزمایهشای مورد نیاز خواهدداشت. برای انجام آزمایش دانه بندی، حداقل مقدار خاک خشک مورد نیاز عبارتست از :

حداقل مقدار نمونه ، وزن خشک	حداکثر اندازه ذرات ،اندازه الکها
۱۰۰ گرم	(شماره ۴) ۴٫۷۵ میلیمتر
۲۰۰ گرم	(اینچ - ۳/۸) ۹٫۵ میلیمتر
۱٫۰ کیلوگرم	(اینچ - ۳/۴) ۱۹٫۰ میلیمتر
۸٫۰ کیلوگرم	(اینچ - ۳/۲) ۳۸٫۱ میلیمتر
۶۰٫۰ کیلوگرم	(اینچ - ۳) ۷۵٫۰ میلیمتر

در صورت امکان مقدار نمونه گیری شده از محل باید ۲ تا ۴ برابر مقادیر فوق باشد.

۶-۳- در صورتی که انجام آزمایشهای حدود روانی وخمیری علاوه بر آزمایشهای فوق مورد نظر باشد، نمونه باید به میزانی تهیه شود که حدود ۱۵۰ الی ۲۰۰ گرم خاک ریز دانه کوچکتر از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر بدست آید.

۶-۴- در صورتی که مقدار نمونه تهیه شده از محل کمتر ازمقادیر ذکر شده در بندهای (۶-۲) و (۶-۳) باشد، باید در گزارش بیان شود.

۷- طبقه بندی خاک تورب :

۷-۱- خاک حاوی مواد گیاهی در حال تجزیه با بوی تند مواد آلی در گروه خاکهای آلی و به نام خاک تورب (P.T) طبقه بندی شده وسایر مراحل طبقه بندی در مور داین نوع خاک قابل اجرا نمی‌باشد.

۸- آماده سازی نمونه برای طبقه بندی :

۸-۱- قبل از طبقه بندی خاک، لازم است دانه بندی و خاصیت خمیری قسمت ریز دانه خاکهای کوچکتر از ۷۵ر۰ میلیمتر تعیین گردد. (به ۸-۸رجوع شود).

۸-۲- آماده سازی نمونه برای انجام آزمایشهای دانه بندی و حدود روانی و خمیری باید بر حسب یکی از روشهای مورد تائید باشد. دو روش آماده سازی نمونه برای طبقه بندی در بخش های ۱۳ و ۱۴ ارائه‌شده است.

در بخش ۱۳ آماده سازی نمونه به روش مرطوب بیان شده است این روش برای خاکهای چسبنده که هرگز خشک نشده اند و خاکهای آلی روش مطلوبی می‌باشد.

۸-۳- در گزارش طبقه بندی خاک باید روش و چگونگی تهیه نمونه نیز ذکر شود.

۸-۴- اگر چه درتعیین دانه بندی خاک ویا بررسی های دیگر، آزمایش هیدرومتری می تواند مورد نیاز باشد، لیکن در طبقه بندی خاک آزمایش هیدرومتری ضروری نیست.

۸-۵- درصد وزن خشک ذرات بزرگتر از ۷۵ر۰ میلیمتر نیز باید به عنوان اطلاعات مکمل ذکر گردد.

۸-۶- اندازه بزرگترین ذرات نیز باید با اندازه گیری تعیین ویا تخمین زده شده و درگزارش بیان شود.

۸-۷- برای تعیین دانه بندی نیاز به یک سری الک به شرح زیر خواهد بود. بزرگترین الک متناسب با بزرگترین اندازه ذره انتخاب می‌شود.

(اینچ ۳) میلیمتر ۷۵ر۰
(اینچ ۳/۴) میلیمتر ۱۹ر۰
(شماره ۴) میلیمتر ۴ر۷۵
(شماره ۱۰) میلیمتر ۲ر۰۰
(شماره ۴۰) میلیمتر ۴۲۵ر۰
(شماره ۲۰۰) میلیمتر ۰۷۵ر۰

۸-۸- برای طبقه بندی آزمایشهای زیر لازم است :

۸-۸-۱- در خاکهایی که ذرات ریز تر از ۰۷۵ر۰ میلیمتر آنها کمتر از ۵ درصد است، تنها تهیه نمودار دانه بندی قسمت درشت تر از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر مورد نیاز می‌باشد.

۸-۸-۲- در خاکهای حاوی ۵ الی ۱۵ درصد ریز دانه، نمودار دانه بندی و همچنین تعیین حد روانی و دامنه خمیری مورد نیاز می‌باشد.

۸-۸-۲-۱- اگر مقدار کافی از خاک برای تعیین حد روانی و دامنه خمیری موجود نباشد، نوع ریز دانه خاک را می‌توان با استفاده از روش D 2488 تعیین ودریکی از دو گروه رسی ویا لای دار گزارش نمود.

۸-۸-۳- درخاکهای حاوی بیش از ۱۵ درصد ریز دانه، تعیین درصد مواد ریز دانه، (ماسه وشن) حد روانی و دامنه خمیری ضروری است.

۸-۸-۴- در خاکهای حاوی بیش از ۹۰ درصد ریز دانه، درصد مواد ریز دانه، (ماسه‌وشن) با استفاده از روش D 2488 تخمین زده شده وباید در گزارش ذکر گردد.

۹- مراحل اولیه طبقه بندی :

۹-۱- در صورت عبور بیش از ۵۰ درصد نمونه (برحسب وزن خشک) از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر، خاک مزبور در گروه ریز دانه قرار می‌گیرد. (بخش ۱۰)

۹-۲- اگر بیش از ۵۰ درصد دانه ها بر الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر باقی بماند، خاک در گروه درشت دانه قرار می‌گیرد. (بخش ۱۱)

ریز دانه، بیش از ۵۰ درصد خاک از الک (شماره ۲۰۰) ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور نماید	درشت دانه بیش از ۵۰ درصد بر الک (شماره ۲۰۰) ۰٫۰۷۵ میلیمتر باقی بماند.	
رس، لای ویا آلی	ماسه	شن
	بیش از ۵۰ درصد ذرات درشت از الک (شماره ٤) ٤٫۷۵ میلیمتر عبور کنند.	بیش از ۵۰ درصد ذرات درشت بر الک (شماره ٤) ٤٫۷۵ میلیمتر باقی بماند.

۱۰- مراحل طبقه‌بندی خاک ریز دانه (که بنابروزن خشک بیش از ۵۰ درصد از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور می‌کند).

۱۰-۱- خاک را رس غیر آلی می‌نامند، اگر محل تلاقی حد روانی در مقابل دامنه خمیری روی خط «A» نمودار ویا بالای آن قرار گیرد، دامنه خمیری بزرگتر از ۴ باشد و وجود مواد آلی تاثیری بر حد روانی مطابق بند (۱۰-۳-۲) نداشته باشد.

۱۰-۱-۱- خاک رس کم مایه، CL : دارای حد روانی کمتر از ۵۰ است، (قسمت CL شکل ۳).

۱۰-۱-۲- خاک رس پرمایه، CH : دارای حد روانی ۵۰ یابیشتر است. (قسمت CH شکل ۳).

-در مواردی که حد روانی بیش از ۱۱۰ و دامنه خمیری نیز بیشتر از ٦۰ باشد، نمودار خمیری (شکل ۳) را می‌توان با حفظ درجه بندی محورها وامتداد خط «A» توسعه داد.

۱۰-۱-۳- خاک رس لای دار، CL - ML: خاکی است که محل تلاقی حد روانی و دامنه خمیری آن بالا یا روی خط «A» قرار گرفته ودامنه خمیری آن ۴ تا ۷ باشد. (قسمت CL - ML شکل ۳).

۱۰-۲- خاک لای غیر آلی: خاکی است که زیر خط «A» قرار گرفته ویا دامنه خمیری آن کمتر از ۴ باشد. دراین خاک حضور مواد آلی نباید مطابق بند (۱۰-۳-۲) اثری بر حد روانی داشته باشد.

۱۰-۲-۱- خاک لای، ML: که دارای حد روانی کمتر از ۵۰ است. (قسمت ML شکل ۳).

۱۰-۲-۲- خاک لای الاستیک، MH : که دارای حد روانی ۵۰ ویا بیش از آن است. (قسمت MH شکل ۳).

۱۰-۳- درصورت وجود مقدار معتنابهی از مواد آلی که مطابق بند (۱۰-۳-۲) بر حد روانی اثر

بگذارد، خاک به عنوان لای، یا رس آلی طبقه بندی می‌شود.

۱۰-۳-۱- اگر خاک در حالت مرطوب و گرم دارای رنگ تیره و بوی تند مواد آلی باشد، آزمایش حد روانی برای دومین بار بر نمونه خشک شده انجام خواهد شد. خشک نمودن نمونه در طول شب و در گرمخانه با دمای ۵ ± ۱۱۰ درجه سانتیگراد انجام می‌گیرد.

۱۰-۳-۲- در صورتی که حد روانی نمونه خشک شده کمتر از ۷۵ درصد حد روانی (به روش مرطوب) باشد، خاک به عنوان لای یا رس آلی طبقه بندی می‌شود.

- برای آماده کردن نمونه به روش مرطوب از روش B آزمایش D 2217 استفاده شود.

۱۰-۳-۳- در صورتی که حدروانی خاک به روش مرطوب کمتر از ۵۰ درصد باشد:

خاک به عنوان لای آلی، OL طبقه بندی می‌شود، در صورتی که دامنه خمیری کمتر از ۴ بوده ویا در نمودار زیر خط «A» قرار گیرد.

خاک به عنوان رس آلی، OL طبقه بندی می‌شود، در صورتی که دامنه خمیری ۴ یا بیشتر بوده و در نمودار بالا یا روی خط «A» قرار گیرد. (قسمت OL که شامل (CL - ML) شکل ۳ نیز می‌باشد).

۱۰-۳-۴- در صورتی که حد روانی خاک به روش مرطوب ۵۰ یا بیشتر باشد:

خاک به عنوان لای آلی، OH طبقه بندی می‌شود، اگر در نمودار زیر خط «A» قرار گیرد.

خاک به عنوان رس آلی، OH طبقه بندی می‌شود، اگر در نمودار بالا یا روی خط «A» قرار گیرد.

(قسمت OH شکل ۳)

۱۰-۴- در صورتی که ۱۵ الی ۳۰ درصد نمونه بزرگتر از ۰٫۷۵ میلیمتر باشد، بدنبال نام گروه، کلمه «با ماسه و یا با شن» نیز باید افزوده شود، مانند رس کم مایه با ماسه، CL، لای با شن و ماسه، ML.

۱۰-۵- درصورتی که بیش از ۳۰ درصد ذرات بزرگتر از الک ۰٫۷۵ میلیمتر باشد، کلمه «شنی یا ماسه‌ای» نیز باید به نام گروه اضافه گردد. در صورتی که اکثر ذرات درشت تر از ۰٫۷۵ میلیمتر، ماسه باشند از کلمه «ماسه‌ای، و اگر این مواد اکثراً شن باشند از کلمه «شنی» استفاده شود، مانند: رس کم مایه ماسه‌ای، CL، رس پر مایه شنی، CH، لای ماسه‌ای، ML

۱۱- مراحل طبقه‌بندی خاک درشت دانه: (که بیش از ۵۰ درصد خاک روی الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر باقی می‌ماند).

۱۱-۱- شن: به خاکی گفته می‌شود که ۵۰ درصد مواد درشت دانه آن، نسبت به کل مواد مانده روی الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر، روی الک ۴٫۷۵ میلیمتر باقی بمانند.

۱۱-۲- ماسه: به خاکی گفته می‌شود که ۵۰ درصد یا بیشتر مواد درشت دانه آن (نسبت به کل مواد مانده روی الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر) از الک ۴٫۷۵ میلیمتر عبور کنند.

۱۱-۳- اگر ۱۲ درصد یا کمتر از ذرات نمونه از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور کنند، باید منحنی دانه‌بندی نمونه رسم شده و مقادیر ضریب یکنواختی (C_u) وضریب انحنا (C_c) از روابط ۱و۲ بدست آورده شود.

رابطه (۱) $$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

رابطه (۲) $$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

که D_{60}, D_{30}, D_{10} قطرهایی می‌باشند که به ترتیب ۶۰، ۳۰، ۱۰ درصد از دانه ها منحنی دانه بندی خاک از آن قطر کوچکتر می‌باشند.

- برای تعیین D_{10} می‌توان از ادامه منحنی دانه بندی استفاده نمود.

۱۱-۳-۱- خاک شن با دانه بندی خوب (GW)، یا ماسه با دانه بندی خوب (SW) نامیده می‌شود، در صورتی که کمتر از ۵ درصد ذرات نمونه از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور کند و اگر C_u در شن بیش از ۴ باشد و در ماسه بیش از ۶ باشد و همچنین مقدار C_c برابر یا بیش از یک بوده و از ۳ بیشتر نباشد.

۱۱-۳-۲- خاک شن بادانه بندی بد (GP) یا ماسه با دانه بندی بد (SP) نامیده می شوند، اگر کمتر از ۵ درصد ذرات از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور کنند و مقادیر C_c, C_u مطابق بند (۱۱-۳-۱) نباشند.

۱۱-۴- اگر بیش از ۱۲ درصد ذرات از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور کنند، خاک درشت دانه با ذرات ریز دانه است، که در این حالت رس و یا لای بودن ریز دانه بر اساس محل تلاقی دامنه خمیری وحد روانی نسبت به خط «A» در شکل (۳) تعیین می گردد. (اگر مقدار ریز

دانه برای آزمایش کافی نباشد نوع ذرات ریز دانه به عنوان رس ویا لای برحسب بند (۸-۸-۲-۱) تعیین می‌شود).

۱۱-۴-۱- در صورتی که ذرات ریز موجود رس بوده و نمونه در نمودار شکل (۳) بالا یا روی خط «A» قرار گیرد و دامنه خمیری آن نیز بیش از ۷ باشد، خاک شن رسی (GC) یا ماسه رسی (SC) نامیده می‌شود.

۱۱-۴-۲- در صورتی که ذرات ریز لای بوده ودر نمودار شکل (۳) زیر خط «A» قرار گیرد و همچنین دامنه خمیری کمتر از ۴ باشد، خاک شن لای دار (GM) و یا ماسه لای دار (SM) می‌باشد.

۱۱-۴-۳- در صورتی که ذرات ریز دانه رس لای دار (ناحیه CL - ML در شکل ۳) تشخیص داده شوند، برای شن‌ها به نام شن رسی لای دار GC - GM ، و در ماسه‌ها به نام ماسه رسی لای دار SC - SM طبقه‌بندی می‌شوند.

۱۱-۵- در صورتی که ۵ الی ۱۲ درصد ذرات از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر عبور کنند از علائم دو گانه برای طبقه بندی استفاده می‌شود.

۱۱-۵-۱- اولین علامت دو گانه مربوط به گروه شن یا ماسه حاوی کمتر از ۵ درصد ذرات ریز بوده (GW , GP, SW , SP) و دومین علامت مربوط به گروه شن یا ماسه حاوی بیش از ۱۲ درصد ذرات ریز است (GC , GM , SC , SM)

۱۱-۵-۲- نام گروه، نام اولین علامت دو گانه به اضافه کلمه «بارس ویابالای» است، که معرف خاصیت خمیری ذرات ریز دانه، خواهد بود. مانند: شن با دانه بندی خوب با رس (GC - GW) ، ماسه با دانه بندی بد با لای (SP - SM) .

(در صورت کافی نبودن نمونه به بند ۸-۸-۲ مراجعه شود).

- در صورت تشخیص ذرات ریز دانه به عنوان رس لای دار (CL - ML)، دومین علامت گروه باید GC یا SC باشد. به عنوان مثال: ماسه با دانه بندی بد که ۱۰ درصد ذرات ریز دانه، حد روانی ۲۰ و دامنه خمیری ٦ دارد به عنوان ماسه با دانه بندی بدبارس لای دار با علامت SC - SP طبقه بندی می‌شود.

۱۱-۶- اگر قسمت اعظم نمونه ماسه ویا شن بوده ودر ضمن به ترتیب محتوی ۱۵ درصد یا بیشتر از ذرات شن یا ماسه باشد، کلمه «باشن‌یاباماسه» باید بعد از نام گروه افزوده شود . مانند شن با دانه بندی بد با ماسه «ویا ماسه رسی با شن».

۱۱-۷- در صورت وجود قلوه سنگ یا تخته سنگ در نمونه باید کلمه «با قلوه سنگ ویا با قلوه سنگ وتخته سنگ» نیز بعد از نام گروه اضافه شود. مانند: شن لای دار با قلوه سنگ، GM.

۱۲- مثالهای طبقه بندی

در مثالهای زیر چگونگی ارائه گزارش وطبقه بندی نمونه ها ارائه شده است :

۱۲-۱- شن با دانه بندی خوب با ماسه (GW) - ۷۳ درصد ذرات شن ریز تا درشت، سخت و نیمه تیز گوشه، ۲۳ درصد ذرات ماسه ریز تا درشت، سخت ونیمه تیز گوشه، ۴ درصد ریز دانه، C_c=۲ر۷ و C_u=۱۲ر۴.

۱۲-۲- ماسه لای دار با شن (SM) - ۶۱ درصد عمدتاً ماسه ریز دانه، ۲۳ درصد ریز دانه از جنس لای، w_L=۳۳ و I_p=۶، ۱۶ درصد شن ریز دانه، سخت و نیمه گرد، با HCL بدون واکنش شیمیایی می‌باشد (نمونه های صحرایی کمتر از مقدار پیشنهاد شده برای آزمایشهای مورد نیاز بوده است). شرایط در محل - سفت، لایه دار، دارای عدسی هایی سفت از جنس لای به ضخامت ۵ر۲ تا ۵ سانتیمتر، مرطوب و قهوه‌ای تا خاکستری رنگ :

۹٪= رطوبت در محل، w%

۷ر۱= دانسیته در محل

۱۲-۳- رس آلی (OL): ۱۰۰ درصد ریز دانه، w_L=۳۲ (حد روانی نمونه مرطوب)، w_L=۲۱ (حد روانی نمونه خشک شده در گرمخانه)، I_P=۱۰ (دامنه خمیری مرطوب)؛ خیس، قهوه‌ای تیره، بوی تند مواد آلی و واکنش ضعیف با HCL .

۱۲-۴- ماسه لای دار با ریز دانه آلی (SM) - ۷۴ درصد ماسه متمایل به قرمز، ریز تا درشت سخت، نیمه تیزگوشه، ۲۶ درصد ریز دانه آلی و لای دار به رنگ قهوه‌ای تیره، w_L=۳۷ (مرطوب)، w_L=۲۶ (نمونه خشک شده در گرمخانه)، I_p=۶ (مرطوب) ؛ خیس و واکنش ضعیف با HCL.

۱۲-۵- شن با دانه بندی بد لای دار با ماسه وقلوه سنگ وتخته سنگ (GP - GM) ۷۸ درصد شن ریز تا درشت، سخت، نیمه گرد ونیمه تیز گوشه، ۱۶ درصد ماسه ریزتادرشت، سخت، نیمه گردو نیمه تیز گوشه، تقریباً ۶ درصد ریز دانه از جنس لای ؛ مرطوب، قهوه‌ای رنگ وبدون واکنش با HCL .

نمونه اولیه صحرایی ۷ درصد قلوه سنگ نیمه گرد، سخت و ۲ درصد تخته سنگ نیمه گرد، سخت و بزرگترین دانه به قطر ۴۵۰ میلیمتر داشته باشد.

۱۳- تهیه و آماده کردن نمونه به روش مرطوب برای آزمایش وطبقه بندی :

۱۳-۱- این بخش چگونگی تهیه و آماده کردن نمونه به روش مرطوب را توضیح می‌دهد.

۱۳-۲- نمونه آماده شده به روش مرطوب باید تاحد امکان دارای رطوبت طبیعی خود باشد. در نتیجه به هنگام تهیه، آماده کردن و انتقال نمونه ها باید از کاهش رطوبت طبیعی جلوگیری شود.

۱۳-۳- مراحل طی شده در این روش، فرض می‌نماید که نمونه صحرایی دارای ریز دانه، شن ،ماسه و ذرات درشت تر از ۷۵ میلیمتر بوده و منحنی دانه بندی، حدروانی و دامنه خمیری نمونه باید تعیین شود. در موارد خاص می‌توان از انجام هریک از مراحلی که قابل اجرا نمی‌باشد، صرف نظر نمود.

۱۳-۴- در صورت وجود ذرات بزرگتر از الک ۰۷۵ر۰ میلیمتر که به هنگام الک کردن به روش خشک دانه بندی آن تغییر کند، لازم است برای دانه بندی از روش دیگری که دانه بندی را تغییر ندهد استفاده نمود.

۱۳-۵- از آنجا که این روش طبقه بندی برای قسمت خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر استفاده می‌شود، لازم است ذرات درشت تراز ۷۵ میلیمتر قبل از دانه بندی، تعیین حد روانی و دامنه خمیری از خاک جدا شوند.

۱۳-۶- ذرات ریز تر از ۷۵ میلیمتر خاک به طریق زیر بدست می‌آیند:

۱۳-۶-۱- نمونه با استفاده از الک ۷۵ به دو قسمت تقسیم شده ودقت شود تا ذرات ریزتر رطوبت طبیعی خود را از دست ندهند. ذرات ریز چسبیده به ذرات درشت تر از ۷۵ میلیمتر به وسیله برس پاک شده وبرقسمت ریز دانه ها افزوده شود.

۱۳-۶-۲- وزن ذرات مانده بر الک ۷۵ میلیمتر به صورت خشک شده در هوا یا گرمخانه تعیین شود. وزن کل (مرطوب) ذرات عبوری از الک ۷۵ میلیمتر نیز تعیین گردد.

۱۳-۶-۳- قسمت عبوری از الک ۷۵ میلیمتر کاملاً مخلوط شود. رطوبت مخلوط را با اخذ نمونه‌ای منتخب با حداقل مقدار نمونه مطابق بند (۶-۲) طبق روش آزمایش صفحه ۱ بدست آورده شود، نمونه منتخب برای تعیین میزان رطوبت برای انجام آزمایش دانه بندی

(بند ۱۳-۸) نگهداری شود.

۱۳-۶-۴-وزن خشک خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر با استفاده از درصد رطوبت بدست آمده (بند ۱۳-۶-۳) و وزن کل نمونه مرطوب (بند ۱۳-۶-۲) محاسبه شود.

سپس وزن کل نمونه خشک و در صد ذرات مانده بر الک ۷۵ میلیمتر نیز محاسبه شوند.

۱۳-۷- حد روانی و دامنه خمیری به طریق زیر تعیین شوند:

۱۳-۷-۱- اگر ذرات خاک براحتی از هم جدا شوند، آنرا روی سطحی سخت وتمیز مخلوط کرده و نمونه‌ای از آن برداشته شود.

۱۳-۷-۱-۱- در صورتی که خاک شامل دانه های درشت که با رس سخت پوشیده وبه یکدیگر پیوسته باشند، برای تهیه نمونه از خاک عبوری از الک ۴۲۵ر۰ میلیمتر دقت زیادی لازم است. در این حالت مقدار نمونه تهیه شده باید بیش از حداقل مقدار نمونه مورد نیاز باشد (۶-۲).

۱۳-۷-۱-۲- برای تهیه نمونه از خاک چسبنده، بهتر است خاک از الک ۱۹ میلیمتر (یا الک مناسب دیگری) عبور داده شود تا ذرات آن بهتر مخلوط شوند.

۱۳-۷-۲- نمونه براساس روش B آزمایش ۲۲۱۷ تهیه شود.

۱۳-۷-۳- حد روانی برحسب روش آزمایش صفحه ۸ بدست آید، نمونه قبل از اجرای آزمایش نباید در هوا خشک شود.

۱۳-۷-۴- حد خمیری ودامنه خمیری برحسب آزمایش صفحه ۸ بدست آید. نمونه قبل از اجرای آزمایش نباید در هوا خشک شود.

۱۳-۸- دانه بندی خاک به طریق زیر اجرا می‌شود:

۱۳-۸-۱- اگر در صدر رطوبت بخش عبوری از الک ۷۵ میلیمتر مورد نیاز باشد (۱۳-۶-۳-) از نمونه تهیه شده، برای تعیین دانه بندی استفاده شود. در غیر اینصورت نمونه‌ای منتخب برحسب روش C702 و حداقل مقدار (بند ۶-۲) تهیه شود.

۱۳-۸-۲- اگر منحنی دانه بندی شامل تجزیه هیدرومتری موردنیاز باشد، دانه بندی به روش آزمایش صفحه ۴۱ تعیین گردد. سری الکها بر طبق بند (۸-۷) انتخاب شود.

۱۳-۸-۳- برای منحنی دانه بندی بدون تجزیه هیدرومتری، دانه بندی به روش C 136 تعیین شود. سری الکها طبق بند (۸-۷) انتخاب گردد. نمونه باید مدتی در آب غوطه ور بوده تا کلیه ذرات رس نرم شود وبعد طبق روش C117 قبل از اجرای آزمایش خاک باید شسته شود.

۱۳-۸-۴- اگر بجای منحنی دانه بندی، مقدار در صد ذرات ریز دانه، شن و ماسه نیاز باشد باید از روش C117 استفاده کرد. نمونه را کاملاً در آب غوطه‌ور کرده تا کلیه ذرات رس نرم شوند، سپس بنابر روش C136 از سری الک شامل الک ۴٫۷۵ میلیمتر و الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر استفاده شود.

۱۳-۸-۵- درصد ریز دانه، شن وماسه خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر محاسبه شود.

۱۴- آماده کردن نمونه خاک برای طبقه بندی به روش خشک (درهوا)

۱۴-۱- در این بخش چگونگی تهیه نمونه به منظور طبقه بندی خاک، در صورتی که درخواست شده باشد ویا رطوبت طبیعی خاک قبل از انجام آزمایش نزدیک به حالت خشک باشد، شرح داده شده است.

۱۴-۲- اگر خاک حاوی ذرات آلی ویا کلوئیدهای معدنی باشد که براثر خشک شدن در هوا تغییر می‌کنند، باید از روش مرطوب (۱۳) استفاده نمود.

۱۴-۳- از آنجا که این روش طبقه بندی برخاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر قابل اجرا می باشد، باید ذرات درشت‌تر از ۷۵ میلیمتر را قبل از اجرای دانه بندی و تعیین حد روانی و دامنه خمیری، جدا نمود.

۱۴-۴- ذرات ریزتر از ۷۵ میلیمتر خاک به طریق زیر جدا شوند:

۱۴-۴-۱- نمونه صحرایی را در هوا خشک کرده، وزن شود.

۱۴-۴-۲- نمونه به وسیله الک ۷۵ میلیمتر به دو قسمت تفکیک شود.

۱۴-۴-۳- هر دو قسمت را وزن نموده ودرصد ذرات درشت تر از ۷۵ میلیمتر نسبت به نمونه صحرایی محاسبه شود.

۱۴-۵- دانه بندی، حدروانی و دامنه خمیری را به طریق زیر تعیین نمائید. (درصورت نیاز به انجام آزمایشها به بند ۸-۸ رجوع شود).

۱۴-۵-۱- خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر کاملاً مخلوط شود.

۱۴-۵-۲- اگر منحنی دانه بندی وهیدرومتری موردنیاز است، دانه بندی به روش آزمایش صفحه ۴۱ انجام شود. سری الکها طبق بند (۸-۷) استفاده شود.

۱۴-۵-۳- اگر منحنی دانه بندی بدون هیدرومتری مورد نظر است، دانه بندی به روش D1140 ومتعاقباً روش C 136 انجام شود. سری الکها طبق بند (۸-۷) استفاده شود.

۱۴-۵-۴- اگر منحنی دانه بندی خاک مورد نیاز نباشد، درصد ریز دانه، شن و ماسه نمونه به روش C 136 ، D 1140 با استفاده از سری الکهای شامل الک ۴٫۷۵ میلیمتر و الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر تعیین شود.

۱۴-۵-۵- در صورت درخواست حد روانی و دامنه خمیری نمونه برحسب روش آزمایش صفحه ۸ تعیین شوند.

۱۵- استفاده از روش طبقه بندی به عنوان روش توصیفی شیل ، سنگ رس ، صدف ، سرباره ، سنگ شکسته وغیره.

۱۵-۱- نام وعلامت گروه استفاده شده در این روش ممکن است به صورت روش توصیفی برای مواد موجود در محل مانند شیل، سنگ رس، ماسه سنگ، سنگ لای، گل سنگ که بعد از انجام مراحل شناسایی محلی ویا آزمایشگاهی (خردشدن، ورقه شدن و غیره) به خاک تبدیل می‌شوند، مورد استفاده قرار گیرد.

۱۵-۲- مواد دیگر چون صدف، سنگ شکسته، سرباره وغیره نیز بهمین ترتیب شناخته می شوند. هرچند که مراحل طی شده در این روش برای تشریح اندازه ذرات و مشخصات خمیری نیز برای توصیف مواد قابل استفاده می‌باشند. در صورت لزوم، برای کمک به توصیف مواد مطابق با این روش می‌توان آن را در یکی ازطبقات قرار داد.

۱۵-۳- در صورت طبقه بندی، توصیف علامت و نام گروه باید بین علامت "....." قرار داده شوند و علامت گروه نیز به گونه ای مشخص گردد. (به مثال مراجعه شود).

۱۵-۴- چگونگی استفاده از طبقه بندی خاک به عنوان روش توصیفی موادی که به طور طبیعی به صورت خاک نمی‌باشند، در مثالهای زیر نشان داده شده است :

۱۵-۴-۱- تکه های شیل - به صورت تکه های ۵ الی ۱۰ سانتیمتر - شیل از گمانه حفاری شده به روش اُگر بدست آمده، خشک، به رنگ قهوه ای وبا HCL اسید کلریدریک هیچگونه واکنشی نداشته است. پس از خیساندن در آب به مدت ۲۴ ساعت مواد بدست آمده به صورت زیر طبقه بندی می‌شوند:

"رس کم مایه ماسه‌ای (CL)"، ۶۱ درصد ذرات ریز رسی، w_L = ۳۷ ، I_P = ۱۶ ۳۳ درصد ذرات ریز تا متوسط ماسه ، ۶ درصد ذرات شیل به ابعاد شن.

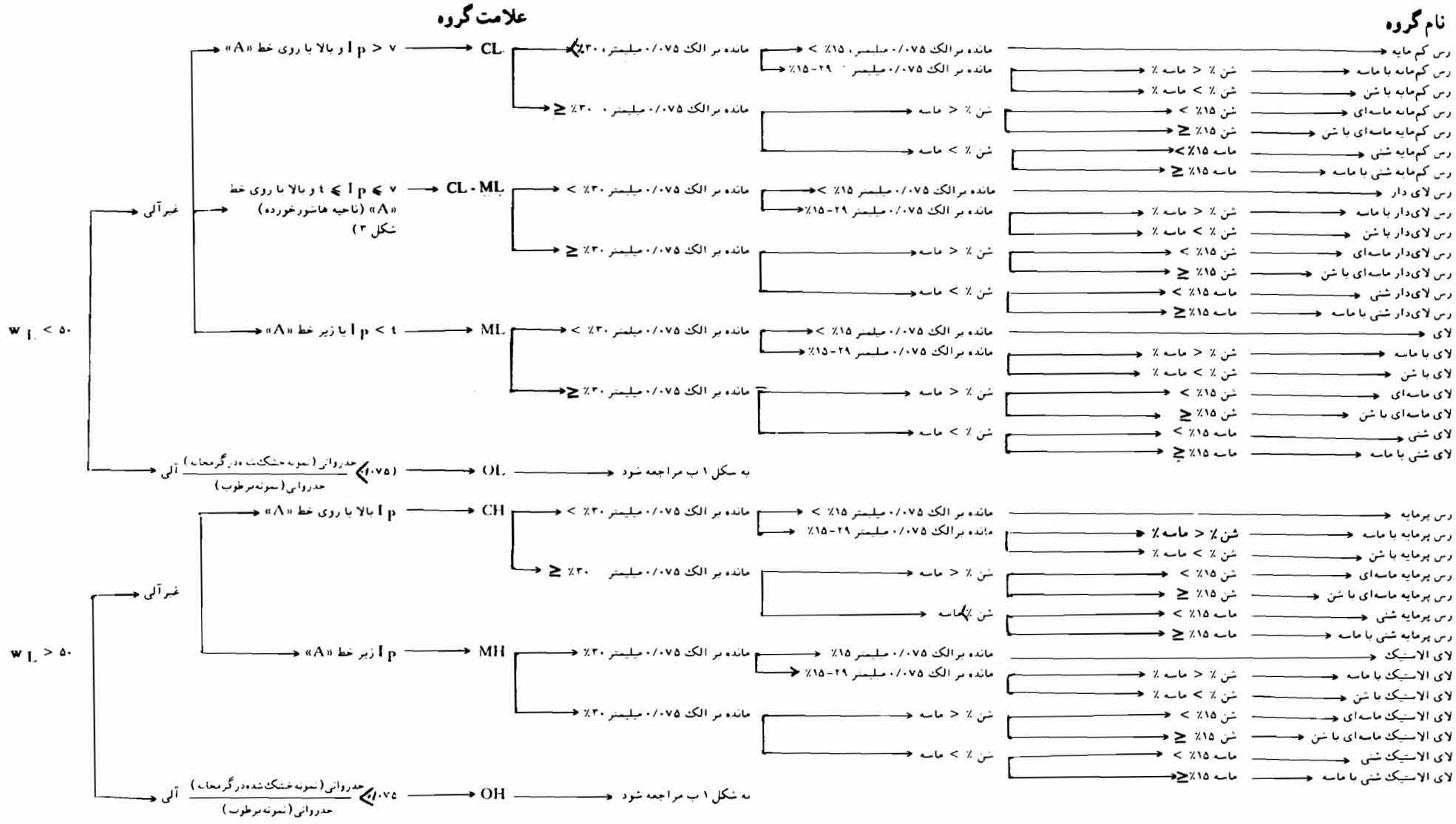
۱۵-۴-۲- ماسه سنگ شکسته -بدست آمده از سنگ شکن.

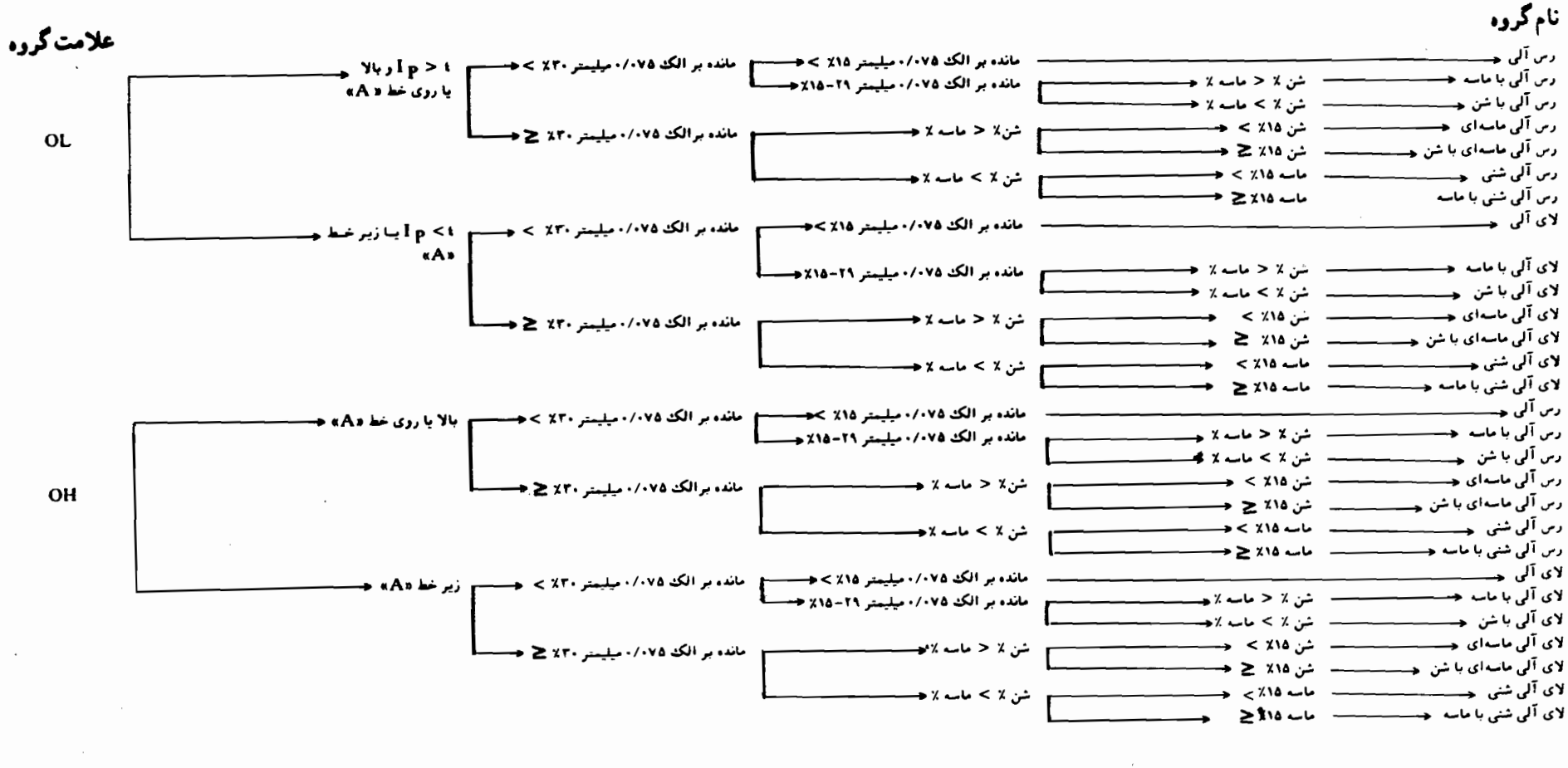
"ماسه با دانه بندی بد با لای (SP - SM)" - ۹۱ درصد ذرات ریز تا متوسط ماسه: ۹ درصد ذرات ریز لای دار (به‌طور تخمین)، خشک، قهوه‌ای متمایل به قرمز و همراه واکنش قوی با اسید کلریدریک.

۱۵-۴-۳- صدفهای خرد شده - ۶۲ درصد صدف شکسته به ابعاد شن، ۳۱ درصد ماسه و ذرات صدف به اندازه ماسه، ۷ در صد ریزدانه، به عنوان «شن با دانه بندی بد با ماسه (GP)» طبقه بندی می‌شود.

۱۵-۴-۴- سنگ شکسته - شن وقلوه سنگ بدست آمده از چاهک شماره ۷، "شن با دانه بندی بد (GP)" - ۸۰ درصد دانه‌های ریز، سخت، تیز گوشه به ابعاد شن، ۱۱ درصد دانه‌های درشت، سخت، تیز گوشه به ابعاد ماسه، خشک و قهوه‌ای برنزی، بدون واکنش با اسید کلریدریک، C_c = ۲٫۴ و C_u = ۰٫۹.

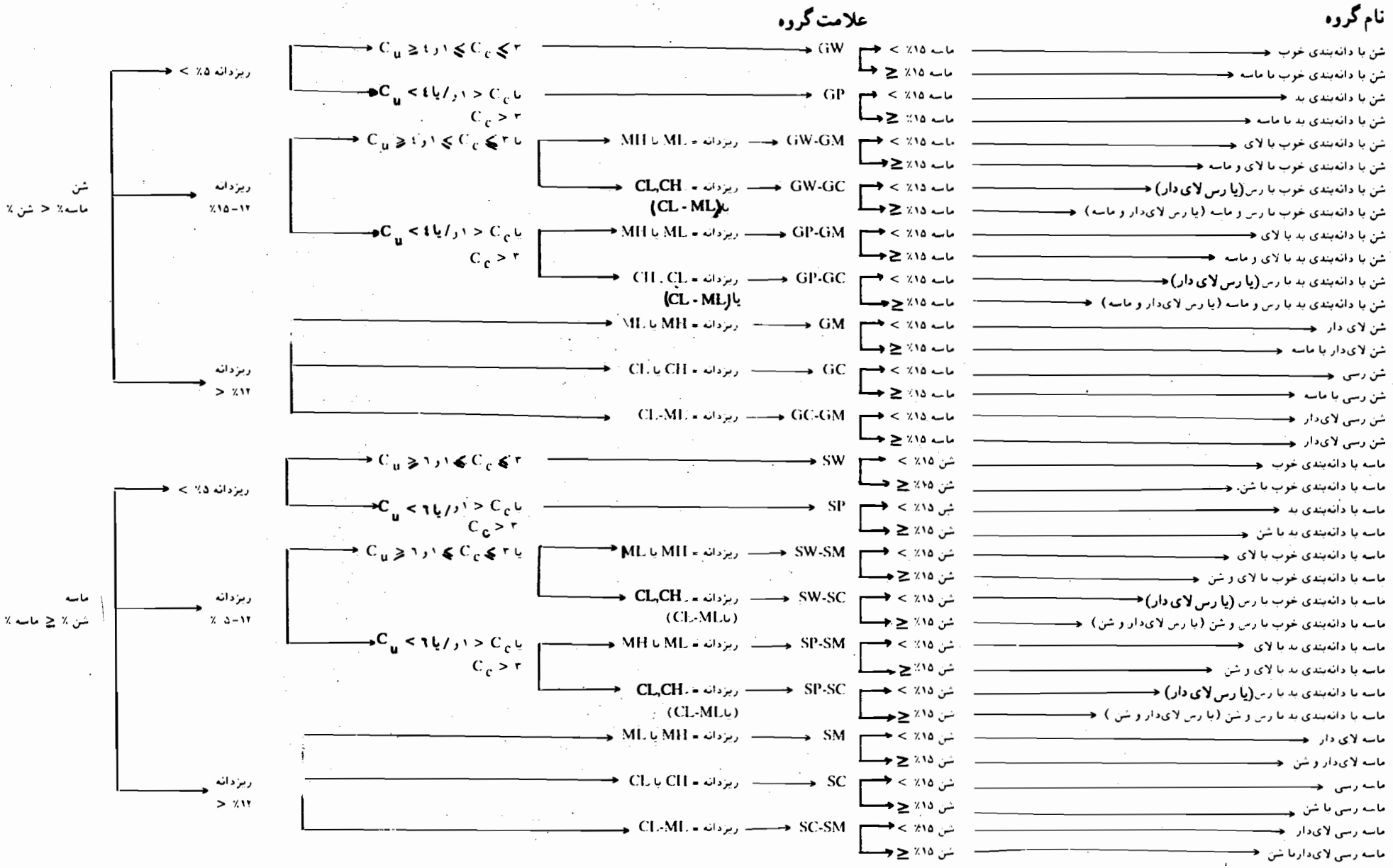
شکل (۱-الف) طبقه‌بندی خاک ریزدانه (۵۰٪ یا بیشتر عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر)





شکل ۱ ب - طبقه‌بندی خاک ریزدانه آلی (۵۰٪ یا بیشتر عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر)

شکل (۲) نمودار طبقه‌بندی خاک درشت‌دانه بیش از ۵۰٪ مانده بر الک ۰/۰۷۵ میلیمتر



جدول (۱) ـ نمودار طبقه‌بندی خاک به روش یونیفاید (یکنواخت)

طبقه بندی خاک		ضوابط گروه‌بندی براساس آزمایشهای آزمایشگاهی (۱)			
نام گروه (۲)	علامت گروه				
شن با دانه‌بندی خوب (۶)	GW	(۵) $C_u > 4$ و $1 < C_c < 3$	شن تمیز (۳) کمتر از ۵٪ ذرات ریز	شن بیش از ۵۰٪ قسمت درشت دانه مانده بر الک ۴/۷۵ میلیمتر	خاک های درشت دانه بیش از ۵۰٪ مانده بر الک ۰/۰۷۵ میلیمتر
شن با دانه‌بندی بد (۶)	GP	(۵) $C_c > 3$ یا $C_c < 1$ و $C_u < 4$			
شن لای‌دار (۸و۷و۶)	GM	ذرات ریز از گروه ML یا MH	شن ریز دانه (۳) بیش از ۱۲٪ ذرات ریز		
شن رسی (۸و۷و۶)	GC	ذرات ریز از گروه CL یا CH			
ماسه با دانه‌بندی خوب (۹)	SW	(۵) $C_u > 6$ و $1 < C_c < 3$	ماسه تمیز (۴) کمتر از ۵٪ ذرات ریز	ماسه بیش از ۵۰٪ قسمت درشت دانه عبوری از الک ۴/۷۵ میلیمتر	
ماسه با دانه‌بندی بد (۹)	SP	(۵) $C_c > 3$ یا $C_c < 1$ و $C_u < 6$			
ماسه‌لای دار (۹و۸و۷)	SM	ذرات ریز از گروه ML یا MH	ماسه‌ریز دانه (۴) بیش از ۱۲٪ ذرات ریز		
ماسه رسی (۹و۸و۷)	SC	ذرات ریز از گروه CL یا CH			
رس کم‌مایه (۱۳و۱۲و۱۱)	CL	(۱۰) $I_p > 7$ و بالا یا روی خط «A»	غیر آلی	رس و لای حد روانی کمتر از ۵۰	خاک‌های ریزدانه ۵۰٪ یا بیشتر عبوری از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر
لای (۱۳و۱۲و۱۱)	ML	(۱۰) $I_p < 4$ و یا زیر خط «A»			
رس آلی (۱۴و۱۳و۱۲و۱۱)	OL	حد روانی (نمونه خشک شده در گرمخانه) / حد روانی (نمونه مرطوب - اولیه) $< 75\%$	آلی		
لای آلی (۱۵و۱۳و۱۲و۱۱)					
رس پرمایه (۱۳و۱۲و۱۱)	CH	I_p بالا یا روی خط «A»	غیر آلی	رس و لای حد روانی ۵۰ یا بیشتر	
لای الاستیک (۱۳و۱۲و۱۱)	MH	I_p زیر خط «A»			
رس آلی (۱۶و۱۳و۱۲و۱۱)	OH	حد روانی (نمونه خشک شده در گرمخانه) / حد روانی (نمونه مرطوب - اولیه) $< 75\%$	آلی		
لای آلی (۱۷و۱۳و۱۲و۱۱)					
خاک تورب	PT	مواد اولیه آلی با رنگ تیره و بی تند مواد آلی			خاکهای آلی

۱ - براساس خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر

۲ - اگر نمونه صحرایی حاوی قلوه سنگ و تخته سنگ باشد، به نام گروه باید کلمه «با قلوه‌سنگ یا تخته سنگ یا هر دو» اضافه شود.

۳ - شن حاوی ۵ الی ۱۲ درصد ذرات ریز، علامت دوگانه دارد:

GW-GM شن با دانه‌بندی خوب با لای

GW-GC شن با دانه‌بندی خوب با رس

GP-GM شن با دانه‌بندی بد با لای

GP-GC شن با دانه‌بندی بد با رس

۴ - ماسه حاوی ۵ الی ۱۲ درصد درات ریز، علامت دوگانه دارد:

SW-SM ماسه با دانه‌بندی خوب با لای

SW-SC ماسه با دانه‌بندی خوب با رس

SP-SM ماسه با دانه‌بندی بد با لای

SP-SC ماسه با دانه‌بندی بد با رس

۵ - $C_u = \frac{D_{10}}{D_{60}}$

$C_u = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$

۶ - اگر خاک ۱۵٪ یا بیشتر ماسه دارد، «با ماسه» به نام گروه اضافه شود.

۷ - اگر ذرات ریز از گروه CL-ML باشد از علامت دوگانه GC-GM یا SC-SM استفاده شود.

۸ - اگر ذرات ریز آلی باشد، «با ذرات آلی» به نام گروه اضافه شود.

۹ - اگر خاک ۱۵٪ یا بیشتر شن دارد، «با شن» به نام گروه اضافه شود.

۱۰ - اگر حدود آتربرگ در قسمت هاشور خورده نمودار قرار گیرد، خاک از گروه CL-ML بوده و رس لای‌دار نامیده می‌شود.

۱۱ - اگر خاک حاوی ۱۵ الی ۲۹ درصد ذرات درشت‌تر از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر باشد، برحسب وجود شن یا ماسه کلمه «با شن یا با ماسه» به نام گروه اضافه شود

۱۲ - اگر ۳۰٪ یا بیشتر ذرات درشت‌تر از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر ماسه باشد، کلمه «ماسه‌ای» به نام گروه اضافه شود.

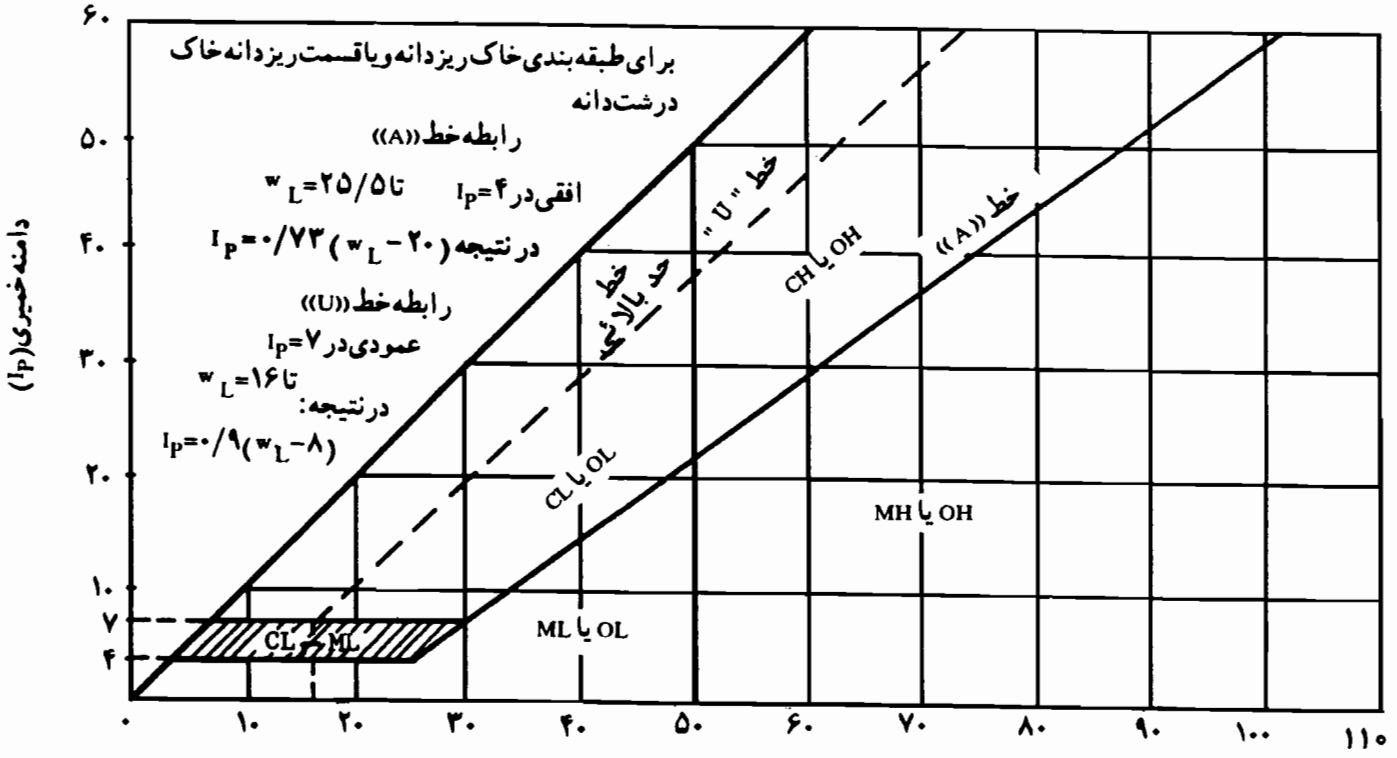
۱۳ - اگر ۳۰٪ یا بیشتر ذرات درشت‌تر از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر شن باشد، کلمه «شنی» به نام گروه اضافه شود.

۱۴ - $I_p > 4$ و بالا یا روی خط «A»

۱۵ - $I_p < 4$ یا زیر خط «A»

۱۶ - I_p بالا یا روی خط «A»

۱۷ - I_p زیر خط «A»



شکل (۳) نمودار خمیری

واژه نامه

انگلیسی - فارسی

A

Absorption	جذب
Activity Number	عدد فعالیت
Apparatus	وسیله - ابزار

B

Balance	ترازو
Base	اساس(جاده)-پایه (وسیله)
Beaker	بشر
Blow	ضربه
Border - Line	شرایط مرزی
Boulder	تخته سنگ
Brass	برنجی
Brittle State	حالت شکنندگی
Buckner Funnel	قیف مکنده (بوخنر)
Bulk Sample	نمونه حجیم

C

Cam	محور
Carriage	اهرم
Cation	کاتیون
Clossification of Soil	طبقه بندی خاک
Clay	رس
Clayey	رسی
Clayey Gravel	شن‌رسی

Clayey Sand	ماسه رسی
Clay stone	سنگ رسی
Clean Gravel	شن تمیز
Clean sand	ماسه تمیز
Coarse - Grained Soil	خاک درشت دانه
Coarse Sand	ماسه درشت
Cobble	قلوه سنگ
Coefficient of Curvature	ضریب انحنا
Coefficient of Uniformity	ضریب یکنواختی
Cohesive	چسبنده
Cohesionless	غیر چسبنده
Compactibility	قابلیت تراکم
Compressibility	قابلیت فشردگی
Consistency	درجه سفتی
Container	قوطی - ظرف
Correction Factor	ضریب اصلاح
Crushed Ruck	سنگ خرد شده
Cup	جام
Curved Grooving Tool	شیار زن انحنادار

D

Data sheet	برگ اطلاعات
Decomposition	تجزیه
Demineralized Water	آب عاری از مواد معدنی
Desicator	محفظه خشک
Dispersing Agent	ماده جداساز

Dispersion cup	**جام مخصوص مخلوط کن**
Dispersion Device	**مخلوط کن**
Dispersion Tube	**لوله مخلوط کن**
Distilled Water	**آب مقطر**
Distubed Soil	**خاک دست خورده**
Dried Specimen	**نمونه خشک**

E

Earthwork Structures	**سازه های خاکی**
Elastic Silt	**لای الاستیک**
Embankment	**خاکریز**
Equation	**رابطه**
Evaporation	**تبخیر**

F

Fat Clay	**رس پرمایه**
Feet	**تکیه گاه (وسیله)**
Fibrous Texture	**بافت الیافی**
Field Condition	**شرایط محیط**
Fine Beach Sand	**ماسه ریز دانه کنار دریا**
Fine Desert Biow Sand	**ماسه بادی**
Fine Grained	**خاک ریز دانه**
Fine Sand	**ماسه ریز**
Filter Paper	**صافی کاغذی**
Flat Grooving Tool	**شیار زن مسطح**

G

Granular Material	خاک دانه ای
Gravel	شن
Gravelly	شنی
Group	گروه
Group index	شاخص گروه
Gypsum	گچ

H

Hard Rubber	لاستیک سفت
Hydrated Water	آب ملکولی
Hydrometer	هیدرومتر
Hygroscopic Moisture	رطوبت محیط

I

Initial	اولیه
Inorganic	غیر آلی
In- Situ	درمحل

L

Laboratory	آزمایشگاه
Layered Soil	خاک لایه لایه
Lean Clay	رس کم مایه

Lid	درپوش
Linear Shirinkage	انقباض خطی -جمع شدگی خطی
Liquid Limit	حد روانی
Lump	کلوخ

M

Material	خاک مصالح
Maximum	حداکثر- بیشینه
Mercury	جیوه
Mineral	ماده معدنی
Minimum	حداقل - کمینه
Moist	مرطوب
Moist Specimen	نمونه مرطوب
Mortar	هاون - ملات
Muck	خاک کود
Mud Stone	گل سنگ

N

Non plastic	غیر خمیری
Note	توضیحات

O

Odor	بو
Optimum	اپتیم - بهینه

Organic	آلی
Oven	گرمخانه

P

Pan	سینی
Particle Size Analysis	دانه بندی
Paasing	عبوری
Peat	تورب
Permeability	نفوذپذیری
Plastic Limit	حدخمیری
Plasticity Index	دامنه خمیری
Poorly Graded	بادانه بندی بد
Porcelin	چینی
Pore	حفره ای
Procedure	روش
Pulverize	خردکردن - سائیدن

R

Relative Density	تراکم نسبی
Representative Sample	نمونه معرف
Residue	باقیمانده
Retained	مانده
Rod	میله مدرج
Rubber Tipped Pestal	دسته هاون بانوک لاستیکی

S

Sample	**نمونه**
Sand	**ماسه**
Sand stone	**ماسه سنگ**
Sandy	**ماسه ای**
Sedimentation Cylinder	**استوانه ته نشینی**
Sedimentation Process	**عمل ته نشینی**
Seperation	**جداسازی**
Shaft	**محور**
Shale	**شیل**
Shear Strength	**مقاومت برشی**
Shell	**سنگهای مرجانی**
Shrink	**انقباض - جمع شدن**
Shrinkage Limit	**حدانقباض - حدجمع شدگی**
Shrinkage Ratio	**نسبت انقباض -نسبت جمع شدگی**
Sieve	**الک**
Significance and Use	**مشخصات وموارد کاربرد**
Silt	**لای**
Silt - Clay	**رس - لای**
Silt Stone	**سنگ لای**
Silty	**لای دار**
Silty Clay	**رس لای دار**
Silty , Clayey Gravel	**شن رسی لای دار**
Silty , Clayey Sand	**ماسه رسی لای دار**
Silty Gravel	**شن لای دار**
Silty Sand	**ماسه لای دار**

Slurry	گل - دوغاب
Soak	خیس خوردن
Soil Behavior	رفتار خاک
Soil Mechanics	مکانیک خاک
Solid Particle	قسمت جامد
Spatula	کاردک
Specific Gravity	چگالی
Stirrer	مخلوط کن
Stirring paddle	پروانه مخلوط کن
Stone Fragment	خرده سنگ
Stratified	لایه دار
Stream - Deposited Mixtures	ته نشین جریانهای آب
Sub Angular	نیمه تیز گوشه
Subbase	زیراساس
Sub Rounded	نیمه گرد
Swell	تورم

T

Table	جدول
Tap Water	آب معمولی
Temperature	دما
Test	آزمایش
Thermometer	دماسنج
Thread	فتیله
Tray	سینی

U

Unified	یکنواخت (یونیفاید)
Upper Limit	حدبالایی

V

Vacuum	خلاء
Vegetable Tissue	مواد گیاهی
Void Ratio	تخلخل
Volumetric Shrinkage	انقباض حجمی -جمع شدگی حجمی

W

Wash Bottle	آب فشان، بطری شستشو
Washing Pan	تشت زیر الک
Water Content	میزان رطوبت - آب محتوا
Wear	خوردگی
Weight	وزن
Well Graded	بادانه بندی خوب - خوب دانه بندی شده
With Boulder	با تخته سنگ
With Clay	با رس
With Cobble	با قلوه‌سنگ
With Silt	با لای

واژه نامه
فارسی - انگلیسی

آ

آب عاری از مواد معدنی	**Demineralized Water**
آب فشان	**Wash Bottle**
آب معمولی	**Tap Water**
آب مقطر	**Distilled Water**
آب ملکولی	**Hydrated Water**
آزمایش	**Test**
آزمایشگاه	**Laboratory**
آلی	**Organic**

الف

اپتیمم	**Optimum**
اساس (جاده)	**Base**
استوانه ته نشینی	**Sedimentation Cylinder**
الک	**Sieve**
انقباض	**Shrink**
انقباض حجمی	**Volumetric Shrinkage**
انقباض خطی	**Linear Shrinkage**
اهرم	**Carriage**
اولیه	**Initial**

ب

با تخته سنگ	**With Boulder**
با رس	**With Clay**

بافت	Texture
بافت الیافی	Fibrous Texture
با قلوه سنگ	With Cobble
باقیمانده	Residue
بادانه بندی خوب	Well Graded
بادانه بندی بد	Poorly Graded
با لای	With Silt
برگ اطلاعات	Data Sheet
برنج	Brass
بشر	Beaker
بطری شستشو	Wash Bottle
بو	Odor

پ

پروانه	Stirring Paddle

ت

تبخیر	Evaporation
تجزیه	Decomposition
تخته سنگ	Boulder
تخلخل	Void Ratio
ترازو	Balance
تشت زیرالک	Washing pan
تکیه گاه(وسیله)	Feet
تورب	Peat

Swell	تورم
Note	توضیحات
Stream -Deposited Mixture	ته نشین جریان آب

ج

Cup	جام
Dispersion Cup	جام مخلوط کن
Seperation	جداسازی
Table	جدول
Absorption	جذب
Mercury	جیوه

چ

Cohesive	چسبنده
Specific Gravity	چگالی
Porcelin	چینی

ح

Brittle State	حالت شکنندگی
Minimum	حداقل
Maximum	حداکثر
Shrinkage Limit	حد انقباض
Upper Limit	حد بالایی
Plastic Limit	حد خمیری

حد روانی	Liquid Limit
حفره‌ای	Pore

خ

خاک	Material , Soil
خاک دانه ای	Granular Material
خاک درشت دانه	Coarse - Grained Soil
خاک دست خورده	Disturbed Soil
خاکریز	Embankment
خاک ریز دانه	Fine Grained Soil
خاک کود	Muck
خاک لایه لایه	Layered Soil
خردکردن	Pulverize
خرده سنگ	Stone Fragment
خلاء	Vacuum
خوردگی	Wear
خیس خوردن	Soak

د

دامنه خمیری	Plasticity Index
دانه بندی	Particle Size Analysis
درپوش	Lid
درجه سفتی	Consistency
در محل	In - Situ
دسته هاون بانوک لاستیکی	Rubber Tipped Pestal

دما	**Temperature**
دماسنج	**Thermometer**
دوغاب	**Slurry**

ر

رابطه	**Equation**
رس	**Clay**
رس پرمایه	**Fat Clay**
رس کم مایه	**Lean Clay**
رسی	**Clayey**
رس - لای	**Silt - Clay**
رس لای دار	**Silty Clay**
رطوبت محیط	**Hygroscopic Moisture**
رفتارخاک	**Soil Behavior**
روش	**Procedure**

ز

زیراساس	**Subbase**

س

سازه های خاکی	**Earthwork Structures**
سنگ خرد شده	**Cursbed Ruck**
سنگ رسی	**Clay Stone**
سنگ لای	**Silt Stone**

سنگهای مرجانی	**Shell**
سینی	**Pan , Tray**

ش

شاخص گروه	**Group Index**
شرایط محیط	**Field Condition**
شرایط مرزی	**Border - line**
شن	**Gravel**
شن تمیز	**Clean Gravel**
شن رسی	**Clayey Gravel**
شن رسی لای دار	**Silty , Clayey Gravel**
شن لای دار	**Silty Gravel**
شنی	**Gravelly**
شیار زن انحنادار	**Curved Grooving Tool**
شیار زن مسطح	**Flat Grooving Tool**
شیل	**Shale**

ص

صافی کاغذی	**Filter Paper**

ض

ضربه	**Blow**
ضریب اصلاح	**Correction Factor**
ضریب انحنا	**Coeffficient of Curvature**

ضریب یکنواختی	**Coefficient of Uniformity**
ط	
طبقه بندی خاک	**Classification of Soil**
ع	
عبوری	**Passing**
عددفعالیت	**Activity Number**
عمل ته نشینی	**Sedimentation Process**
غ	
غیر آلی	**Inorganic**
غیر چسبنده	**Cohesionless**
غیر خمیری	**Non Plastic**
ف	
فتیله	**Thread**
ق	
قابلیت تراکم	**Compactibility**
قابلیت فشردگی	**Compressibility**
قسمت جامد	**Solid Particle**

قلوه سنگ	Cobble
قوطی - ظرف	Container
قیف مکنده(بوخنر)	Buckner Funnel

ك

کاتیون	Cation
کاردک	Spatula
کلوخ	Lump

گ

گچ	Gupsum
گرمخانه	Oven
گروه	Group
گل	Slurry
گل سنگ	Mud Stone

ل

لای	Silt
لای الاستیک	Elastic Silt
لای دار	Silty
لایه دار	Stratified
لاستیک سفت	Hard Rubber
لوله مخلوط کن	Dispersion Tube

م

ماده جداساز	**Dispersing Agent**
ماده معدنی	**Mineral**
ماسه	**Sand**
ماسه‌ای	**Sandy**
ماسه تمیز	**Clean sand**
ماسه درشت	**Coarse Sand**
ماسه رسی	**Clayey Sand**
ماسه رسی لای دار	**Silty , Clayey Sand**
ماسه سنگ	**Sand stond**
ماسه ریز	**Fine Sand**
ماسه ریز دانه کناردریا	**Fine Beach Sand**
ماسه لای دار	**Silty Sand**
ماسه بادی	**Fine Desert Blow Sand**
مانده	**Retained**
محفظه خشک	**Desicator**
محور	**Shaft , Cam**
مخلوط کن	**Dispersion Device , Stirrer**
مرطوب	**Moist**
مشخصات و موارد کاربرد	**Specificance and Use**
مقاومت برشی	**Shear Strength**
مکانیک خاک	**Soil Mechanics**
مواد گیاهی	**Vegetable Tissue**
میزان رطوبت	**Water Content**
میله مدرج	**Rod**

ن

نسبت انقباض	**Shrinkage Ratio**
نمونه	**Sample**
نمونه حجیم	**Bulk Sample**
نمونه خشک	**Dried Specimen**
نمونه مرطوب	**Moist Specimen**
نمونه معرف	**Representative Sample**
نفوذپذیری	**Permeability**
نیمه تیز گوشه	**Sub Angular**
نیمه گرد	**Sub Rounded**

و

وزن	**Weight**
وسیله ، ابزار	**Apparatus**

هـ

هاون	**Mortar**
هیدرومتر	**Hydrometer**

ی

یکنواخت (یونیفاید)	**Unified**

برگهای اطلاعاتی

برگ اطلاعات؛شماره۱:

نام پروژه: محل انجام پروژه: نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه: شماره حفاری: تاریخ انجام آزمایش:

درجه حرارت گرمخانه: مشخصات ظاهری خاک:

«تعیین میزان رطوبت»

شماره نمونه	عمق نمونه	شماره قوطی	W_c	W_1	W_2	$W_s = W_2 - W_C$	$W_w = W_1 - W_2$	$w = (W_w/W_s)x100$	ملاحظات
			وزنه قوطی بادرپوش	وزن قوطی + نمونه مرطوب	وزن قوطی + نمونه خشک شده	وزن نمونه خشک شده	وزن آب حفره‌ای	درصد رطوبت	

* کلیه وزنها برحسب گرم میباشد

برگ اطلاعات؛شماره ۲ :

نام پروژه: محل انجام پروژه: نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه: شماره حفاری: تاریخ انجام آزمایش:

مشخصات ظاهری خاک: درجه حرارت گرمخانه:

«تعیین حد روانی»

شماره نمونه	عمق نمونه برداری	شماره قوطی	W_c	W_1	W_2	$W_s = W_2 - W_c$	$W_w = W_1 - W_2$	$w_L = (W_w/W_s)x100$	N	ملاحظات
			وزن* قوطی بادرپوش	وزن قوطی + نمونه مرطوب	وزن قوطی + نمونه خشک‌شده	وزن نمونه خشک‌شده	وزن آب حفره‌ای	درصد رطوبت، حد روانی	تعداد ضربه‌ها	

* کلیه وزنها برحسب گرم میباشد

برگ اطلاعات؛شماره ۳ :

نام پروژه: محل انجام پروژه: نام انجام دهنده آزمایش:

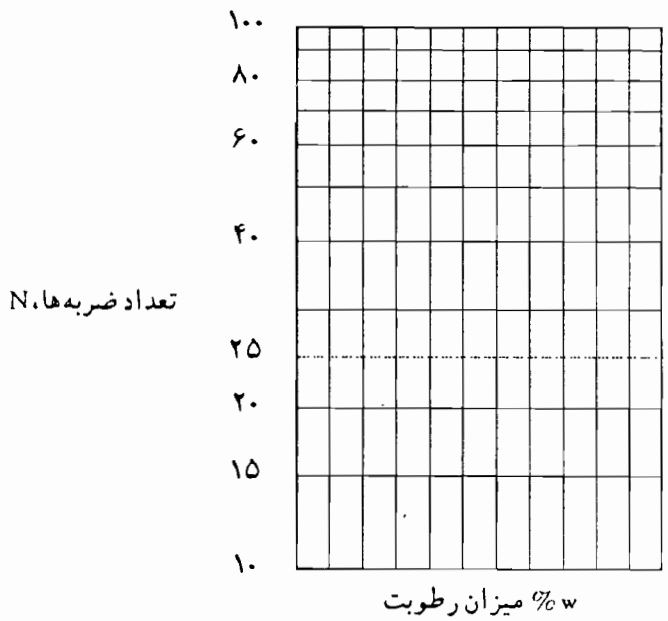
شماره پروژه: شماره حفاری: تاریخ انجام آزمایش:

مشخصات ظاهری خاک: درجه حرارت گرمخانه:

«حد خمیری»

شماره نمونه	شماره قوطی	W_c	W_1	W_2	$W_s = W_2 - W_c$	$W_w = W_1 - W_2$	$w = (W_w / W_s) \times 100$	w_P
		وزن° قوطی + درپوش	وزن قوطی + نمونه مرطوب	وزن قوطی + نمونه خشک‌شده	وزن نمونه خشک‌شده	وزن آب حفره‌ای	درصد رطوبت	حد خمیری، میانگین دو درصد رطوبت بدست آمده

کلیه وزنها برحسب گرم میباشد



شماره نمونه										
حد روانی w_L										
حد خمیری w_P										
دامنه خمیری $I_p = w_L - w_P$										

برگ اطلاعات شماره ۴ :

نام پروژه :

شماره پروژه:

مشخصات ظاهری خاک:

محل انجام پروژه:

شماره پروژه :

نام‌انجام دهنده آزمایش:

تاریخ انجام آزمایش:

«تعیین حد انقباض»

شماره نمونه	عمق نمونه برداری	شماره قوطی	W_c وزن ظرف‌چینی چرب شده	W_1 وزن‌ظرف + نمونه اولیه	W_2 وزن‌ظرف + نمونه‌خشک	$W_w = W_1 - W_2$ وزن آب حفره‌ای	$W_s = W_2 - W_c$ وزن نمونه خشک	$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$ درصد رطوبت	V Cm^3 حجم اولیه خمیر	V_o Cm^3 حجم‌نمونه خشک	$v_s = v - [(V - V_o)/\gamma_w] \times 100$ حد انقباض	$R = \frac{v_s}{V_o} \times \gamma_w$ نسبت انقباض	$V_s = (v_1 - v_s)R$ انقباض حجمی	$L_s = 100\left[1 - \sqrt[3]{\frac{100}{(v_s + 100)}}\right]$ انقباض خطی	$G = \frac{1}{((1/R) - (v_s/100))}$ چگالی	ملاحظات

* کلیه وزنها برحسب گرم می‌باشد.

برگ اطلاعات شماره ۵:

نام پروژه:
شماره حفاری:
نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه:
درجه حرارت گرمخانه:
تاریخ انجام آزمایش:

محل انجام پروژه:
مشخصات ظاهری خاک:

دانه بندی خاک بطریقه مکانیکی:

W_1	وزن قوطی + نمونه خشک شده		
W_2	وزن قوطی		
$W_s = (W_1 - W_2)$	وزن نمونه خشک شده		

شماره الک	چشمه الک (میلیمتر)	وزن الک (گرم)	وزن الک + خاک (گرم)	وزن نمونه مانده بر الک (گرم)	درصد نمونه مانده بر الک	مجموع درصد نمونه مانده بر الک	درصد خاک عبوری

برگ اطلاعات ؛شماره ٦ :

نام پروژه: شماره حفاری: نام انجام دهنده آزمایش :

شماره پروژه: درجه حرارت گرمخانه: تاریخ انجام آزمایش :

محل انجام پروژه: مشخصات ظاهری خاک:

دانه بندی خاک به روش هیدرومتری:

شماره هیدورمتر : ضریب اصلاح ،a: چگالی خاک ، G_s :

نوع ماده جداساز : مقدار اصلاح کلی: وزن نمونه ،W :

مقدار ماده جداساز :

قطر ذرات، D میلیمتر	ضریب K جدول ۳	L/t	عمق مؤثر، L جدول ۲	درصد ذرات ریز دانه، P	قرائت اصلاح شده، R	قرائت حقیقی هیدرومتر R_c	دما، سانتیگراد	زمان گذشته بر هر قرائت (دقیقه)	زمان هر قرائت (ساعت)	تاریخ

نمودار دانه‌بندی:

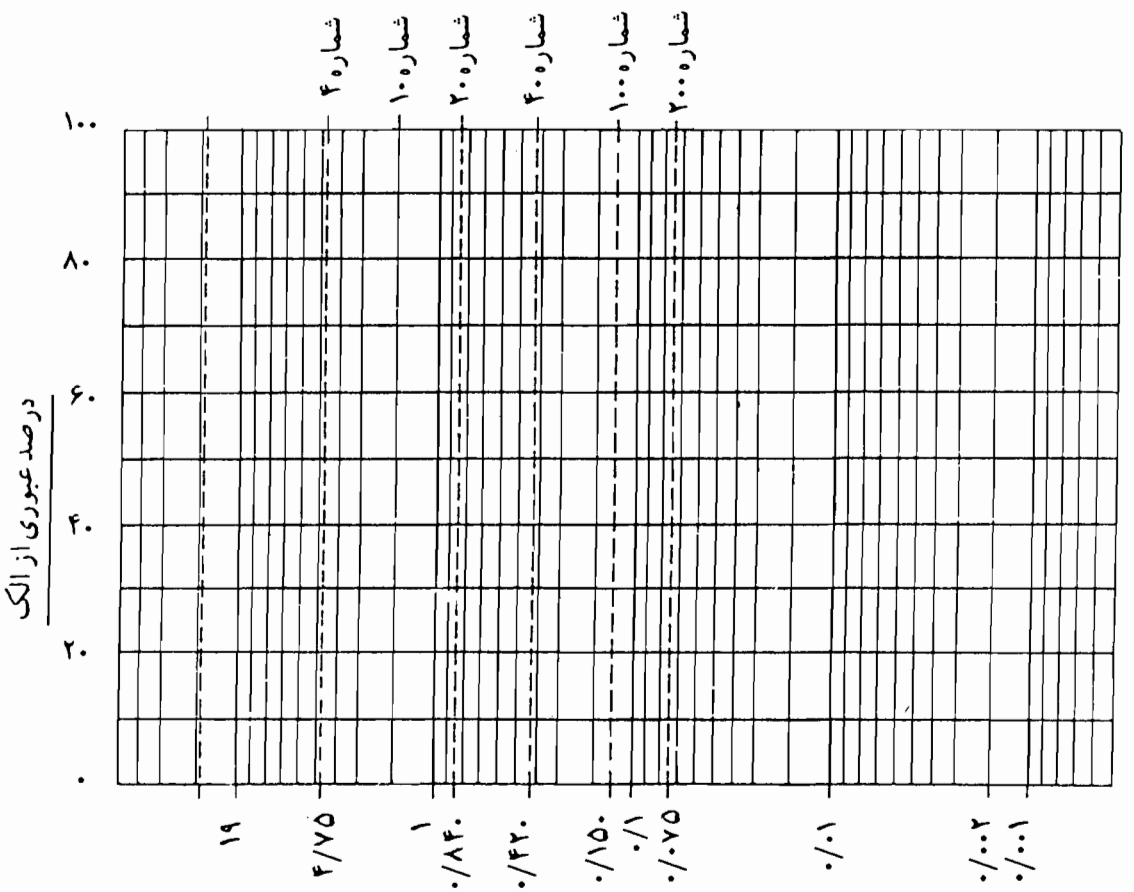
نام پروژه: شماره حفاری: نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه: درجه‌حرارت گرمخانه تاریخ آزمایش:

محل انجام پروژه:

		ماسه		شن
رس	لای	ریز	درشت تا متوسط	

انداز‌ه‌های الک (استاندارد امریکا)



(قطر) اندازه ذرات، میلیمتر

خواص ظاهری خاک،

طبقه‌بندی خاک:

سیستم طبقه‌بندی:

سازمان برنامه و بودجه
آرشیو فنی

منابع

- AASHTO - American Association of State Highway and Transportation officials, part I - Specification, Part II - Method and Sampling and Testing, 1989
- ASTM, Vol : 04.08, Soil and Rock; Building Stones, 1989
- BS, Methods of Test for Soils for Civil Engineering , 1987

- استانداردهای مؤسسه استاندارد ایران
- کتاب واژه‌های مکانیک خاک و مهندسی پی - تهیه دکتر کامبیز بهنیا - دکتر امیر محمد طباطبایی - مهندس کامران رضوان