



جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه

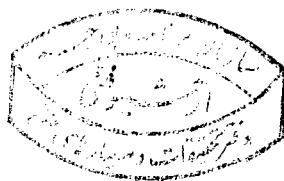
## آزمایشهای تیپ مکانیک خاک

(شناسایی و طبقه‌بندی خاک)

نشریه شماره ۱۲۷

معاونت فنی  
دفتر تحقیقات و معیارهای فنی

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

## فهرستبرگه

سازمان برنامه و بودجه . دفتر تحقیقات و معیارهای فنی  
آزمایشهای تیپ مکانیک خاک (شناسایی و طبقه‌بندی خاک) / معاونت فنی، دفتر  
تحقیقات و معیارهای فنی. - تهران: سازمان برنامه و بودجه، مرکز مدارک  
اقتصادی، اجتماعی و انتشارات، ۱۳۷۲.  
ت، ۱۲۵ ص: مصور. - (سازمان برنامه و بودجه. دفتر تحقیقات و معیارهای  
فنی؛ نشریه شماره ۱۲۷) (انتشارات سازمان برنامه و بودجه؛ ۱/۷۲/۵۵)  
کتابنامه: ص. ۱۲۵

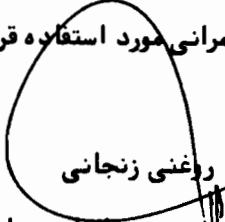
۱. خاک - مکانیک. ۲. خاک - تجزیه و آزمایش. ۳. خاک - رده‌بندی.  
۴. خاکشناسی. الف. سازمان برنامه و بودجه. مرکز مدارک اقتصادی - اجتماعی  
و انتشارات. ب. عنوان. ج. سلسله انتشارات.

ش. ۱۲۷۰ ۲/س 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 - اجتماعی و انتشارات  
چاپ اول: ۱۰۰۰ نسخه ۱۳۷۲  
قیمت: ۲۸۵۰ ریال  
چاپ و صحافی: مؤسسه زحل چاپ  
همه حقوق برای ناشر محفوظ است.



جمهوری اسلامی ایران  
سازمان برنامه و بودجه

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| بده : تمامی دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاور                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | دستورالعمل شماره ۲۲۰۸-۵۶/۱۹۳۵۱-۱<br>مورخ ۷۱/۱۲/۱ |
| موضوع : آزمایشهای تیپ مکانیک خاک<br>(شناسایی و طبقه بندی خاک)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | کد                                               |
| تذکر :                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                  |
| <p>باستناد ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه کشور و آئین نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی این دستورالعمل از نوع <input type="text" value="دو"/> مذکور در ماده هفت آئین نامه در <input type="text" value="یک"/> صفحه صادر میگردد .</p> <p>تاریخ مندرج در ماده ۸ آئین نامه در مورد این دستورالعمل <input type="text" value="۱۳۷۲/۴/۱"/> میباشد .</p> <p>به پیوست نشریه شماره ۱۲۷ دفتر تحقیقات و معیارهای فنی این سازمان تحت عنوان "آزمایشهای تیپ مکانیک خاک - شناسایی و طبقه بندی خاک " ابلاغ می شود .</p> <p>دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور میتوانند مفاد نشریه یاد شده و ضوابط و معیارهای مندرج در آن را ضمن تطبیق با شرایط کار خود در طرحهای عمرانی مورد استفاده قرار دهند .</p> <p><br/>معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان برنامه و بودجه</p> |                                                  |

" 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 ازطریق دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاوروپیمانکاران وعوامل دیگرضروری است (نظیر فرم ضمانت نامهها ، فرم پیمانها ، استانداردهای فنی ، تجزیه واحدیهاوغيره) .

بند ۲- گروه دوم دستورالعملهایی که بطورکلی وبرای موارد عادی تهیه میگردد وبرحسب مورد دستگاههای اجرایی ومهندسان مشاوروپیمانکاران وعوامل دیگرمیتوانند به تشخیص خود مفاد دستورالعمل ویا ضوابط ومعیارهای آنرا باتوجه به کارمورد نظر ودرحدود قابل قبولی که دردستورالعمل تعیین شده تغییر داده وآنرا با شرایط خاص کارمورد نظرتطبیق دهند ( نظیر حق الزحمه مهندسان مشاور وشرایط 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 در صورتیکه دستگاههای اجرایی وموسسات مشاور روشهای بهتری داشته باشند اجباری نیست .

ماده ۸- سازمان موظف است گروه هردستورالعمل رابطور مشخص درمثن آن قیود نموده وبعلاوه درمورد دستورالعملهای گروه ۱ وگروه ۲ تاتاریخی کماز آن تاریخ لازم است بمورد اجرا گذاشته شود تعیین نماید . مدت زمان بین تاریخ صدوراین دستورالعملها وتاریخی که به مورد اجرا گذاشته میشود نباید از ۳ ماه کمترباشد . در صورتی که یک دستورالعمل ناقص ویا جایگزین تمام ویا قسمتی ازدستورالعملهای قبلی باشد لازم است مراتب صراحتاً وبا ذکر مشخصات دستورالعملهای قبلی درمثن دستورالعمل قید گردد .

بسم الله الرحمن الرحيم

دفتر تحقیقات و معیارهای فنی لازم می‌داند از خانم مهندس بهناز پورسید که تهیه‌کننده 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. آرزو مند 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 پایه نتایج به دست آمده از جلسات کارشناسی طبقه بندی آزمایشها به شرح زیر پیشنهاد و اجرا شده است:

الف - شناسایی و طبقه بندی خاک

ب - خواص مهندسی خاک

ج - مرغوبیت مصالح

د - پی سازی

ه - آزمایشهای صحرایی و نمونه برداری

و - تهیه و تدوین واژه نامه آزمایشهای مکانیک خاک

قابل ذکر است که در طول تهیه آزمایشهای گروه الف ترتیبی اتخاذ گردیده است 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 شده است.  
جلد حاضر حاوی آزمایشهای پایه ای مورد نیاز هر پروژه عمرانی برای شناسایی و طبقه بندی خاک  
محل مورد نظر می باشد.

| <u>صفحه</u> | <u>فهرست</u>                                  |
|-------------|-----------------------------------------------|
| ۱           | آزمایش تعیین میزان رطوبت خاک در آزمایشگاه     |
| ۷           | آزمایش تعیین حدود روانی و خمیری و دامنه خمیری |
| ۳۴          | تعیین ضرایب انقباض خاک                        |
| ۴۱          | آزمایش دانه بندی خاک                          |
| ۶۳          | طبقه بندی خاک                                 |
| ۹۵          | واژه نامه (انگلیسی - فارسی)                   |
| ۱۰۶         | واژه نامه (فارسی - انگلیسی)                   |
| ۱۱۶         | برگهای اطلاعاتی                               |
| ۱۲۵         | منابع                                         |

## تعیین میزان رطوبت خاک 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 ( $w_p$ ) 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 در درجه حرارت محیط دارای مقدار معتنابهی آب ملکولی می باشند و مقدار این آب در درجه حرارت حدود ۱۱۰ درجه سانتیگراد تغییر می یابد) و یا خاکهای حاوی مقدار زیادی مواد آلی، از طریق روشهای اصلاح شده «الف» و یا «ب» تعیین می گردد.
- در صورتیکه تعیین رطوبت این خاکها باروش عادی انجام شود میزان رطوبت بدست آمده نادرست بوده و بیش از مقدار واقعی می باشد .

## ۲- مشخصات و موارد کاربرد :

- ۱-۲- در بررسی رفتار خاک 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:

- ۱-۳- گرمخانه ، باد ماسنج قابل کنترل و دمای یکنواخت ۱۱۰ درجه سانتیگراد و حساسیت  $\pm 5$  درجه سانتیگراد .
- ۲-۳- ترازو ، با حساسیت  $\pm 0.1$  گرم برای نمونه های تا ۲۰۰ گرم و با حساسیت  $\pm 0.1$  گرم برای نمونه های ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ گرم و با حساسیت  $\pm 1$  گرم برای نمونه های بیش از ۱۰۰۰ گرم .
- ۳-۳- قوطی حاوی نمونه ، برای تعیین هر میزان رطوبت حداقل یک قوطی لازم است و عموماً هر

قوطی دارای یک شماره میباشد.

- مناسبترین نوع قوطی از جنسی است که بر اثر سرد و گرم شدن و شستشوی پیایی تغییر وزن ندهد. قوطی‌هایی که با درپوش کاملاً بسته می‌شوند برای نمونه‌های ۲۰۰ گرم یا کمتر، بهتر بوده و در مورد نمونه‌های بیش از ۲۰۰ گرم میتوان از قوطی‌های بدون درپوش استفاده نمود.

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

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

#### ۴- نمونه‌ها:

۴-۱- نمونه‌ها باید در ظروف کاملاً بسته و دور از نور آفتاب و در دمایی حدود ۳ تا ۳۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند.

۴-۲- تعیین میزان رطوبت باید هر چه زودتر بعد از نمونه‌گیری 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 مورد نظر باشد. انتخاب نمونه، کاملاً به هدف آزمایش، نوع خاک و نوع نمونه‌گیری بستگی دارد. در صورت لایه‌لایه بودن خاک و یا در شرایطی که خاک ناهمگنی زیاد دارد، نمونه مخلوط تمام لایه‌نمونه‌ای از هر لایه و یا هر دو تهیه شده و نحوه عمل در گزارش به طور دقیق ذکر شود.

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

مقدار خاک مورد نیاز در جدول زیر آمده است :

| حد اقل مقدار نمونه مرطوب مورد نیاز (گرم) | بزرگترین چشمه الکی که بیش از ۱۰٪ نمونه بر روی آن باقی می ماند |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| ۵۰۰ تا ۱۰۰۰                              | ۷۶۰۰mm                                                        |
| ۱۵۰ تا ۳۰۰                               | ۳۸۰۰mm                                                        |
| ۵۰ تا ۱۰۰                                | ۱۹-mm                                                         |
| ۳۰ تا ۵۰                                 | ۴۷۵ mm (الک شماره ۴)                                          |
| ۱۰ تا ۲۰                                 | ۲۰۰ mm (الک شماره ۱۰)                                         |

- ۲-۲-۵- در صورتی که خاک در دسترس کم باشد، نمونه معرف باید بنا بر روش زیر تهیه گردد:
- ۱-۲-۲-۵- در مورد خاکهای غیر چسبنده، ابتدا مصالح کاملاً مخلوط شده، سپس مقدار نمونه آزمایشگاهی طبق مقادیر نشان داده شده در جدول بند (۱-۲-۵) انتخاب شود.
- ۲-۲-۲-۵- در مورد خاکهای چسبنده قبل از انتخاب نمونه آزمایشگاهی، حدود ۳ میلیمتر از سطح قسمتهایی از نمونه را که در معرض هوا قرار داشته جدا کرده و سپس برای ملاحظه لایه های خاک، نمونه به دو نیم تقسیم شود، در صورت لایه لایه بودن خاک به بند (۲-۵) رجوع شود.
- وزن نمونه اولیه نباید از ۲۵ گرم کمتر شود، در صورت مشاهده ذرات درشت باید از جدول بند (۱-۲-۵) استفاده شود.
- هنگام آزمایش نمونه های کوچک، اگر ذرات درشت در آن دیده شود، بهتر است این ذرات از نمونه آزمایشگاهی جدا شده و مطلب در گزارش ذکر گردد.
- ۳-۵- استفاده از نمونه آزمایشگاهی کمتر از حداقل مقدار ذکر شده، نیازمند دقت فراوان بوده و باید در گزارش ذکر شود.

#### ۶- مراحل انجام آزمایش :

- ۱-۶- نمونه آزمایشگاهی مطابق بند ۵ تهیه شود.
- ۲-۶- وزن قوطی تمیز و خشک (W) همراه با درپوش تعیین شده و شماره قوطی یادداشت شود.
- ۳-۶- نمونه را در قوطی قرار داده، درپوش آن کاملاً بسته شود. وزن قوطی محتوی نمونه

مرطوب ( $W_p$ ) به وسیله ترازوی مناسب (بند ۳-۲) تعیین گردد.

مقادیر بدست آمده در برگ اطلاعات یادداشت شود.

- برای خشک کردن نمونه های بزرگ، می توان نمونه را به قطعات کوچکتر تقسیم نمود و از ظروف با سطح بیشتر (چون سینی) استفاده کرد.

- اگر عمل توزین با تاخیر بیش از ۳ دقیقه انجام گیرد، باید در پوش قوطی گذاشته شده و بر روی آن حوله کاغذی مرطوبی قرار داده شود تا از تغییر رطوبت نمونه ممانعت گردد.

۶-۲- 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، در پوش برداشته شده زیر قوطی قرار داده شود و نمونه تا رسیدن به وزن ثابت تحت دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد خشک شود.

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

- لازم به تذکر است که دمای ۱۱۰ درجه سانتیگراد موجب تجزیه و تخریب ساختار و در نتیجه بروز تغییراتی در خصوصیات بعضی از انواع خاکها، چون خاکهای حاوی مواد آلی، خاکهای گچ دار و خاکهای حاوی آب ملکولی ناپایدار می شود. تعیین رطوبت خاکهایی که آب حفره ای آنها حاوی مقدار زیادی مواد جامد حل شده می باشد (مانند نمک در رسوبات معادن) با روش عادی نادرست بوده و مقدار رطوبت تعیین شده با این روش کمتر از مقدار واقعی است.

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

- روش اصلاح شده «ب»: در این روش از گرمخانه با دمای ۲۳ تا ۶۰ درجه سانتیگراد

و با خلا نسبی حدود ۱۳۳ پاسکال (معادل ۱۰ میلیمتر جیوه) استفاده می شود.

- از آنجا که خاک خشک ممکن است از خاک مرطوب رطوبت جذب کند، نمونه های خشک شده باید قبل از قرار دادن نمونه مرطوب از گرمخانه خارج شوند، مگر آنکه نمونه خشک شده قبلی بار دیگر به مدت ۱۶ ساعت در گرمخانه باقی بماند.

۵-۶- پس از خشک شدن نمونه، قوطی حاوی نمونه از گرمخانه خارج شده و درپوش آن گذاشته شود. پس از سرد شدن قوطی تا دمای اتاق یا دمای قابل تحمل دست (در صورتی که بردقت 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 و یا 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 بر حسب درصد به طریق زیر محاسبه می شود:

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

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 حفره ای

$W_s =$  وزن قسمت جامد

کلیه وزنهای بر حسب گرم میباشد.

برگ اطلاعات؛ شماره ۱:

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

تاریخ انجام آزمایش: شماره حفاری: شماره پروژه:

مشخصات ظاهری خاک: درجه حرارت گرمخانه:

«تعیین میزان رطوبت»

| ملاحظات | $w = (W_w / W_s) \times 100$ | $W_w = W_1 - W_2$ | $W_s = W_2 - W_C$ | $W_2$                    | $W_1$                  | $W_C$             | شماره قوطی | عمق نمونه | شماره نمونه |
|---------|------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|------------------------|-------------------|------------|-----------|-------------|
|         | درصد رطوبت                   | وزن آب حفارای     | وزن نمونه خشک شده | وزن قوطی + نمونه خشک شده | وزن قوطی + نمونه مرطوب | وزنه قوطی با دیوش |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                   |            |           |             |

کلبه وزن با بر حسب گرم میباشد

## تعیین حد روانی، حد خمیری و دامنه خمیری خاک

## ۱- هدف :

۱-۱- به وسیله این روش آزمایش، حد روانی و خمیری و دامنه خمیری خاک تعیین می شود.  
 ۱-۱-۱- آماده کردن نمونه و تعیین حد روانی هر یک به دوروش مورد بررسی قرار می گیرند:

- الف: آزمایش چند نقطه ای با استفاده از روش مرطوب (بند ۹-۱۰، ۱۱ و ۱۲)
  - ب: آزمایش چند نقطه ای با استفاده از روش خشک (بند ۹-۱۰، ۱۱ و ۱۲)
  - ج: آزمایش یک نقطه ای با استفاده از روش مرطوب (بند ۱۲ و ۱۳ و ۱۴)
  - د: آزمایش یک نقطه ای با استفاده از روش خشک (بند ۱۲ و ۱۳ و ۱۴)
- آزمایش به روش «الف» اجرا می شود مگر متقاضی روش دیگری را درخواست نماید.

۱-۲- روش آزمایش حد خمیری در بندهای ۱۵ و ۱۶ و ۱۷ توضیح داده شده است. این آزمایش بر روی نمونه های آماده شده برای آزمایش حد روانی اجرا می شود.  
 در نتیجه تهیه نمونه آزمایش حد خمیری نیز به دوروش صورت می گیرد.

۱-۳- روش محاسبه دامنه خمیری در بند (۱۸) آمده است.  
 ۱-۲- حد روانی و حد خمیری (و حد انقباض) غالباً تحت عنوان حدود اتربرگ نامیده می شوند. به وسیله حدود اتربرگ مرز میان سفتی های مختلف خاک خمیری قابل تشخیص است.  
 ۱-۳- اجرای روش چند نقطه ای توسط تکنسین کار آزموده نسبت روش یک نقطه ای مدت بیشتری طول خواهد کشید. البته اجرای روش یک نقطه ای 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 می شود، تکنسینهای کم تجربه بخصوص از روش چند نقطه ای استفاده نمایند.

۴-۱- 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.

۵-۱- حد روانی و حد 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.

در صورت استفاده از مقادیر حد روانی و خمیری خاک برای تخمین رفتار مکانیکی خاک در شرایط رطوبت طبیعی، هرگز نباید نمونه قبل از انجام آزمایش خشک شود.

۶-۱- ترکیب و غلظت نمکهای محلول در بافت خاک همچنان که بر میزان رطوبت خاک اثر می گذارد، مقدار حد روانی و حد خمیری آن را نیز تغییر می دهد. در نتیجه در مورد خاکهای ته نشست دریایی و یا دیگر خاکهای حاوی مقدار معتدناهی نمک قابل حل در آب باید تمهیدات ویژه ای اتخاذ گردد.

همچنین لازم است، در این خاکها درجه رقت یا غلظت نمک محلول در آب مورد توجه قرار گیرد تا نتایج معنی دار حاصل آید.

۷-۱- این روش آزمایش روی قسمتی از خاک انجام می شود که از الک ۰۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) عبور کرده باشد.

## ۲- تعاریف:

۱-۲- حدود اتربرگ، برای حالات سفتی خاکهای ریز دانه، هفت حد توسط اتربرگ معرفی شده بود. در حال حاضر، حدود اتربرگ به حد روانی، حد خمیری و در مواردی به حد انقباض اشاره دارد.

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

۳-۲- حد روانی ( $w_L$ ): میزان رطوبت خاک بر حسب درصد، در مرز بین حالت روانی و حالت خمیری است.

این میزان رطوبت به طور قراردادی چنین تعریف شده است:

میزان رطوبتی است که طی آن خاک قرار گرفته در جام استاندارد که به وسیله شیارزن استاندارد دو نیم شده، در اثر ۲۵ ضربه ناشی از سقوط جام از ارتفاع ۱۰ میلیمتری در طول ۱۳ میلیمتر بهم می آید. تناوب ضربات ناشی از سقوط دو ضربه در ثانیه است.

- مقاومت برشی زهکشی نشده خاک متناسب با حد روانی برابر با  $2 \pm 2$  کیلو پاسکال فرض شده است.

۴-۲- حد خمیری ( $w_p$ ): میزان رطوبت بر حسب درصد، در مرز 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 فتيله ای به قطر ۳/۲ میلیمتر تبدیل نمود.

۵-۲- 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.

۶-۲- 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.\*

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

۸-۲- عدد فعالیت (A): برابر است با نسبت دامنه خمیری خاک به درصد وزنی ذرات ریزتر از ۰/۰۰۲ میلیمتر.

۳- خلاصه روش :

ذرات خاک باقیمانده بر الک ۰/۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) حذف شوند.

۱-۳- حد روانی ( $w_L$ ): آزمایش حد روانی بدین طریق اجرا می شود 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 چند نقطه «الف» و «ب» مراحل اجرای آزمایش سه بار و یا بیشتر بر روی نمونه هایی با میزان رطوبتهای متفاوت باید اجرا شده و اطلاعات بدست آمده در محاسبات حد روانی مورد استفاده قرار گیرند.

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

\*  $I_p = w_L - w_p$

۲-۳- حد خمیری ( $w_p$ ) - هرگاه خاک بارها به وسیله دست بهم فشرده شده و به صورت فتیله ای به قطر ۳/۲ میلیمتر در آورده شود تا جایی که در حالت 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 و حد 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 و مشخصات مکانیکی خاک از جمله :

تراکم پذیری، نفوذ پذیری، تحکیم پذیری، خصوصیات انقباض و تورمی و مقاومت برشی آن استفاده می شود.

۴-۲- حد روانی و حد خمیری خاک همراه با میزان رطوبت طبیعی آن در بررسی حالت سفتی خاک و تعیین شاخص روانی بکار گرفته می شود. حدود اتربرگ به همراه درصد ذرات ریزتر از ۰۰۲ 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 می شود. در مواردی که دقت بیشتری مورد نظر است، برای مثال انتخاب مصالح و یا ارتباط با نتایج سایر آزمایشها از روش چند نقطه ای استفاده می شود.

۴-۴- این دو روش گاه در بررسی ویژگیهای هواز دگی شینستهای رسی مورد استفاده قرار می گیرند. اگر شینستهای رسی متناوباً مرطوب و خشک شوند، حد روانی آن ها تمایل به افزایش نشان می دهد. این مقدار افزایش نشان دهنده قابلیت هواز دگی خاک است.

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

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

۱-۱-۵- پایه: پایه باید از جنس لاستیک سفت، مطابق استاندارد (ASTM D4318) باشد. این پایه بر

چهار تکیه گاه لاستیکی انعطاف پذیر قرار دارد.

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

۳-۱-۵- محور: مکانیزم محور باید قادر باشد که با ۱۸۰ درجه چرخش، جام برنجی را به آرامی با

شتاب ثابت تا حداکثر ارتفاع بلند کند.

۴-۱-۵- اهرم: تنظیم ارتفاع فرو افتادن 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 و بررسی را میسر می سازد.

۵-۱-۵- موتور برقی (دلخواه): برای به حرکت در آوردن محور، بجای دست می توان از

موتور برقی استفاده کرد. موتور باید بتواند محور را با سرعت  $0.1 \pm 0.2$  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، می توان از یک قطعه

پایه لاستیکی استفاده کرد و یا تدابیر دیگری اتخاذ نمود.

۲-۵- شیار زن سطح: ابعاد شیار زن مسطح در شکل ۲ نشان داده شده است. جنس آن از فولاد

زنگ زن می باشد، وسیله شیار زن ممکن است مجهز به زائده ای به ضخامت ۱۰ میلیمتر

باشد که از آن در تنظیم ارتفاع فرو افتادن جام استفاده می شود.

- 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 حد روانی بدست آمده از شیار زن انحنادار می باشد.

۳-۵- 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 ۲۵ و قطر ۵ سانتیمتر مناسب

است.

- ۴-۵- ترازو: ترازو با قابلیت قرائت حداقل ۰.۰۱ گرم، حساسیت ۰.۰۳ گرم مورد نیاز است.
- ۵-۵- نگهداری نمونه: برای نگهداری نمونه های خاک آماده شده باید از ظرفی که نمونه ها 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 و لبه کیسه بتواند به مقدار کافی برگردانده شود، کفایت می کند.
- ۶-۵- صفحه شیشه ای: یک صفحه شیشه ای مسطح به ابعاد تقریبی ۳۰ سانتیمتر و ضخامت یک سانتیمتر برای مخلوط کردن و تهیه فتیله های خاک (برای آزمایش حد خمیری) مورد نیاز است.
- ۷-۵- 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 می تواند مفید واقع شود.
- ۸-۵- الک: الک به قطر ۲۰ سانتیمتر و اندازه ۴۲۵ ر. میلیتر (شماره ۴۰) لازم است. همچنین ممکن است الک ۲ میلیتر (شماره ۱۰) نیز لازم آید.
- ۹-۵- بطری شستشو: ویا ظرف مشابه دیگر (آب فشان) با قابلیت کنترل آب افزودنی به خاک و یا شستشوریز دانه ها از درشت دانه ها مورد نیاز است.
- ۱۰-۵- گرمخانه: با دماسنج قابل کنترل و دمای یکنواخت ۱۱۰ درجه سانتیگراد و حساسیت  $\pm 5$  درجه سانتیگراد مورد نیاز است.
- ۱۱-۵- تشت زیر الک: ظرفی به قطر قدری بیشتر از ۲۰ سانتیمتر و عمق ۷.۵ سانتیمتر برای جمع آوری ذرات شسته شده زیر الک لازم است.
- ۱۲-۵- میله مدرج (دلخواه): یک میله فلزی یا پلاستیکی یا لوله کوچک به قطر ۳.۲ میلیتر و طول حدود ۱۰ سانتیمتر جهت مقایسه قطر و طول فتیله خاک آزمایش حد خمیری مفید است.

## ۶- آب:

- ۱-۶- آب مقطر و یا 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 ۰۰۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) بدست آورد.

خاک چسبنده باید در سینی، 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 تمیز و در شرایط خوبی نگهداری شده باشد، نکات زیر باید در وسیله بازرسی شوند:

۸-۱-۱-۱- سائیدگی پایه: محل تماس جام برنجی و پایه نباید بیش از دایره ای به قطر ۱۰ میلیمتر سائیده شده باشد، در غیر این صورت باید پایه تعویض و یا محل سائیده شده صاف شود.

۸-۱-۱-۲- سائیدگی جام برنجی: در صورتی که محل برش خاک به وسیله شیازن، بیش از عمق ۰ میلیمتر سائیده شده باشد و یا 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 جدا شدن محور از اهرم

بیفتد.

- ۸-۲-۱- وسایل شیار زن: سائیدگی شیار زن بستگی به جنس آن و نوع خاکهای مورد آزمایش دارد. خاکهای ماسه ای به سرعت باعث سائیدگی شیار زن می شوند. در نتیجه در صورت اجرای آزمایش بر این نوع از خاکها، وسیله شیار زن باید بطور مدام از نظر سائیدگی مورد بازرسی قرار گیرد. شیار زن با ضخامت لبه بیش از ۲۱ میلیتر نباید مورد استفاده قرار گیرد. عمق لبه شیار زن نیز باید بین ۷٫۹ الی ۸٫۱ میلیتر 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  $2 \pm 10$  میلیتر باشد.

### «روش چند نقطه ای 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، در بقیه موارد روش زیر باید اجرا شود.
- ۹-۱-۱- نمونه عبوری از الک ۰٫۴۲۵ میلیتر (شماره ۴۰): هنگامی که از تشریح نظری چنین نتیجه شده که نمونه حاوی مقدار بسیار کم ذرات بزرگتر از ۰٫۴۲۵ میلیتر است و یا اصولاً ذرات درشت تر از ۰٫۴۲۵ میلیتر در نمونه وجود ندارد، نمونه ای معرف به وزن ۱۵۰ الی ۲۰۰ گرم حاصل از مخلوط کردن خاک مزبور با مقدار لازم آب مقطر و یا آب عاری از مواد معدنی (برروی صفحه شیشه ای و به 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 حد روانی، حدود ۲۵ الی ۳۵ ضربه کافی باشد.
- به هنگام مخلوط کردن نمونه، لازم است ذرات درشت تر از ۰٫۴۲۵ میلیتر با دست برداشته شود. در صورتی که برداشتن این ذرات با دست امکان پذیر نباشد باید قسمت حاوی ذرات درشت را با دقت از الک ۰٫۴۲۵ میلیتر گذراند. به این منظور لازم است

کار به گونه ای انجام شود که الک آسیب نبیند و ذرات خاک خرد نشود. در این موارد از وسایل سبک پلاستیکی برای گذراندن ذرات از چشمه های الک استفاده شود. اگر ذرات درشت تر از ۴۲۵ ر. میلیمتر بیش از ۱۵ درصد وزنی نمونه را تشکیل دهند، بهتر است بنا بر روش بند (۹-۱-۲) نمونه بر روی الک شسته شود. باید دقت شود که هرگز برای عبور دادن ذرات درشت تر از الک، ذرات شکسته نشوند بلکه به وسیله دست و یا شستن از روی الک برداشته شوند.

نمونه مخلوط شده باید به مدت ۱۶ ساعت در قوطی نگهداری نمونه قرار داده شده و در پوش قوطی به منظور جلوگیری از کاهش رطوبت گذاشته شود. پس از گذشت مدت نگهداری نمونه و قبل از اجرای آزمایش، نمونه باید بار دیگر به طور کامل مخلوط شود. - بنا بر شرایط خمیری خاک و میزان رطوبت اولیه آن، مدت زمان لازم برای مخلوط کردن نمونه بسیار متفاوت است.

۹-۱-۲- نمونه های حاوی ذرات باقیمانده بر الک ۴۲۵ ر. میلیمتر (شماره ۴۰):

۹-۱-۲-۱- مقدار مورد لزوم خاک با رطوبت طبیعی برای تهیه ۱۵۰ تا ۲۰۰ گرم نمونه عبوری از الک ۴۲۵ ر. میلیمتر برداشته شود. خاک برداشته شده را در سینی قرار داده و تا حد پوشش آب به آن اضافه شود که خاک به حد کافی تا نرم شدن کلوخها کاملاً خیس بخورد به گونه ای که ذرات ریز بر روی ذرات درشت تر نچسبند.

- در مواردی کاتیون نمکهای موجود در آب معمولی حین شستشو با کاتیونهای طبیعی خاک ترکیب شده و باعث تغییر نتایج می شوند. در این صورت بهتر است 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 مورد استفاده قرار گیرد.

۹-۱-۲-۲- هنگامی که خاک در صد قابل ملاحظه ای ذرات درشت تر از ۴۲۵ ر. میلیمتر داشته باشد، هر بار حداکثر ۵۰ کیلو گرم خاک روی الک شسته می شود، در این کار مراحل زیر باید رعایت گردد.

الک ۴۲۵ ر. میلیمتر را داخل تشت تمیزی قرار داده و مخلوط آب و خاک بر روی الک خالی شود. در صورت وجود ذرات شن و ماسه 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 قرار دادن الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) بر روی الک ۰.۴۲۵ میلیمتر ذرات درشت تر از ۲ میلیمتر را قبلاً حذف کرد.

پس از حذف ذرات درشت تا حد امکان و شستن ذرات، آنقدر آب به نمونه اضافه شود تا ارتفاع آب به ۱۳ میلیمتر بالاتر از کف الک ۰.۴۲۵ میلیمتر برسد.

در این حالت الک به آهستگی به بالا و پایین 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 و با افزودن آب به آهستگی بقیه ذرات را شسته و ذرات درشت تر از ۰.۴۲۵ میلیمتر حذف شوند.

۱-۲-۳- میزان رطوبت ذرات عبوری از الک ۰.۴۲۵ میلیمتر تا حدود رطوبت حدروانی کاهش داده شود. تقلیل میزان رطوبت بنابر یکی از روشهای زیر و یا ترکیبی از آنها اجرا شود.

الف: دردمای معمولی اتاق و در معرض جریان هوا

ب: در معرض هوای گرم (مثلاً هوای حاصل از خشک کن)

ج: با استفاده از قیف های مکنده (بوخنر)

د: با تخلیه آب اضافی روی ذرات، به آهستگی و بادقت فراوان

ه: باریختن ذرات بر روی صافی های بسیار ریز و استفاده از صافی های کاغذی و در معرض جریان هوا

در طول مدت خشک شدن، نمونه باید به طور متناوب و به آهستگی مخلوط شود تا از خشک شدن سطح و لبه های مخلوط با ظرف جلوگیری بعمل آید.

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

۱-۲-۴- ذرات عبوری از الک ۰.۴۲۵ میلیمتر به دقت و با استفاده از کاردک بر روی صفحه شیشه ای مخلوط شود. میزان رطوبت مخلوط، در صورت نیاز، با افزودن مقداری آب مقطر و یا خشک کردن آن بر روی صفحه شیشه ای، در طول مدت مخلوط کردن نمونه، تنظیم شود.

مقدار رطوبت مورد نظری برابر است با رطوبتی که برای بهم پیوستن دو سمت شیار بوجود

آمده در نمونه داخل جام، حدود ۲۵ الی ۳۵ ضربه، کافی باشد. نمونه به داخل قوطی نگهدارنده برگردانده شده و برای جلوگیری از کاهش رطوبت، در قوطی بسته شده و نمونه برای مدت ۱۶ ساعت نگهداری شود. بعد از مدت 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 ۰۴۲۵ میلیمتر انتخاب و نمونه تحت دمای اتاق و یا در گرمخانه در دمای حداکثر ۶۰ درجه سانتیگراد خشک شود. به طوری که کلوخهای خاک به راحتی خرد شوند. هر چند که ذرات نمونه باید دارای ظاهر خشکی باشند ولی بهتر است که برای راحت تر خرد شدن، نمونه خیلی خشک نشود. خاک لازم است با استفاده از هاون و دسته هاون یا نوک لاستیکی و یا وسیله دیگری که باعث شکستن و از بین رفتن اندازه اصلی ذرات نگردد، خرد شود. در صورت وجود ذرات درشت آنها را با دست برداشته و یا با استفاده از روشهای مناسب دیگر مانند شستشو حذف نمود.

۹-۲-۲- خاک خشک خرد شده را از الک ۰۴۲۵ میلیمتر عبور داده و با انتقال ذرات مانده روی الک فوق به هاون و تکرار عمل خرد کردن کلوخه ها و الک کردن مجدد آن، اطمینان حاصل گردد که ذرات روی الک فقط دانه های شن و ماسه درشت بدون ریز دانه باشند. ۹-۲-۳- ذرات باقیمانده روی الک (آخرین مرحله از بند ۹-۲-۲) را به ظرفی منتقل و در آب خیسانده شوند. مخلوط آب و خاک بعد از هم زدن از روی الک ۰۴۲۵ میلیمتر به داخل تشتی عبور داده شود. آب و ذرات عبور کرده به ظرف حاوی نمونه خشک عبوری از الک انتقال داده و کلیه مصالح باقیمانده روی الک حذف شوند.

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

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

#### ۱۰- مراحل اجرای آزمایش :

۱-۱۰- مقدار کافی از نمونه آماده شده را در داخل جام برنجی وسیله حدرروانی 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 و یا حوله تر پوشیده شود.

۱-۲- 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 و لغزش نمونه داخل جام، شیار زن به آرامی روی نمونه کشیده شده و این عمل حداکثر ۶ بار از بالا به پائین و یا بالعکس تکرار شود، تا در حرکت آخر شیار زن با ته جام برخورد کرده و شکاف مورد نظر حاصل شود.

۱-۳- اطراف جام باید کاملاً تمیز شود. سپس با حرکت محور با سرعت  $0.1 \pm 0.2$  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 (۱۳ میلیمتر) اندازه گیری شود.

۱-۴- نحوه پیوستن شکاف باید کاملاً بررسی شود تا وجود حباب هوا در خاک 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 و مقداری خاک نیز برای جبران نمونه برداشته شده توسط شیار زن، به آن افزوده و بندهای (۱-۱۰) الی (۳-۱۰) تکرار گردد.

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

۱-۵- تعداد ضربات (N) برای بهم پیوستن شکاف، یادداشت شود، قسمتی از نمونه به پهنای کاردک و عمود بر شکاف از نمونه برداشته شده و در قوطی وزن شده ای قرار داده شود.

۱-۶- نمونه باقیمانده در جام برداشته شده و به روی صفحه شیشه ای انتقال داده شود. جام و شیار

زن کاملاً تمیز شده و برای اجرای آزمایش بعدی آماده شوند.

۷-۱۰- نمونه روی صفحه شیشه ای کاملاً مخلوط شده و به دقت و به آهستگی آب مقطر به آن افزوده گردد تا میزان رطوبت نمونه بالا رفته و در 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. (با نمونه هائی با رطوبت بالاتر و ضربات کمتر).  
آزمایشها به ترتیب برای ضربات تقریبی ۲۵ الی ۳۵ ضربه، ۲۰ الی ۳۰ و ۱۵ الی ۲۰ اجرا شوند.

۸-۱۰- میزان رطوبت ( $w_p$ ) 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 می باشند (شکل ۹)

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

۱۱-۲- حد روانی، میزان رطوبت مطابق با ۲۵ ضربه، بر روی خط مستقیم ترسیم شده، خواهد بود.

«روش یک نقطه ای 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 در مرحله افزودن آب و مخلوط کردن خاک، میزان رطوبت خاک به گونه ای 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 و یا بیش از ۳۰ باشد میزان رطوبت نمونه به مقدار مناسب تغییر داده شده و آزمایش تکرار شود.

۱۳-۲- بلافاصله نمونه‌ای 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 و پندهای (۱۰-۱) الی (۱۰-۵) تکرار گردد. در صورتی که تعداد ضربات بدست آمده برابر ضربات اولیه بوده و یا با اختلاف دو ضربه با آن باشد، نتیجه مورد قبول بوده و نمونه 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)

حد روانی خاک برابر است با میانگین دو مقدار رطوبت بدست آمده از دو آزمایش انجام شده.

۱۴-۲- در صورت ملاحظه اختلاف بیش از یک درصد بین دو نتیجه 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 و یا از خاک باقیمانده بعد از اجرای آزمایش، برداشته شود.  
با مخلوط و پهن کردن نمونه بر روی صفحه شیشه ای مقدار رطوبت نمونه تا سفتی مناسبی پائین آورده شود به طوری که در صورت فتیله کردن نمونه، به دست نچسبد.  
کاهش مقدار رطوبت را می توان با استفاده از پنکه الکتریکی و جریان هوا و یا با استفاده از کاغذ کلفت خشک کن تسریع نمود.

## ۱۶- مراحل انجام آزمایش :

۱۶-۱- مقدار ۱۵ تا ۲۰ گرم نمونه آماده شده به صورت یک توده تخم مرغی شکل در آورده شود. این توده را بین انگشتها و صفحه شیشه ای مسطح با فشار کافی فتیله کرده به طوری که نمونه در طول به صورت رشته ای با قطر یکنواخت در آید. سرعت فتیله کردن باید ۸۰ تا ۹۰ حرکت کامل دست (به طرف جلو و بازگشت آن به عقب و به محل اولیه) در دقیقه باشد. چنانچه قطر فتیله به حدود  $0.5 \pm 3$  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 در آید. سپس نمونه دوباره فتیله شود. این عمل فتیله کردن، تقسیم نمودن، بهم چسباندن و دوباره فتیله کردن آنقدر تکرار شود تا نمونه زیر فشار دست پیش از آنکه به صورت فتیله به قطر  $0.5 \pm 3$  میلیمتر در آید، خرد شود. این رطوبت، حد خمیری خاک می باشد.  
خرد شدن ممکن است به هنگامی صورت گیرد که قطر فتیله از ۲ میلیمتر بزرگتر باشد، به شرط آنکه خاک مورد آزمون هنگامی که آب بیشتری داشته تا قطر ۲ میلیمتر فتیله شده باشد.

خرد شدن خاک در انواع مختلف به گونه های متفاوتی آشکار می شود، بعضی از خاکها به ذره های زیادی تقسیم می شوند.

در بعضی دیگر از خاکها یک لایه خارجی در نمونه فتیله شده ساخته شده و از دو انتها شکاف بر میدارد و این شکاف به طرف وسط امتداد می یابد. سرانجام نمونه فتیله شده به

قطعه های ورقه ای شکل کوچک تقسیم می گردد .

خاک رسهای پرمایه فشار بیشتری برای فتیله کردن نمونه می خواهند، بخصوص هنگامی که رطوبت به حد خمیری نزدیک شود. سرانجام نمونه فتیله شده به قطعه های 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 ۳۲ میلیمتر صورت گیرد. بدین ترتیب که بگذارد نمونه به قطر ۳۲ میلیمتر برسد، آنگاه با کم کردن سرعت فتیله کردن و با کم کردن فشار دست و یا کم کردن هر دو فتیله کردن را بدون آنکه قطر نمونه تغییر یابد چنان ادامه دهد تا نمونه قطعه قطعه گردد.

در مورد خاکهای با خاصیت خمیری کم می توان مقدار تغییر شکل نمونه را کاهش داد. بدین ترتیب که قطر توده تخم مرغی شکل اولیه نزدیک به ۳۲ میلیمتر باشد .

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

۳-۱۶- نمونه ۱۵ تا ۲ گرم نمونه اولیه انتخاب و بندهای (۱-۱۶) و (۲-۱۶) تکرار شوند، تا هنگامی که قوطی تعیین رطوبت حاوی ۹ گرم نمونه باشد .

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

میزان رطوبت خاک داخل دو قوطی بر حسب درصد تعیین گردند.

- کلیه توزینها به وسیله یک ترازو انجام شوند .

## ۱۷- محاسبات :

۱-۱۷- در صورتی که بیش از دو درصد اختلاف بین دو میزان 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 :

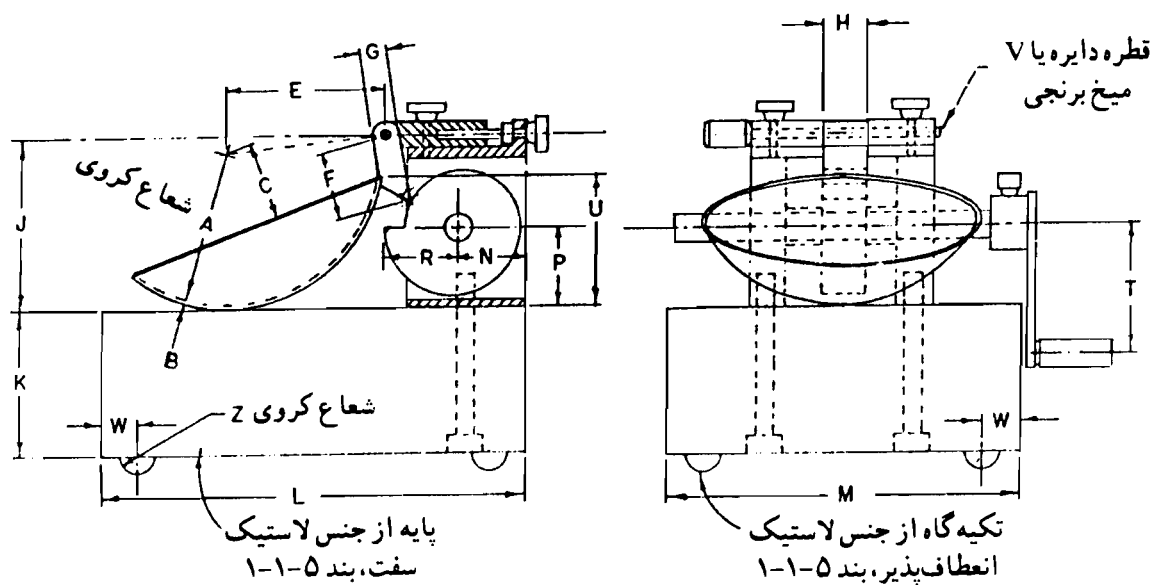
۱۸-۱۱- دامنه خمیری به روش زیر محاسبه می شود:

$$I_P = w_L - w_p$$

$$w_L = \text{حد روانی}$$

$$w_p = \text{حد خمیری}$$

دو مقدار حد روانی و حد خمیری به صورت عدد صحیح اختیار شوند.  
 در صورتی که یکی از حدهای روانی و یا خمیری قابل تعیین نبوده و یا اگر حد خمیری برابر یا بزرگتر از حد روانی باشد، خاک مورد بررسی به صورت خاک غیر خمیری،  $NP$ ، در گزارش ذکر شود.

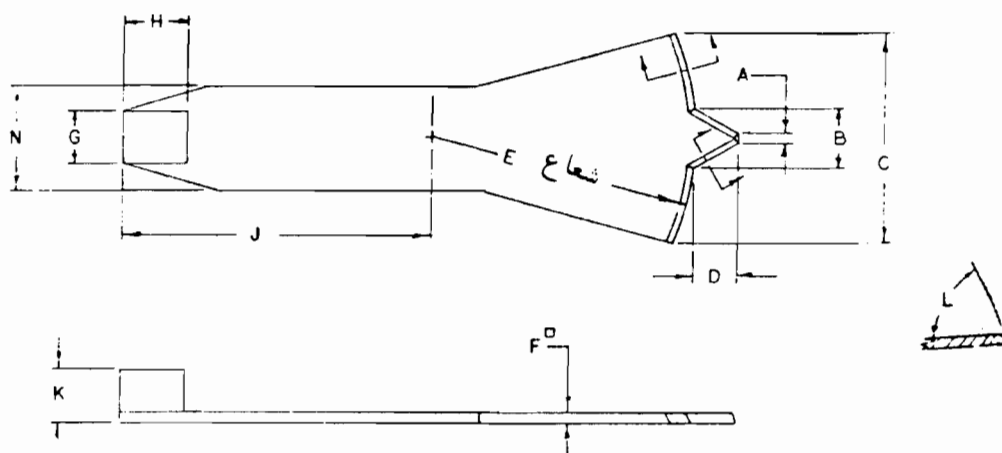


| حروف    | A           | B          | C           | E           | F           | G   | H  | J           | K           | L            | M            |
|---------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-----|----|-------------|-------------|--------------|--------------|
| میلیمتر | ۵۴<br>± ۰/۵ | ۲<br>± ۰/۱ | ۲۷<br>± ۰/۵ | ۵۶<br>± ۲/۰ | ۳۲          | ۱۰  | ۱۶ | ۶۰<br>± ۱/۰ | ۵۰<br>± ۲/۰ | ۱۵۰<br>± ۲/۰ | ۱۲۵<br>± ۲/۰ |
| حروف    | N           | P          | R           | T           | U           | V   | W  | Z           |             |              |              |
| میلیمتر | ۲۴          | ۲۸         | ۲۴          | ۴۵          | ۴۷<br>± ۱/۰ | ۳/۸ | ۱۳ | ۶/۵         |             |              |              |

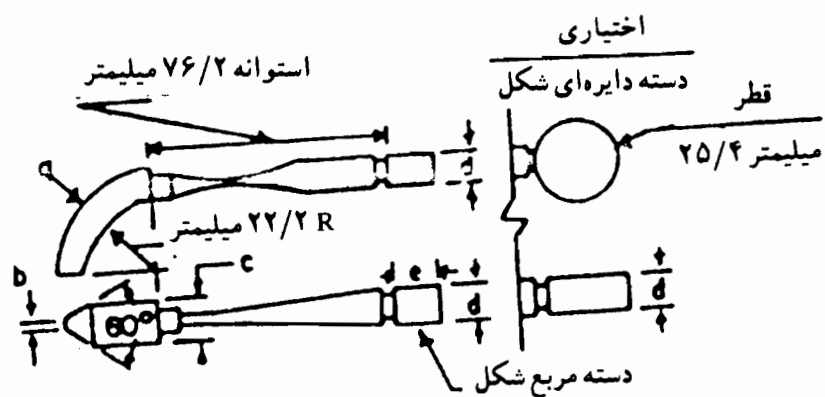
| درجه زاویه جام | شعاع جام |
|----------------|----------|
| ۰              | ۰/۷۴۲    |
| ۳۰             | ۰/۷۵۳    |
| ۶۰             | ۰/۷۶۴    |
| ۹۰             | ۰/۷۷۳    |
| ۱۲۰            | ۰/۷۸۴    |
| ۱۵۰            | ۰/۷۹۶    |
| ۱۸۰            | ۰/۸۱۸    |
| ۲۱۰            | ۰/۸۵۴    |
| ۲۴۰            | ۰/۹۰۱    |
| ۲۷۰            | ۰/۹۴۵    |
| ۳۰۰            | ۰/۹۷۴    |
| ۳۳۰            | ۰/۹۹۵    |
| ۳۶۰            | ۱/۰۰۰    |

شکل (۱) جزئیات دستگاه حدروانی

| حروف    | A              | B               | C               | D                 | E               | F              |
|---------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|
| میلیمتر | ۲<br>$\pm ۰/۱$ | ۱۱<br>$\pm ۰/۲$ | ۴۰<br>$\pm ۰/۵$ | ۸<br>$\pm ۰/۱$    | ۵۰<br>$\pm ۰/۵$ | ۲<br>$\pm ۰/۱$ |
| حروف    | G              | H               | J               | K                 | L               | N              |
| میلیمتر | ۱۰<br>حداقل    | ۱۳              | ۶۰              | ۱۰<br>$\pm ۰/۰.۵$ | ۶۰<br>$\pm ۱$   | ۲۰             |

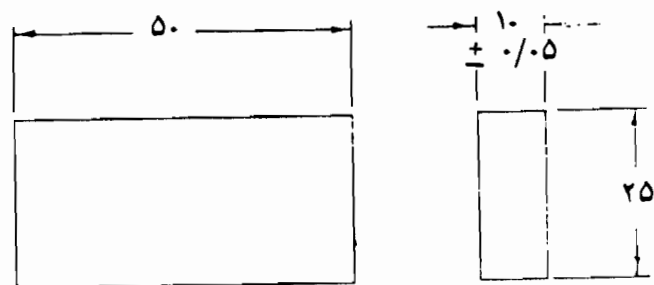


شکل (۲) جزئیات شیار زن مسطح

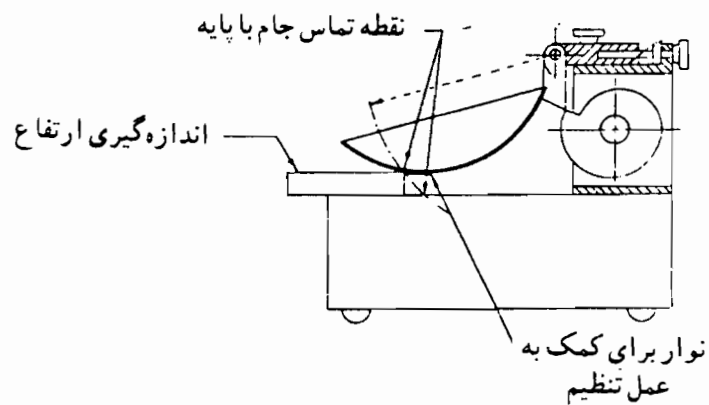


| حروف    | A             | B            | C             | D             | E    |
|---------|---------------|--------------|---------------|---------------|------|
| میلیمتر | ۱۰/۰<br>± ۰/۱ | ۲/۰<br>± ۰/۱ | ۱۳/۵<br>± ۰/۱ | ۱۰/۰<br>± ۰/۲ | ۱۵/۹ |

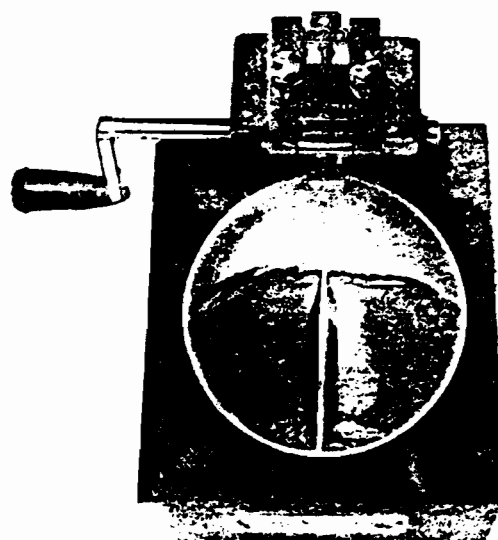
شکل (۳) جزئیات شیار زن انحنادار



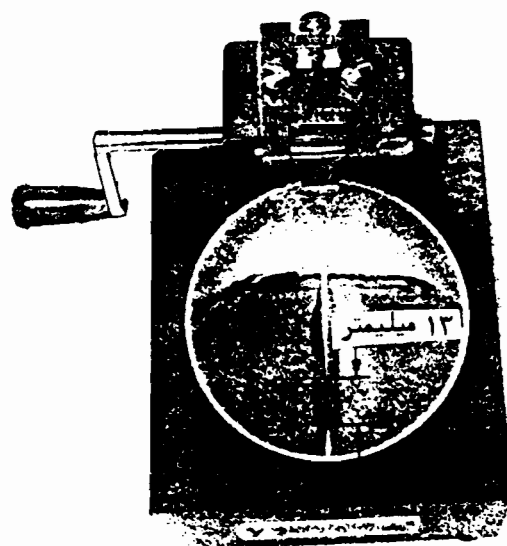
ابعاد به میلیمتر - مختصات وسیله اندازه گیری فاصله افتادن جام



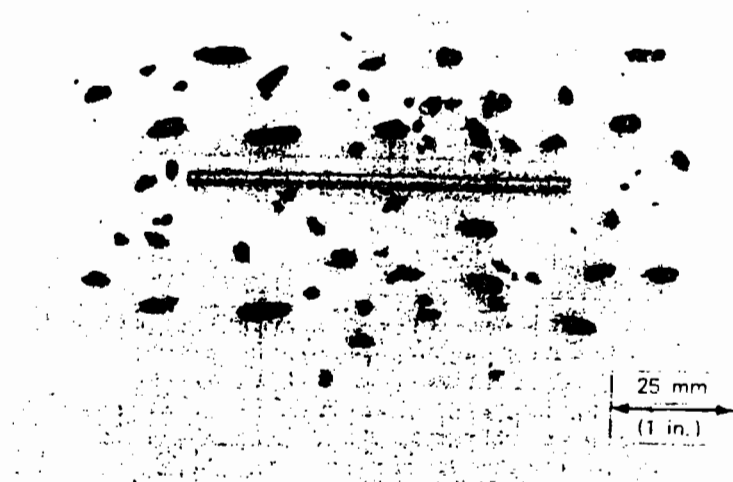
شکل (۴) چگونگی بررسی فاصله افتادن جام



شکل ( ۵ ) تقسیم نمونه داخل جام به وسیله شیار زن

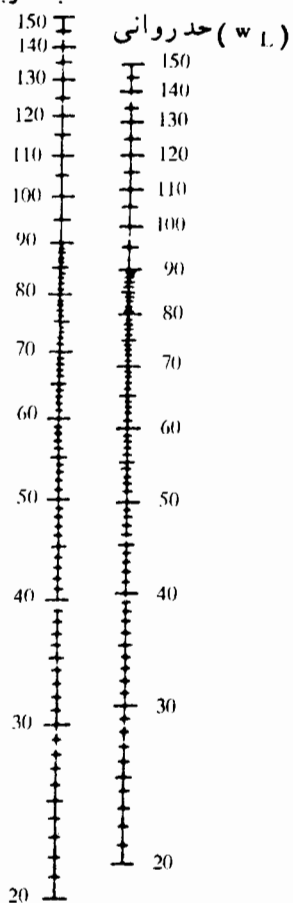


شکل ( ۶ ) نمونه داخل جام پس از بهم پیوستن شکاف



شکل (۷) خاک رس کم مایه در حالت حد خمیری

میزان رطوبت مطابق  
با ضربه  $N$  ( $w_N$ )



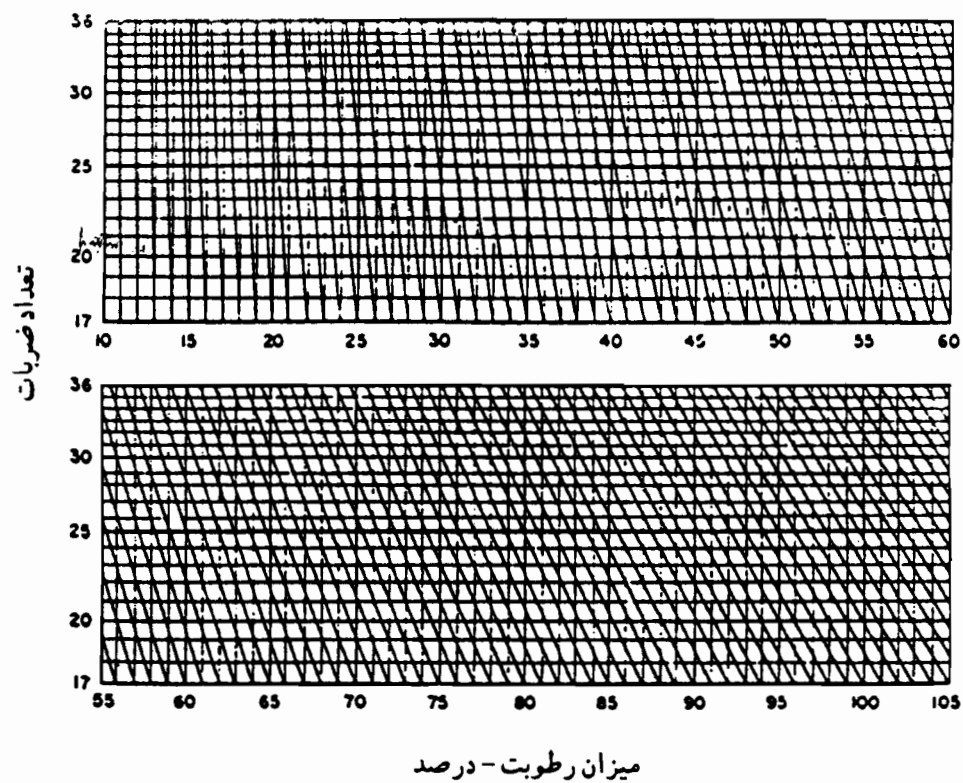
$$w_L = w_N N^{0.121/25}$$

کلید



ورود به جدول با مقادیر  $w_N$  و  $N$   
خواهد بود که بدینوسیله مقدار  $w_L$   
معین می شود

شکل (۸) جدول نمودار برای بدست آوردن حد روانی



شکل (۹) نمودار برای بدست آوردن حد روانی

| N             | K                 |
|---------------|-------------------|
| تعداد ضربه ها | ضریب برای حدروانی |
| ۲۰            | ۰/۹۷۴             |
| ۲۱            | ۰/۹۷۹             |
| ۲۲            | ۰/۹۸۵             |
| ۲۳            | ۰/۹۹۰             |
| ۲۴            | ۰/۹۹۵             |
| ۲۵            | ۱/۰۰۰             |
| ۲۶            | ۱/۰۰۵             |
| ۲۷            | ۱/۰۰۹             |
| ۲۸            | ۱/۰۱۴             |
| ۲۹            | ۱/۰۱۸             |
| ۳۰            | ۱/۰۲۲             |

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

برگ اطلاعات؛ شماره ۲:

نام انجام دهنده آزمایشی:

محل انجام پروژہ:

تاریخ انجام آزمایشی:

شماره حفاری:

درجه حرارت گرمخانه:

مشخصات ظاهری خاک:

«تَعِينْ حَلْدَوَانِي»

[illegible]

کلیه وزنها بر حسب گرم باشد

برگ اطلاعات؛ شماره ۳:

نام انجام دهنده آزمایش:

### محل انجام پروژہ:

نام پروژہ:

## تاریخ انجام آزمایش:

شماره حفاری:

شماره پروژہ:

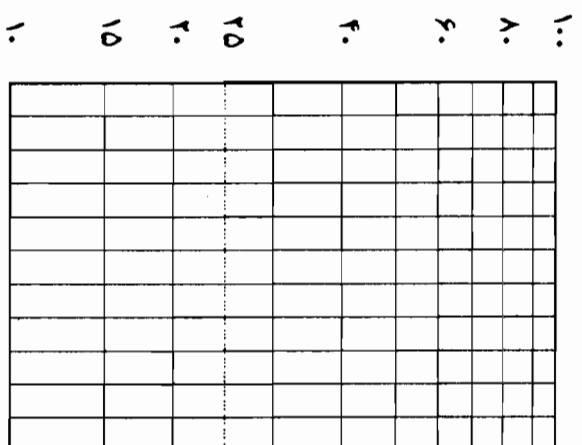
درجه حرارت گرمخانه:

### مشخصات ظاهری خاک:

«احمد خمیری»

[illegible]

• کلیہ وزنها بر حسب گرم باشد



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                    |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|------------------------------------|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | شماره نمونه                        |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | حد روانی<br>$w_L$                  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | حد خمیری<br>$w_P$                  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | حد پلاستیسیته<br>$I_P = w_L - w_P$ |

## تعیین ضرایب انقباض خاک

## 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:

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

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

## ۳- وسایل مورد نیاز :

- ۱-۳- ظرف تبخیر از جنس چینی با قطر تقریبی ۱۱۵ میلیمتر.
- ۲-۳- 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.
- ۴-۳- خط کش به طول تقریبی ۱۵۰ میلیمتر.
- ۵-۳- جام شیشه ای به قطر ۵۷ میلیمتر و ارتفاع تقریبی ۳۲ میلیمتر، دارای لبه کاملاً صاف و موازی با قاعده.
- ۶-۳- صفحه شیشه ای با سه زبانه برای غوطه ور کردن نمونه در جیوه (در شکل ۱).
- ۷-۳- ظرف شیشه ای مدرج با حجم ۲۵ میلی لیتر و دقت ۰.۲ میلی لیتر.
- ۸-۳- ترازو با دقت ۰.۱ گرم.

- ۳-۹- جیوه به مقدار مورد نیاز برای پر کردن ظرف شیشه ای و جام.  
 ۳-۱۰- گرمخانه با دماسنج قابل کنترل و دمای یکنواخت ۱۱۰ درجه سانتیگراد و حساسیت  $\pm 5$  درجه سانتیگراد.

#### ۴- نمونه گیری :

- ۴-۱- از خاک کاملاً مخلوط شده و عبوری از الک ۰۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) نمونه ای 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 و فرج خاک کاملاً با آب پر شده و خاک بصورت خمیری در آید. این نمونه باید حاوی حباب هوا نباشد و بتوان براحتی آنرا در ظرف چینی (انقباض) قرار داد.  
 به منظور رساندن خاک به سفتی مورد نظر برای آزمایش، آب مخلوط شده برای خاکهای ترد و شکننده بزرگتر 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 و یا 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  $1/3$  حجم ظرف)، ظرف را به آرامی بر سطح نرمی ضربه زده تا خمیر در ظرف پخش شده و حباب هوایی در داخل نمونه باقی نماند. بعد از پرس 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 تا رنگ سطح خمیر قدری تغییر کند، یعنی خشک شود. سپس نمونه تا بدست آمدن وزن ثابت در گرمخانه تحت دمای  $110 \pm 5$

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 قرار دادن صفحه شیشه ای بر روی ظرف، جیوه اضافی تخلیه و با استفاده از ظرف مدرج حجم جیوه مصرفی بر حسب سانتیمتر مکعب بدست آید. همچنین حجم بدست آمده برابر است با حجم خمیر قرار داده شده در ظرف،  $V$ .

۴-۵- برای تعیین حجم نمونه خشک شده، آنرا از ظرف چینی خارج و به طریق زیر عمل شود: جام شیشه ای کاملاً از جیوه پر شده و با قرار دادن صفحه شیشه ای دارای سه زیانه بر سطح جیوه، مقدار اضافی جیوه تخلیه شود (شکل ۱). جدار خارجی جام به دقت از جیوه پاک شود. جام پر از جیوه در ظرف شیشه ای قرار داده شده و نمونه خشک شده بر سطح جیوه گذاشته شود. با استفاده از صفحه شیشه ای دارای سه زیانه، 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 شیشه ای مدرج بر حسب سانتیمتر مکعب مشخص شود و به عنوان حجم نمونه خشک شده،  $V_0$  یادداشت گردد.

## ۶- محاسبه میزان رطوبت:

۱-۶- میزان رطوبت اولیه نمونه بر حسب وزن جامد خاک خشک شده برابر است با:

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

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

$$W_c = \text{وزن ظرف چینی}$$

$$w = \text{میزان رطوبت اولیه نمونه}$$

$$W_w = \text{وزن نمونه مرطوب، که برابر است با تفاضل وزن ظرف پر از نمونه مرطوب از}$$

$$\text{وزن ظرف خالی } (W_1 - W_c), \text{ گرم}$$

$$W_s = \text{وزن نمونه خشک شده، که برابر است با تفاضل وزن ظرف حاوی نمونه خشک}$$

$$\text{شده از وزن ظرف خالی } (W_2 - W_c) \text{ گرم.}$$

## 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 می شود:

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

$$w_s = \text{حد انقباض}$$

$$w = \text{درصد رطوبت بر حسب وزن نمونه خاک خشک شده}$$

$$V = \text{حجم اولیه نمونه مرطوب، سانتیمتر مکعب}$$

$$V_o = \text{حجم نمونه خشک شده، سانتی متر مکعب}$$

$$f_w = \text{وزن مخصوص آب، گرم بر سانتیمتر مکعب}$$

$$W_s = \text{وزن نمونه خشک شده، گرم}$$

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

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

## ۸- نسبت انقباض:

۸-۱- نسبت انقباض خاک برابر است با نسبت تغییرات حجم (بر حسب حجم نمونه خشک شده) به تغییرات رطوبت نمونه (در مقادیر بالای حد انقباض) بر حسب 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:

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

## ۹- انقباض حجمی

۹-۱- انقباض حجمی خاک نشانگر کاهش حجم نمونه خاک از رطوبت معینی تا رطوبت حد

انقباض می باشد که بر حسب درصد بیان شده و برابر است با :

$$V_s = \frac{V_1 - V_0}{V_0}$$

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

$V_1$  = 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 هریک از ابعاد نمونه خاک بر حسب درصد و

نسبت به اندازه اولیه، که به ازاء کاهش رطوبت نمونه از میزان رطوبت معین به رطوبت

حد انقباض تعیین می شود .

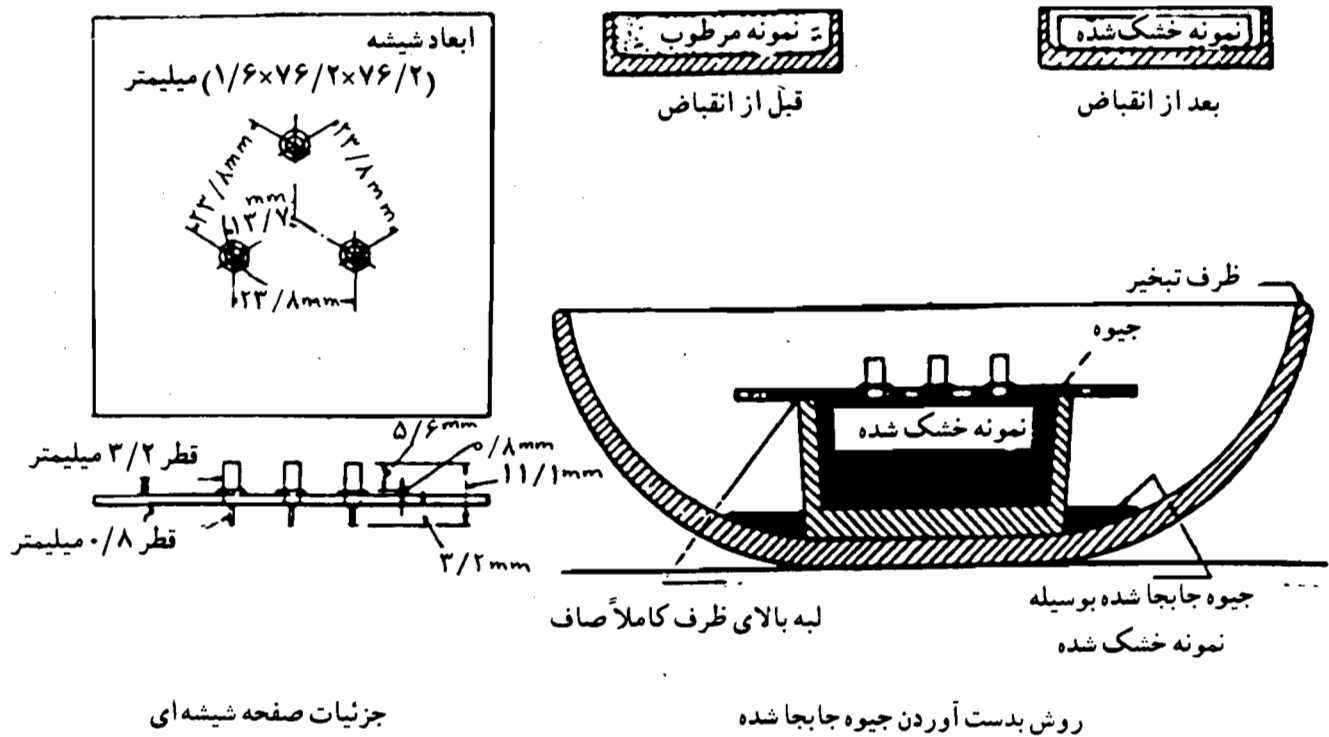
۱۰-۲- انقباض خطی ( $L_s$ ) عبارتست از :

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

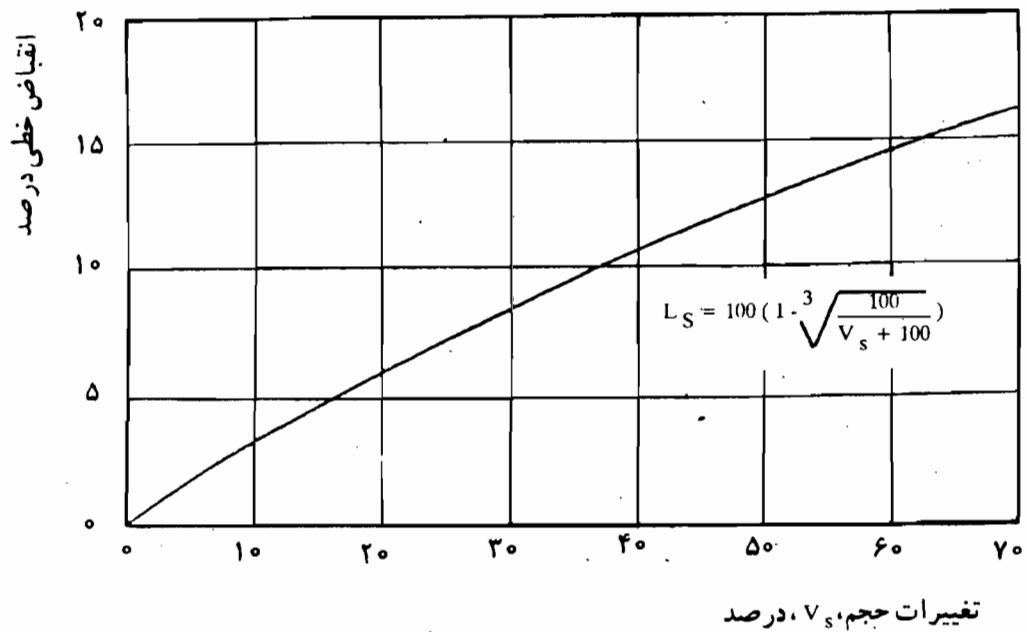
## ۱۱- چگالی :

۱۱-۱- چگالی ( $G_s$ ) خاک را می توان 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



## آزمایش دانه بندی خاک

### ۱- هدف

۱-۱- در این روش نحوه توزیع ذرات خاک با اندازه های متفاوت مورد بررسی قرار می گیرد. توزیع ذرات بزرگتر از ۰.۷۵ میلی متر (باقیمانده بر الک شماره ۲۰۰) به روش الک کردن و توزیع ذرات کوچکتر از ۰.۷۵ میلی متر به روش ته نشینی با استفاده از هیدرومتر استاندارد تعیین می گردد.

- برای تفکیک دانه ها به وسیله آزمایش با روش ته نشینی می توان از الکهای ۴۷۵ میلی متر (شماره ۴)، یا ۴۲۵ میلی متر (شماره ۴۰) و یا الک ۰.۷۵ میلی متر (شماره ۲۰۰) بجای الک ۰.۲ میلی متر (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

#### ۱-۲- ترازو

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

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

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

- 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 و نتایج مشابهی با مخلوط کن نوع ب می دهد. در صورت استفاده از آن، خیس کردن نمونه را می توان در استوانه ته نشینی 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 در صورت 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 می‌آید. در نتیجه استفاده از مخلوط کن نوع دوم ارجحیت دارد. نتایج حاصل از انجام آزمایش با استفاده از وسایل جداساز فوق با یکدیگر تفاوت داشته و منحنی‌های دانه بندی بدست آمده نیز بسته به نوع خاک متفاوت خواهد بود. این اختلاف در خاکهای ریزتر از ۰٫۲۰ میلی‌متر مشهودتر است.

۲-۳- هیدرومتر (چگالی سنج) - هیدرومتر برای قرائت مقدار مواد معلق بر حسب 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 و تنها تفاوت در چگونگی درجه بندی آنها است.  
 - مدل هیدرومتر در شکل شماره ۵ نشان داده شده است و دارای درجه بندی «الف» و یا «ب» می‌باشد.

درجه بندی هیدرومتر نوع «الف» از ۵- تا ۶۰ گرم خاک در لیتر بوده و به نوع H ۱۵۲ معروف است. این هیدرومتر بر مبنای مفروضات: چگالی آب مقطر در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد برابر با ۱۰۰۰ و خاک 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 و به 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  $2 \pm 36$  سانتیمتر از کف ظرف قرار گیرد.

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

۲-۶- الکها - یک سری الک استاندارد با چشمه های مربعی، که به طور مثال می توان از سری

زیر نام برد:

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| ۷۵ میلیمتر (۳ اینچ)     | ۲ میلیمتر (شماره ۱۰)      |
| ۵۰ میلیمتر (۲ اینچ)     | ۰٫۸۵۰ میلیمتر (شماره ۲۰)  |
| ۳۷٫۵ میلیمتر (۳/۲ اینچ) | ۰٫۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰)  |
| ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)     | ۰٫۱۵۰ میلیمتر (شماره ۱۰۰) |
| ۱۹ میلیمتر (۳/۴ اینچ)   | ۰٫۱۰۶ میلیمتر (شماره ۱۴۰) |
| ۹٫۵ میلیمتر (۳/۸ اینچ)  | ۰٫۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) |
| ۴٫۷۵ میلیمتر (شماره ۴۰) |                           |

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

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| ۷۵ میلیمتر (۳ اینچ)     | ۱۱۸ میلیمتر (شماره ۱۶)    |
| ۳۷٫۵ میلیمتر (۳/۲ اینچ) | ۶۰۰ میلیمتر (شماره ۳۰)    |
| ۱۹ میلیمتر (۳/۴ اینچ)   | ۳۰۰ میلیمتر (شماره ۵۰)    |
| ۹٫۵ میلیمتر (۳/۸ اینچ)  | ۱۵۰ میلیمتر (شماره ۱۰۰)   |
| ۴٫۷۵ میلیمتر (شماره ۴۰) | ۰٫۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) |
| ۲۳۶ 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 می گیرد. توصیه می شود 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 - با ظرفیت ۲۵۰ میلی لیتر

## ۲-۹- زمان سنج - بادقت یک ثانیه

## ۳- ماده جدا ساز

۳-۱- محلول هگزا متافسفات سدیم (گاه به نام متافسفات سدیم نیز نامیده می شود). در آب مقطریا

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 جدا ساز باید دارای تاریخ تهیه باشد.

۳-۲- کلیه آب مصرفی باید آب مقطریا 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 دو قسمت ذرات بزرگتر و کوچکتر از

الک ۲ میلیمتر تقسیم شود. وزن نمونه اولیه باید به گونه ای 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

می باشد:

| حداقل وزن خاک باقیمانده روی الک ۲ میلیمتر | قطر تقریبی بزرگترین دانه |
|-------------------------------------------|--------------------------|
| گرم                                       | میلیمتر (اینچ)           |
| ۵۰۰                                       | ۰٫۵ (۳/۸)                |
| ۱۰۰۰                                      | ۰٫۷۵ (۳/۴)               |
| ۲۰۰۰                                      | ۱ (۱)                    |
| ۳۰۰۰                                      | ۱٫۲۵ (۳/۲)               |
| ۴۰۰۰                                      | ۱٫۵ (۲)                  |
| ۵۰۰۰                                      | ۱٫۷۵ (۳)                 |

۴-۱-۲- لازم است وزن خاک عبوری از الک ۲ میلیمتر، برای خاکهای ماسه ای حدود ۱۱۵ گرم و برای 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 می شود. خاک باقیمانده روی الک خشک شده و توزین می گردد. در صد مواد عبوری و باقیمانده بنا بر بند ۱۱-۱ قابل محاسبه خواهد بود.

- صحت عملیات جداسازی را می توان 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 (۲ اینچ)    |
| ۳۷٫۵ میلیمتر (۳/۲ اینچ) | ۲۵ میلیمتر (۱ اینچ)    |
| ۱۹ میلیمتر (۳/۴ اینچ)   | ۹٫۵ میلیمتر (۳/۸ اینچ) |
| ۴٫۷۵ میلیمتر (شماره ۴)  |                        |

۲-۵- الک کردن خاک با ایجاد حرکت‌های افقی و عمودی به همراه حرکت‌های ارتعاشی، به منظور حرکت مداوم دانه‌ها روی سطح الک، انجام پذیرد. در هیچ شرایطی استفاده از دست برای عبور دانه‌ها از الک مجاز نمی‌باشد، الک کردن خاک تا زمانی که کمتر از ۱ درصد وزن مواد در دقیقه از الک عبور می‌کند، 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.

۳-۵- وزن دانه‌های باقیمانده روی هریک از الک‌ها با استفاده از ترازوی مشخص شده (بند ۱-۲) تعیین شود. در نهایت مجموع وزن‌های تعیین شده بدین طریق باید تقریباً معادل وزن اولیه خاک الک شده باشد.

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

#### ۶- اصلاحات مربوط به قرائت هیدرومتر

۱-۶- روابط تعیین درصد خاک معلق (بند ۱۳-۳) با فرض استفاده از آب مقطر و یا آب عاری از مواد معدنی می‌باشد و به علت استفاده از ماده جداساز، چگالی محلول حاصل بزرگتر از چگالی آب مقطر شده و لازم است اصلاح مربوطه اعمال شود.

۱-۱-۶- 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.

۲-۱-۶- هیدرومترها به گونه‌ای درجه بندی شده‌اند که مقدار آن باید درست در زیر انحنا سطح آب در کنار جداره هیدرومتر قرائت شود، عملاً به دلیل وجود ذرات معلق قرائت دقیق بدین گونه مقدور نخواهد بود. در نتیجه درجه در بالای انحنا قرائت شده و ضریب اصلاح مربوطه

اعمال شود.

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

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

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

۷- تعیین رطوبت - پس از برداشتن نمونه توزین شده برای اجرای آزمایش هیدرومتر، قسمت دیگر نمونه به وزن تقریبی ۱۰ الی ۱۵ گرم در قوطی شیشه ای و یا فلزی قرار داده شده و پس از خشک و ثابت شدن وزن در گرمخانه تحت دمای  $5 \pm 110$  درجه سانتیگراد، بار دیگر توزین و زنهای بدست آمده یادداشت شود.

#### ۸- جداسازی نمونه

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

۲-۸- 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.

۳-۸- در پایان مدت خیس خوردن، نمونه با استفاده از یکی از مخلوط کن های نوع «الف» و یا «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 و باقیمانده خاک را با استفاده از آب مقطر و یا 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 و خاک به مدت یک دقیقه مخلوط شود.

- عمل شستشو بهتر است با استفاده از آبفشان بزرگ که کاملاً قابل کنترل می باشد، انجام گیرد، بدین منظور می توان از بطری های پلاستیکی دارای لوله باریک متصل به آن، نیز استفاده نمود.

۸-۴- در صورت استفاده از مخلوط کن «ب» (شکل ۳) سربوش مخلوط کن را برداشته و به 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 قرار داده شود. شیر کنترل به گونه ای 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 و در صورت نیاز مقداری آب مقطر به آن اضافه شود تا حجم کل مخلوط داخل جام، ۲۵۰ میلی لیتر و نه بیشتر، گردد.

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

۸-۵- سربوش مخلوط کن را قرار داده و شیر کنترل هوا تا درجه فشار ۱۴۰ کیلو پاسکال (۲۰ psi) باز شود. مدت اختلاط مجموع آب و خاک 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 و تا حجم کل ۱۰۰۰

میلی لیتر، آب مقطر به آن اضافه شود.

۹-۲- با استفاده از کف دست و یا سرپوش، سر استوانه پوشانده شده و به مدت یک دقیقه به دفعات

ظرف واژگون و برگردانده شود تا مواد کاملاً مخلوط شوند. در پایان یک دقیقه استوانه را

در محل مناسبی قرار داده و از ابتدای ته نشین شدن مواد، مقادیر هیدرومتر بنابر فواصل

زمانی پیشنهادی زیر قرائت شوند، ۵، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۲۵۰، ۱۴۴۰ 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 و برگرداندن استوانه باید تقریباً ۶۰ بار در دقیقه باشد، تا کلیه

ذرات ته نشین شده کاملاً معلق شوند. در این شمارش واژگون کردن استوانه و

برگرداندن آن به وضعیت اولیه دوبار به حساب می آید.

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 قرار داده شود. پس از انجام قرائت بار دیگر

هیدرومتر به دقت از مایع خارج شده و در آب مقطر موجود در ظرف استوانه‌ای پیش بینی

شده به این منظور قرار داده شود.

- در فاصله بین هر دو قرائت، ضروری است که هیدرومتر از مایع خارج شود.

همچنین لازم است قرائت‌ها 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

۰.۷۵ میلیمتر شسته شود تا آنجا که آب عبوری از الک کاملاً تمیز باشد. مواد باقیمانده

بر روی الک ۰.۷۵ میلیمتر به ظرف مناسبی انتقال داده شده و در گرمخانه تحت

دمای  $5 \pm 110$  درجه سانتیگراد خشک شده و با استفاده از الکهای مناسب دانه بندی

شود.

## ۱۱- محاسبات

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

۱-۱۱- 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.

۲-۱۱- برای محاسبه وزن کل مواد عبوری از الک ۴۷۵ میلیمتر (شماره ۴)، به وزن مقدار خاک عبوری از الک ۲ میلیمتر، وزن مقدار عبوری از الک ۴۷۵ میلیمتر و مانده بر الک ۲ میلیمتر اضافه شود.

برای محاسبه وزن کل خاک عبوری از الک ۹۵ میلیمتر (۳/۸ اینچ)، به وزن کل خاک عبوری از الک ۴۷۵ میلیمتر (شماره ۴)، وزن قسمت عبوری از الک ۹۵ میلیمتر و مانده بر الک ۴۷۵ 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 می کند، عبارتست

$$P = \left\{ \left( \frac{100,000}{W} \right) \times \frac{G_s}{(G_s - G_1)} \right\} (R - G_1) \quad \text{از هیدرومتر نوع ۱۵۱H}$$

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

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

که:

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

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

R = عدد قرائت هیدرومتر با 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 می باشند 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 می شود. بنابراین قانون استوکس ذره ای با قطر معین به هنگام ته نشین شدن و تعلیق در سطحی است که هیدرومتر وزن مخصوص مخلوط را قرائت می کند و آن عبارتست از:

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

که:

D = قطر ذره، میلیمتر

n = ویسکوزیته مایع (در این حالت آب)، پویز، که بنا بر تغییر دما تغییر می کند.

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

در مورد هیدرومتر نوع معین و استوانه ته نشینی، مقادیر L بنا بر مقادیر قرائت هیدرومتر

تغییر می کند. این فاصله به عنوان عمق موثر نیز نامیده می شود (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 و برابر 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 می توان نوشت:

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

که:

$K$  = ضریب ثابت بر حسب 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 از محاسبه وزن خاک مانده بر الک ۲ میلیمتر، وزن این خاک برابر است با حاصلضرب درصد کل خاک باقیمانده بر الک 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 ۰.۷۵ میلیمتر محاسبه شود. کلیه وزنه های 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.

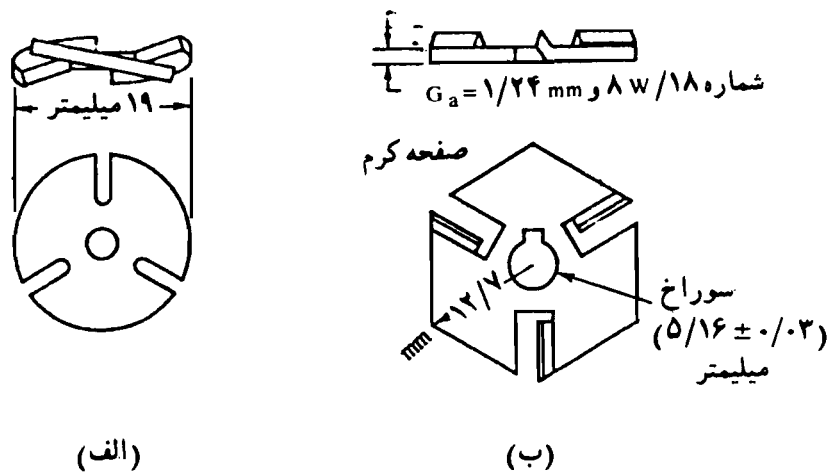
۱۵-۴- درصد کل مقدار خاک عبوری برابر است با نسبت وزن کل مقدار عبوری بند (۱۵-۳) به وزن کل نمونه (۱۳-۲) ضربدر عدد صد.

۱۶- منحنی (نمودار)

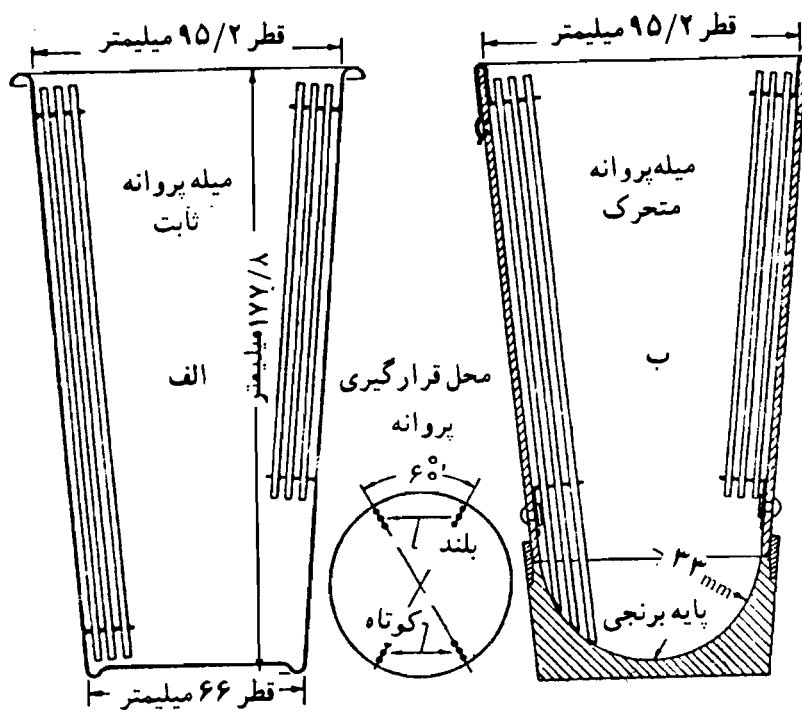
۱۶-۱- در صورت انجام آزمایش هیدرومتری نتایج به صورت منحنی ترسیم می شود. برای رسم

منحنی قطر ذرات روی محور طولها که به صورت لگاریتمی است و درصد ذرات عبوری

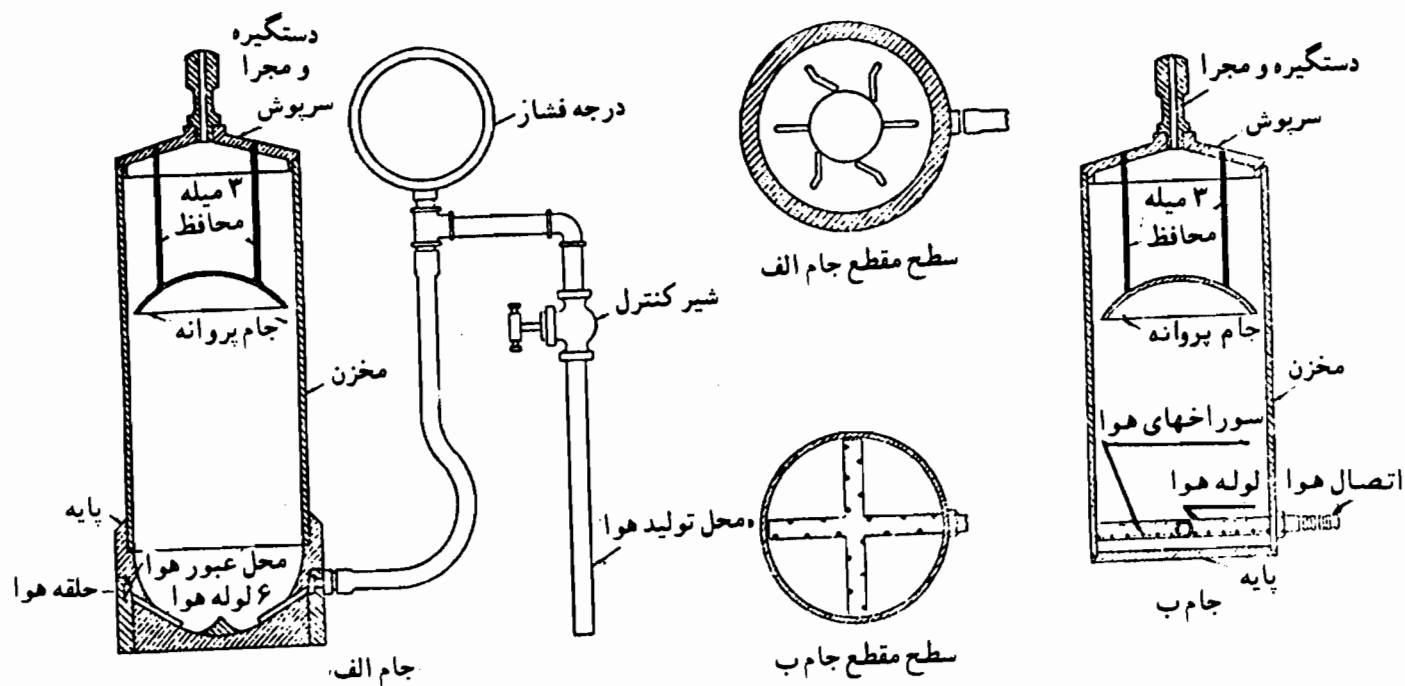
روی محور عرضها که به صورت ساده است، منتقل می شود.  
در صورتی که روش هیدرومتر انجام نشده باشد، رسم منحنی اختیاری است، زیرا کلیه اطلاعات  
از جدول برگ دانه بندی بدست می آید.



شکل (۱) جزئیات پروانه مخلوط کن

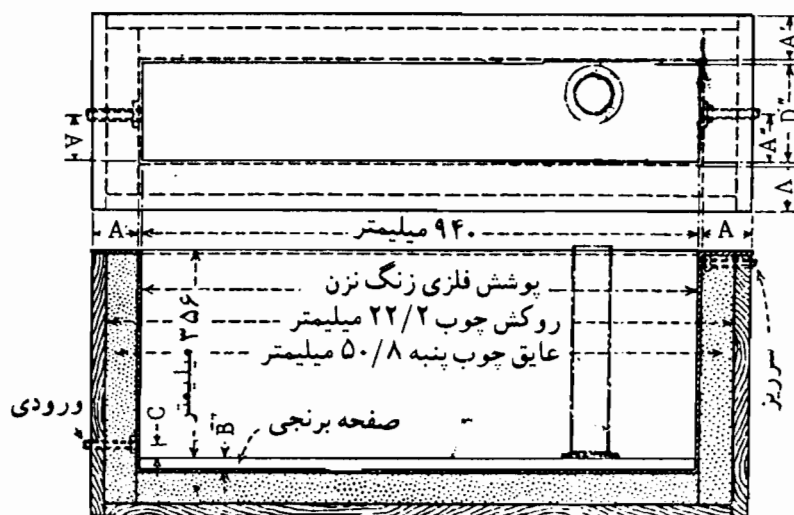


شکل (۲) جزئیات جام مخلوط کن



شکل (۳) جزئیات جام مخلوط کن

| حروف | میلیمتر |
|------|---------|
| A    | ۷۶/۲    |
| B    | ۲۲/۲    |
| C    | ۲۵/۴    |
| D    | ۱۵۸/۲   |



شکل (۴) مشخصات ظرف نگهداری آب بادمای ثابت

### درجه بندی نوع ب

|        |    |
|--------|----|
| ۱/۰.۰۰ | ۱  |
| ۱/۰.۰۱ | ۲  |
| ۱/۰.۰۲ | ۳  |
| ۱/۰.۰۳ | ۴  |
| ۱/۰.۰۴ | ۵  |
| ۱/۰.۰۵ | ۶  |
| ۱/۰.۰۶ | ۷  |
| ۱/۰.۰۷ | ۸  |
| ۱/۰.۰۸ | ۹  |
| ۱/۰.۰۹ | ۱۰ |
| ۱/۰.۱۰ | ۱۱ |
| ۱/۰.۱۱ | ۱۲ |
| ۱/۰.۱۲ | ۱۳ |
| ۱/۰.۱۳ | ۱۴ |
| ۱/۰.۱۴ | ۱۵ |
| ۱/۰.۱۵ | ۱۶ |
| ۱/۰.۱۶ | ۱۷ |
| ۱/۰.۱۷ | ۱۸ |
| ۱/۰.۱۸ | ۱۹ |
| ۱/۰.۱۹ | ۲۰ |
| ۱/۰.۲۰ | ۲۱ |
| ۱/۰.۲۱ | ۲۲ |
| ۱/۰.۲۲ | ۲۳ |
| ۱/۰.۲۳ | ۲۴ |
| ۱/۰.۲۴ | ۲۵ |
| ۱/۰.۲۵ | ۲۶ |
| ۱/۰.۲۶ | ۲۷ |
| ۱/۰.۲۷ | ۲۸ |
| ۱/۰.۲۸ | ۲۹ |
| ۱/۰.۲۹ | ۳۰ |
| ۱/۰.۳۰ | ۳۱ |
| ۱/۰.۳۱ | ۳۲ |
| ۱/۰.۳۲ | ۳۳ |
| ۱/۰.۳۳ | ۳۴ |
| ۱/۰.۳۴ | ۳۵ |
| ۱/۰.۳۵ | ۳۶ |
| ۱/۰.۳۶ | ۳۷ |
| ۱/۰.۳۷ | ۳۸ |
| ۱/۰.۳۸ | ۳۹ |
| ۱/۰.۳۹ | ۴۰ |
| ۱/۰.۴۰ | ۴۱ |
| ۱/۰.۴۱ | ۴۲ |
| ۱/۰.۴۲ | ۴۳ |
| ۱/۰.۴۳ | ۴۴ |
| ۱/۰.۴۴ | ۴۵ |
| ۱/۰.۴۵ | ۴۶ |
| ۱/۰.۴۶ | ۴۷ |
| ۱/۰.۴۷ | ۴۸ |
| ۱/۰.۴۸ | ۴۹ |
| ۱/۰.۴۹ | ۵۰ |
| ۱/۰.۵۰ | ۵۱ |
| ۱/۰.۵۱ | ۵۲ |
| ۱/۰.۵۲ | ۵۳ |
| ۱/۰.۵۳ | ۵۴ |
| ۱/۰.۵۴ | ۵۵ |
| ۱/۰.۵۵ | ۵۶ |
| ۱/۰.۵۶ | ۵۷ |
| ۱/۰.۵۷ | ۵۸ |
| ۱/۰.۵۸ | ۵۹ |
| ۱/۰.۵۹ | ۶۰ |

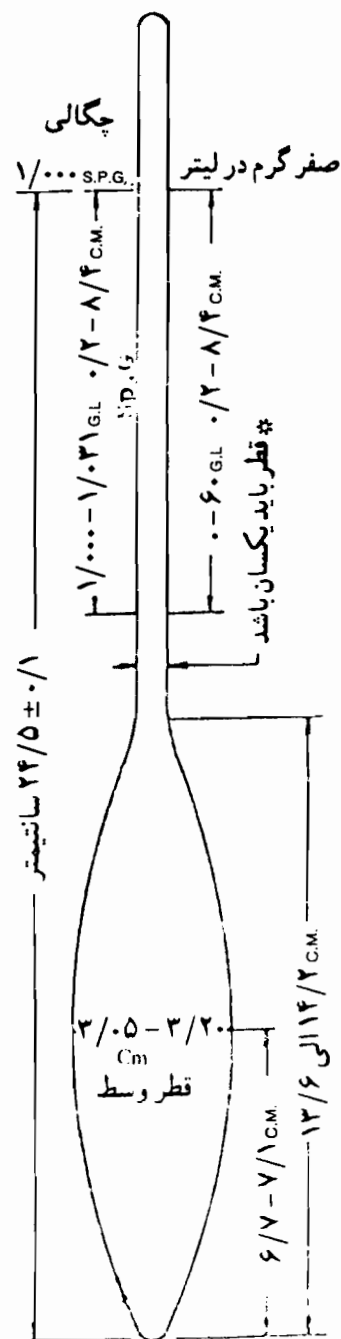
### درجه بندی نوع الف

درجه بندی براساس چگالی (نوع ب) به گونه ای است که در دمای ۲۰ سانتیگراد عدد ۱/۰۰۰ قرائت شود و می توان مقدار درجه بندی را از ۹۹۵/۰ الی ۰/۳۸ گسترش داد، درجه بندی براساس گرم در لیتر (نوع الف) نیز می تواند 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 وقت شود که این قطر از بالا تا پائین میله باید در هر حال یکسان باشد.

هیدرومتر با درجه بندی نوع ب هیدرومتر ۱۵۱ H خواهد بود.

هیدرومتر با درجه بندی نوع الف هیدرومتر ۱۵۲ H خواهد بود.



شکل (۵) جزئیات هیدرومتر

| ضریب اصلاحی، $a$ | چگالی، $G_s$ |
|------------------|--------------|
| ۰/۹۴             | ۲/۹۵         |
| ۰/۹۵             | ۲/۹۰         |
| ۰/۹۶             | ۲/۸۵         |
| ۰/۹۷             | ۲/۸۰         |
| ۰/۹۸             | ۲/۷۵         |
| ۰/۹۹             | ۲/۷۰         |
| ۱/۰۰             | ۲/۶۵         |
| ۱/۰۱             | ۲/۶۰         |
| ۱/۰۲             | ۲/۵۵         |
| ۱/۰۳             | ۲/۵۰         |
| ۱/۰۴             | ۲/۴۵         |

✱ برای استفاده در رابطه مقدار درصد خاک معلق در صورت استفاده از هیدرومتر نوع

۱۵۲H

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

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

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

مقادیر عمق موثر از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

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:

$$A = 27.8 \text{ Cm}^2$$

$$L_2 = 14.0 \text{ Cm}$$

$$V\beta = 67.0 \text{ Cm}^3$$

برای هیدرومتر نوع ۱۵۱ H:

$$L_1 = ۱۰/۵ \text{ سانتیمتر برای قرائت } ۱/۰۰۰$$

$$L_1 = ۲/۳ \text{ سانتیمتر برای قرائت } ۱/۰۳۱$$

برای هیدرومتر نوع ۱۵۲ H:

$$L_1 = ۱۰/۵ \text{ سانتیمتر برای قرائت صفر گرم بر لیتر}$$

$$L_1 = ۲/۳ \text{ سانتیمتر برای قرائت } ۵۰ \text{ گرم بر لیتر}$$

| دما، سانیتگراد | جگای جای |         |         |         |         |         |         |         |         |  |
|----------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--|
|                | 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 | ۰/۰۱۴۶۳ | 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 قطرات در روش هیدرومتری





نمودار دانه بندی:

نام پروژه:

شماره حفاری:

نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه:

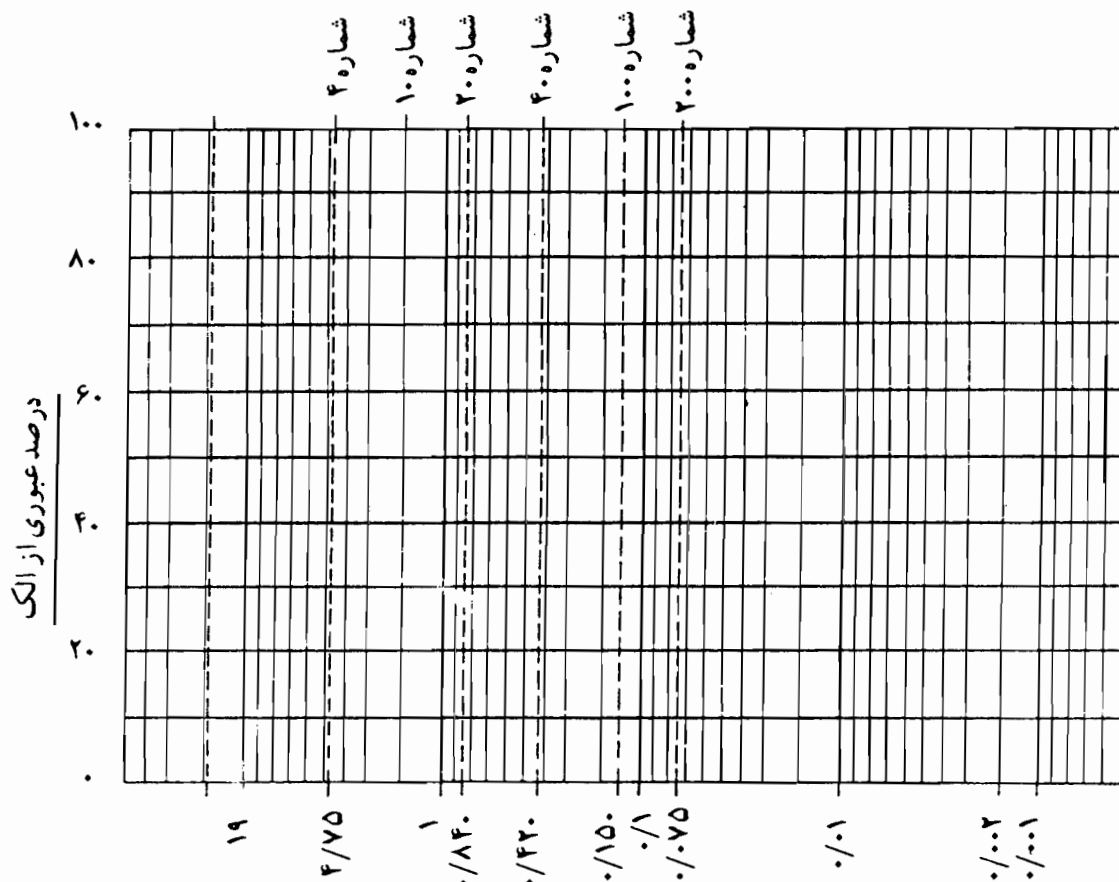
درجه حرارت گرمخانه

تاریخ آزمایش:

محل انجام پروژه:

| شن | ماسه          |     | لای | رس |
|----|---------------|-----|-----|----|
|    | درشت تا متوسط | ریز |     |    |

اندازه های الک (استاندارد امریکا)



(قطر) اندازه ذرات، میلیمتر

خواص ظاهری خاک،

طبقه بندی خاک:

سیستم طبقه بندی:

## طبقه بندی خاک

### مقدمه :

با استفاده از طبقه بندی خاک، شناخت و تشخیص انواع گوناگون خاک و خواص 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، دانه بندی و...) تخمین زده شود.

برای جلوگیری از هرگونه خطا، باید ذرات خاک از الک ۰.۰۷۵ 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)

از نتایج آزمایشهای حدود اتربرگ، دانه بندی و توزیع دانه ها در اکثر موارد طبقه بندی استفاده می شود.

## 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 می شود. ارزشیابی خاک در هر گروه به کمک شاخص گروه انجام خواهد شد. با در دست داشتن طبقه خاک و شاخص گروه می توان کیفیت نسبی خاک را در سازه های خاکی، خاکریزها، اساس و زیر اساس جاده تخمین زد.

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

## ۲- مراحل انجام آزمایش:

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

- ۱-۱-۲- مقدار ذرات عبوری از الک ۰.۷۵ میلی متر
- ۲-۱-۲- تجزیه و تحلیل دانه بندی ذرات ریز و درشت
- ۳-۱-۲- تهیه و آماده کردن نمونه به روش خشک از خاک دست خورده
- ۴-۱-۲- دانه بندی خاک
- ۵-۱-۲- تعیین حد روانی
- ۶-۱-۲- تعیین حد خمیری و دامنه خمیری خاک
- ۷-۱-۲- تهیه نمونه به روش مرطوب از خاک دست خورده

## ۳- طبقه بندی:

طبقه بندی خاک بر اساس مقادیر محدوده آزمایش و شاخص گروه نشان داده شده در جدول (۱) انجام می شود. در صورتی که طبقه بندی مبسوط مورد نیاز باشد زیر گروه های دیگری نیز اختیار می شود که در جدول (۲) نشان داده شده است.

۱-۳- 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.

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

راست حرکت کرده تا گروه مناسب 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 می گردند باید به صورت عدد صحیح باشند. مقادیر شاخص گروه همواره در پرانتز و بعد از نام گروه خاک نوشته می شوند 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 می ماند.

۴-۲- ماسه درشت: از الک ۲ میلیمتر (شماره ۱۰) عبور کرده و بر الک ۰.۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) باقی می ماند.

۴-۳- ماسه ریز: از الک ۰.۴۲۵ میلیمتر (شماره ۴۰) عبور کرده و بر الک ۰.۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) باقی می ماند.

۴-۴- رس - لای - (مخلوط رس و لای) از الک ۰.۰۷۵ میلیمتر (شماره ۲۰۰) عبور می کند.

۴-۵- قلوه سنگ: بر الک ۷۵ میلیمتر باقی می ماند. در صورت مشاهده چنین ذراتی باید آنرا از نمونه ای که آزمایش طبقه بندی بر آن اجرا می شوند، جدا نموده و مقدار درصد آنرا گزارش نمود.

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

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

#### ۵- تشریح گروههای طبقه بندی خاک در روش AASHTO :

۵-۱- خاک دانه ای: ۳۵ درصد آن یا کمتر از الک ۰.۰۷۵ میلیمتر عبور می کند.

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

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

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 می باشد.

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

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

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

۱-۳-۲-۵ گروه A-۲: این گروه شامل خاکهای دانه ای 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 می گیرند.

ضوابط این خاکها بدین قرار است که حداکثر ۳۵ درصد ذرات آن از الک ۰.۰۷۵ میلیمتر عبور کرده و یا دامنه خمیری آنها از محدوده مناسب برای گروههای A-۱ و A-۳ بیشتر باشد.

۱-۳-۱-۵ زیر گروههای A-۲-۴ و A-۲-۵: شامل خاکهای دانه ای 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 و ماسه 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 و مقدار آن بیش از محدوده گروه A-۳ باشند، در زیر گروههای فوق طبقه بندی می شوند.

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

۲-۵ خاکهای رس - لای: این خاکها حاوی بیش از ۳۵ درصد ذرات عبوری از الک ۰.۰۷۵ میلیمتر می باشد.

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

بوده که عمدتاً بیش از ۷۵ درصد ذرات آن از الک ۰.۰۷۵ میلیمتر عبور می‌کند. مخلوط لای ریزدانه که حاوی حداکثر ۶۴ درصد شن و ماسه درشت‌تر از ۰.۰۷۵ میلیمتر باشد نیز در این گروه قرار می‌گیرد.

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

۵-۲-۴-۱- زیر گروه ۵-۷-A: شامل خاکهایی است با دامنه خمیری متوسط ( $I_p < w_L - 30$ )، خاکهای این زیر گروه دارای قابلیت ارتجاعی زیاد بوده و تغییر حجم آن نیز قابل ملاحظه است.

۵-۲-۴-۲- زیر گروه ۶-۷-A: 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 و خاک کود) در گروه ۸-A طبقه‌بندی می‌شوند. تشخیص طبقه‌بندی این نوع خاک بر اساس تشریح نظری بوده و ضوابط درصد عبوری از الک ۰.۰۷۵ میلیمتر، حد روانی و دامنه خمیری خاک اساس ارزشیابی نخواهند بود.

مواد آلی موجود در خاک معمولاً بصورت ذرات و الیاف پوسیده به رنگ قهوه‌ای تیره و یا سیاه بوده و دارای بوی بدی می‌باشد. این خاکها به علت قابلیت نشست پذیری و تغییر حجم زیاد و مقاومت کم برای استفاده در خاکریز و یا زیراساس کاملاً نامناسب است.

## ۶- شاخص گروه :

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

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

$F$  = درصد عبوری از الک ۰.۷۵ میلیمتر (عددی است صحیح). این مقدار بر حسب مقدار کل

خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر تعیین می گردد.

$$w_L = \text{حد روانی}$$

$$I_p = \text{دامنه خمیری}$$

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 گرد شده) یادداشت شود.

۶-۲ می توان 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 می باشد بدست آورده و از مجموع این دو

جزء عدد اصلی شاخص گروه را تعیین نمود.

۶-۳ در صورت محاسبه شاخص گروه برای زیر گروه های ۶-۲-A و ۷-۲-A لازم است فقط

از قسمت مرتبط با دامنه خمیری در رابطه (۱) و یا شکل (۲) استفاده شود.

۶-۴ نمونه هایی از محاسبه شاخص گروه:

۶-۴-۱ شاخص گروه نمونه ای از گروه ۶-A حاوی ۵۵ درصد ذرات کوچکتر از الک ۰.۷۵

میلیمتر و با حد روانی ۴۰ و دامنه خمیری ۲۵ به شرح زیر تعیین گردد:

$$(10 - 25) (15 - 55) 0.1 + (40 - 40) (0.2 + 0.005 (40 - 40)) + (55 - 35) = \text{شاخص گروه}$$

$$10.0 = 6.0 + 4.0 = \text{شاخص گروه}$$

۶-۴-۲ شاخص گروه نمونه ای از گروه ۷-A حاوی ۸۰ درصد ذرات کوچکتر از الک ۰.۷۵

میلیمتر و حد روانی ۹۰ و دامنه خمیری ۵۰ به شرح زیر تعیین می گردد:

$$(10 - 50) (15 - 80) 0.1 + (90 - 40) (0.2 + 0.005 (90 - 40)) + (80 - 35) = \text{شاخص گروه}$$

$$46 \approx 3.3 + 42.7 = \text{شاخص گروه}$$

۶-۴-۳ شاخص گروه نمونه ای از گروه ۴-A حاوی ۶۰ درصد ذرات کوچکتر از الک ۰.۷۵

میلیمتر و حد روانی ۲۵ و دامنه خمیری ۱ به شرح زیر تعیین می گردد:

$$(1-10)(60-15) + 0.1(25-40)\{0.2 + 0.005(25-40)\} = (60-35) \text{ شاخص گروه}$$

$$(-9)(45) + 0.1(0.2 - 0.75) = 25 \text{ شاخص گروه}$$

$$0.75 \text{ میلیمتر و حد روانی } 50 \text{ و دامنه خمیری } 30 \text{ به شرح زیر تعیین می گردد:}$$

$$4-4-6 \text{ شاخص گروه نمونه ای از گروه } A-2-7 \text{ حاوی } 30 \text{ درصد ذرات کوچکتر از الک}$$

$$30-10(30-15) = 0.1 \text{ شاخص گروه}$$

$$30-10(30-15) = 0.1 \text{ شاخص گروه}$$

$$30 \text{ شاخص گروه}$$

قابل ذکر است که فقط از قسمت مرتبط با (I<sub>p</sub>) دامنه خمیری رابطه (۱) استفاده شده است.

## ۷- مبانی رابطه تعیین شاخص گروه

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

۱-۱-۷- خاکهای گروههای A-1-a و A-1-b و A-2-4، A-2-5، A-2-7 و A-3 در صورت زهکشی

شدن و تراکم خوب برای بستر جاده در زیر روسازی با ضخامت متوسط، اساس و یا لایه

فوقانی، برای تحمل ترافیک مناسب خواهند بود، و با افزودن مقدار کمی تثبیت کننده های

طبیعی و یا مصنوعی بعنوان لایه مناسب و رضایت بخش قابل استفاده خواهد بود.

۲-۱-۷- خاکهای دانه ای رس دار گروههای A-2-6 و A-2-7 و خاکهای رس - لای گروههای

A-4، A-5، A-6، A-7 به عنوان بستر جاده و تحمل ترافیک بین درجه خوب (مشابه

گروههای A-2-4 و A-2-5) تا نسبتاً مناسب و ضعیف، که نیاز به لایه زیر اساس و با

افزایش ضخامت اساس نسبت به بند (۱-۱-۷) دارند، تغییر می نماید.

۳-۱-۷- حداقل مقدار بحرانی مواد عبوری از الک ۰.۷۵ 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.

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

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

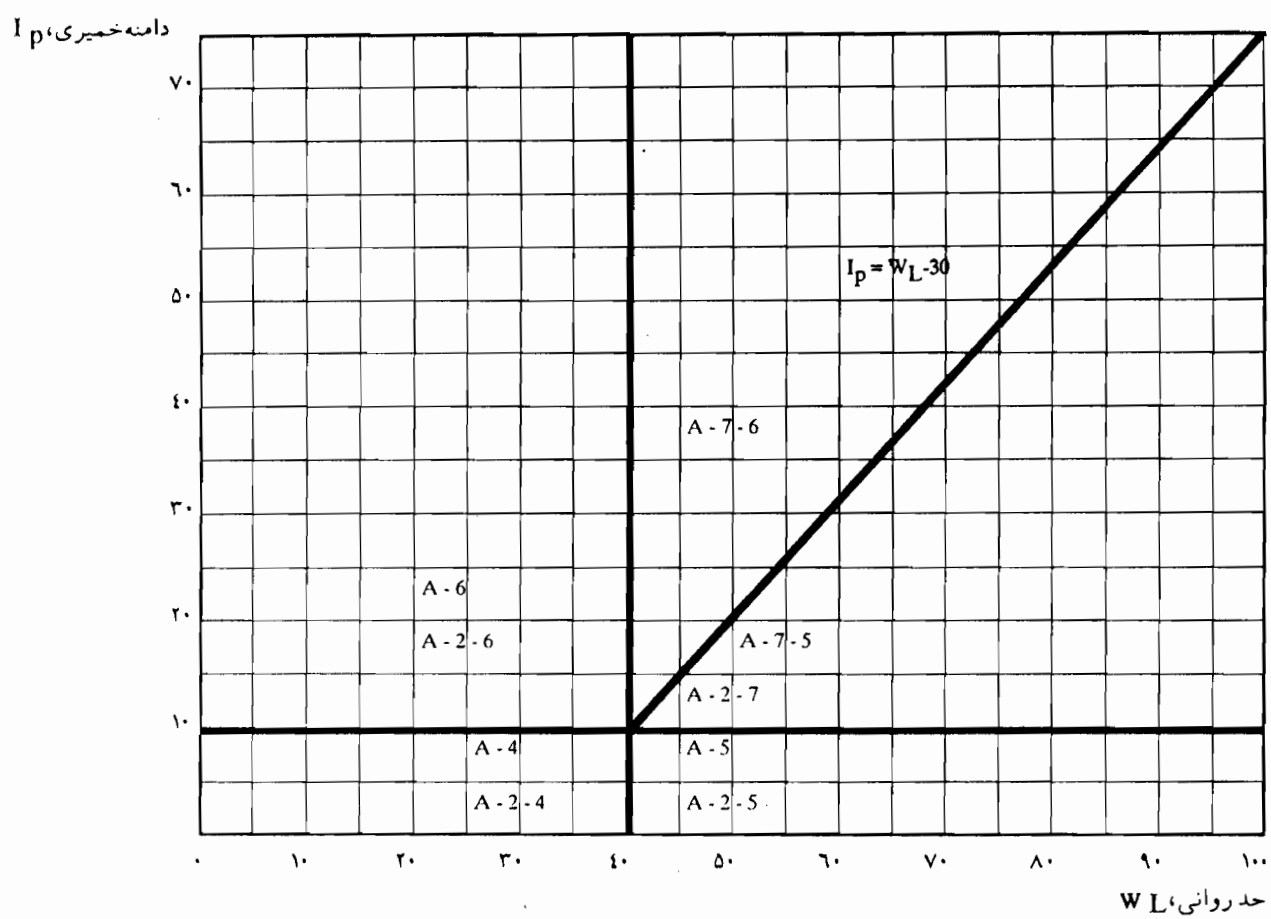
۶-۱-۷- در مورد خاکهای غیر خمیری (N.P) و خاکهایی که حد روانی آنها قابل تعیین

نمی باشد، شاخص گروه عدد صفر در نظر گرفته می شود.

۷-۲- حد بالا در تعیین شاخص گروه برای رابطه (۱)، وجود ندارد.

مقادیر بحرانی تعیین شده فوق، برای درصد عبوری از الک ۰.۰۷۵ 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 مبنای آزمایش انجام داده اند، می باشند.

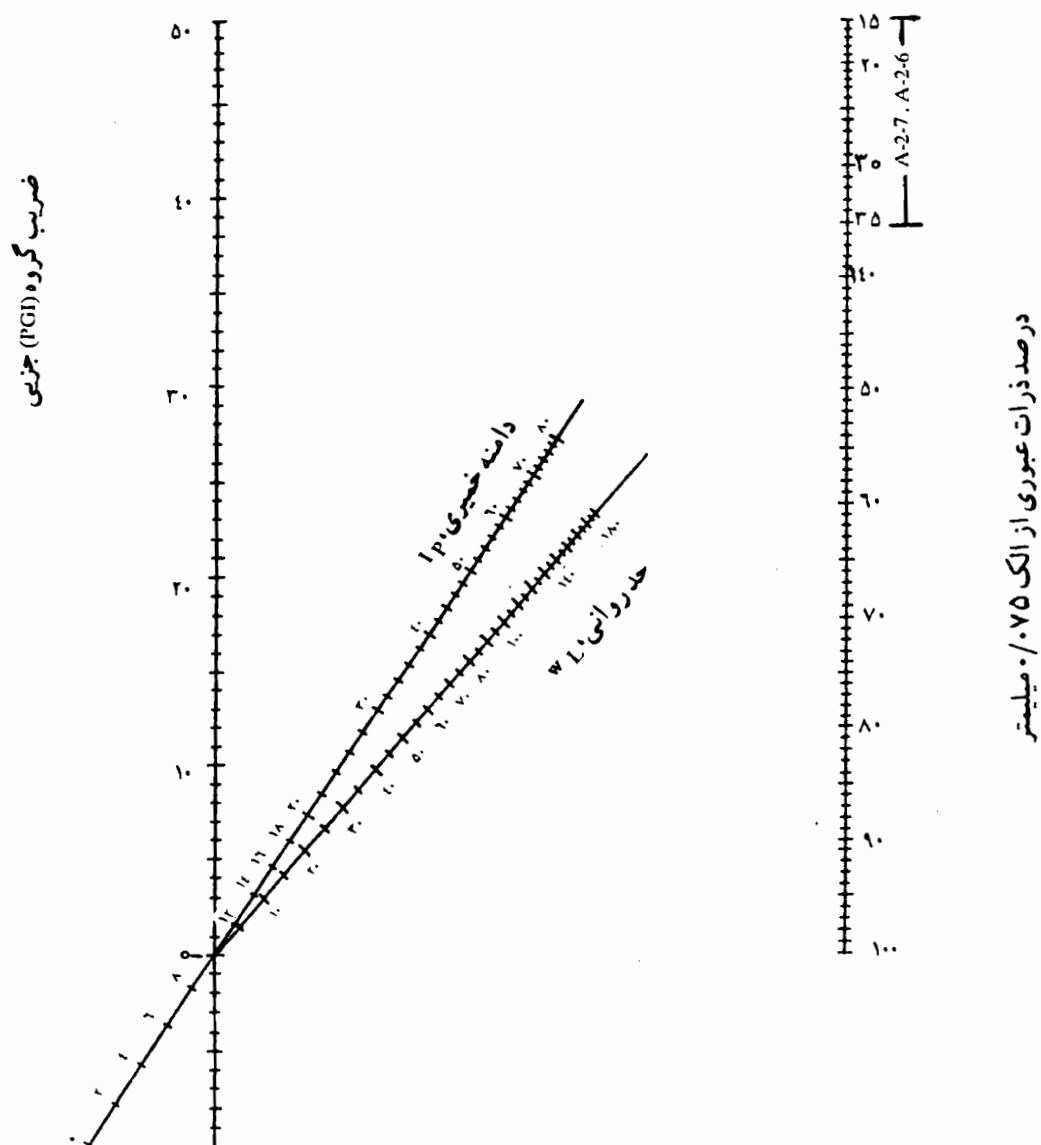
۷-۳- تحت شرایط زهکشی خوب و تراکم کامل، درجه مناسب بودن خاک به عنوان بستر جاده نسبت به عدد شاخص گروه رابطه معکوس دارد. به عبارت دیگر شاخص گروه «صفر» نشان دهنده بستر جاده «خوب» و شاخص گروه «۲۰» یا بیشتر معرف بستر جاده «بسیار ضعیف» خواهد بود.



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

جدول (۲) طبقه‌بندی خاک در روش AASHTO

| طبقه‌بندی عمومی                                                                                                                    | مواد آندام‌دار<br>(۳۵ درصد یا کمتر ذرات عبوری از الک ۰.۰۷۵ میلی‌متر) |           |                       |           |                          |           |           |           |           |           | مواد رس - لای‌دار<br>(بیش از ۲۵ درصد ذرات عبوری از ۰.۰۷۵ میلی‌متر) |           |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------------------------------------|-----------|--|--|
| گروه‌های طبقه‌بندی                                                                                                                 | A-1                                                                  |           | A-2                   | A-2       |                          |           |           | A-4       | A-5       | A-6       | A-7                                                                |           |  |  |
|                                                                                                                                    | A-1-a                                                                | A-1-b     |                       | A-2-4     | A-2-5                    | A-2-6     | A-2-7     |           |           |           | A-7-5                                                              | A-7-6     |  |  |
| دانه‌بندی بر درصد عبوری از الک:                                                                                                    |                                                                      |           |                       |           |                          |           |           |           |           |           |                                                                    |           |  |  |
| ۲/۰۰ میلی‌متر<br>(شماره ۱۰)                                                                                                        | حداکثر ۵۰                                                            |           | حداکثر ۵۱             |           |                          |           |           |           |           | حداکثر ۳۶ |                                                                    | حداکثر ۳۶ |  |  |
| ۰/۴۲۵ میلی‌متر<br>(شماره ۴۰)                                                                                                       | حداکثر ۳۰                                                            | حداکثر ۵۰ | حداکثر ۵۱             |           |                          |           |           |           |           | حداکثر ۳۶ |                                                                    | حداکثر ۳۶ |  |  |
| ۰/۰۷۵ میلی‌متر<br>(شماره ۲۰۰)                                                                                                      | حداکثر ۱۵                                                            | حداکثر ۲۵ | حداکثر ۱۰             | حداکثر ۳۵ | حداکثر ۳۵                | حداکثر ۳۵ | حداکثر ۳۵ | حداکثر ۳۶ | حداکثر ۳۶ | حداکثر ۳۶ |                                                                    | حداکثر ۳۶ |  |  |
| حد روانی $U \leq 3$<br>ضریب خمیری $PI \leq 4$                                                                                      |                                                                      | حداکثر ۶  | غیر خمیری $PI \leq 4$ | حداکثر ۴۰ | حداکثر ۴۱                | حداکثر ۴۰ | حداکثر ۴۱ | حداکثر ۴۰ | حداکثر ۴۱ | حداکثر ۴۰ | حداکثر ۴۱                                                          | حداکثر ۴۱ |  |  |
| مواد معمول متعلق به هر گروه                                                                                                        | خرد ه سنگ، شن و ماسه                                                 |           |                       | ماسه ریز  | شن و ماسه رسی یا لای‌دار |           |           |           | لای       |           | رس                                                                 |           |  |  |
| درجه‌بندی به عنوان بیشتر چاهه                                                                                                      | عالی تا خوب                                                          |           |                       |           |                          |           |           |           |           |           |                                                                    |           |  |  |
| ضریب خمیری زیر گروه ۵-۷-۸ برابریا کمتر از حد روانی منهای ۲۰، ضریب خمیری زیر گروه ۶-۷-۸ بیشتر از حد روانی منهای ۲۰ می‌باشد. شکل (۱) |                                                                      |           |                       |           |                          |           |           |           |           |           |                                                                    |           |  |  |
| ه گروه ۸-۸-۸ بنا بر مشخصات ظاهری انواع خاک‌های آلی جزو نئو رب و خاک کی کو تعیین می‌گردد.                                           |                                                                      |           |                       |           |                          |           |           |           |           |           |                                                                    |           |  |  |



●  $\text{ضریب گروه (GI)} = (F - 35) \left[ \frac{0.2 + 0.005(w_L - 40)}{1} \right] + 0.1(F - 15)(I_p - 10)$

$F$  = درصد عبور کرده از الک ۰.۷۵ 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 بدست آمدن عددی منفی، ضریب گروه عدد صفر گزارش شود.

مثال: ۸۵٪ عبور کرده از الک ۰.۷۵ میلیمتر  $\text{ضریب گروه جزئی برای } w_L = 8/9$

$\text{ضریب گروه جزئی برای } I_p = 7/4$

$\text{ضریب گروه (GI)} = 16$

$w_L = 38$

$I_p = 21$

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 و یا حاوی آن براساس نتایج دانه بندی، حدروانی، و دامنه خمیری برای مقاصد مهندسی مورد استفاده قرار می گیرد.

- در طبقه بندی با روش یکنواخت نام گروه و علامت آن برای خاک تعیین می گردد. در مورد خاک حاوی ۵ الی ۱۲ درصد ریز دانه و یا هنگامی که به ازاء مقادیر حدروانی و دامنه خمیری خاک در قسمت هاشور خورده نمودار خمیری (شکل (۳)) قرار گیرد، از دو علامت استفاده می شود، 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 می توان با استفاده از نام گروه و خط فاصله (/) میان آنها نمایش داد. مانند: CL/CH، GM/SM، SC/CL. علامت در مرز بودن برای خاکهای رسی با حدروانی 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.

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

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

- نام و علامت گروههای این روش را می توان بعنوان روش توصیفی برای مصالحی چون شیل، سنگ رسی، سنگهای مرجانی، سنگهای خرد شده و غیره نیز استفاده نمود.

۴-۱- کاربرد این روش ماهیت کیفی دارد.

- برای طراحی ساختمانهای مهم، اطلاعات کمی مورد نیاز است، در این حالت این روش طبقه بندی باید به همراه نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گیرد.

## ۲- خلاصه روش :

۱-۲- 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 می شوند.

۲-۲- بر اساس نتایج آزمایشهای آزمایشگاهی و تشریح نظری، خاک در یکی از گروههای اصلی قرار گرفته و علامت و نام آن گروه را به خود اختصاص داده و طبقه بندی می شود. برای طبقه بندی خاکهای ریز دانه از شکل (۱) و خاکهای درشت دانه از شکل (۲) استفاده می شود.

### ۳- ویژگی و کاربرد

۳-۱- در این روش، انواع خاک بر حسب نتایج آزمایشهای دانه بندی، حدروانی و دامنه خمیری طبقه بندی می شود.

۳-۲- تعیین علامت و نام گروه به همراه توصیف خاک بر اساس استاندارد ASTM-D2488 (تشریح نظری و دستی 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 گونه ای اختیار شده است که به طور عام رابطه ای با خواص مهندسی خاک داشته باشد. این روش به عنوان قدم اول هر مطالعه ژئوتکنیکی صحرایی و یا آزمایشگاهی می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

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 بر حسب 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 و مانده بر الک ۷۵ میلیمتر.

تخته سنگ - ذرات مانده بر الک ۳۰۰ میلیمتر.

۴-۱-۱-۱- شن: ذرات سنگ عبوری از الک ۷۵ میلیمتر و مانده بر الک ۴٫۷۵ میلیمتر می باشد،

که دارای تقسیم بندی زیر است:

درشت: عبوری از الک ۷۵ میلیمتر و مانده بر الک ۱۹ میلیمتر

- ریز: عبوری از الک ۱۹ میلیمتر و مانده بر الک ۴۷۵ میلیمتر
- ۴-۱-۲- ماسه: ذرات عبوری از الک ۴۷۵ میلیمتر و مانده بر الک ۰۷۵ میلیمتر می باشد، که دارای تقسیم بندی زیر است:
- درشت: عبوری از الک ۴۷۵ میلیمتر و مانده بر الک ۲۰۰ میلیمتر
- متوسط: عبوری از الک ۲۰۰ میلیمتر و مانده بر الک ۰۴۲۵ میلیمتر
- ریز: عبوری از الک ۰۴۲۵ میلیمتر و مانده بر الک ۰۷۵ میلیمتر
- ۴-۱-۳- خاک عبوری از الک ۰۷۵ میلیمتر می باشد که در حالت مرطوب دارای خاصیت خمیری بوده و در صورت خشک شدن در هوا مقاومت قابل ملاحظه ای نشان می دهد. در طبقه بندی، به خاکهایی اطلاق می گردد که عمدتاً ریز دانه بوده و قسمت ریز دانه آن دارای دامنه خمیری برابر یا بیشتر از ۴ باشد و همچنین در نمودار خمیری، شکل شماره ۳، بالا و یا روی خط «A» قرار گیرد.
- ۴-۱-۴- لای: خاک عبوری از الک ۰۷۵ میلیمتر است که غیر خمیری بوده و یا حالت خمیری آن نسبتاً کم می باشد و در صورت خشک شدن در هوا مقاومت چندانی نخواهد داشت. در طبقه بندی، به خاکهایی اطلاق می گردد که عمدتاً ریز دانه بوده و قسمت 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 معتنا بهی مواد آلی می باشد که بر خواص خاک تاثیر می گذارد. در طبقه بندی به رسهایی اطلاق می شود که حد روانی آن پس از خشک شدن در گرمخانه کمتر از ۷۵ درصد مقدار حد روانی اولیه (نمونه خشک شده در هوا) باشد.
- ۴-۱-۶- لای آلی: خاک لایی است که حاوی مقدار معتنا بهی مواد آلی می باشد که بر خواص خاک تاثیر می گذارد. در طبقه بندی به لای هایی اطلاق می شود که حد روانی آن پس از خشک شدن در گرمخانه کمتر از ۷۵ درصد مقدار حد روانی اولیه (نمونه خشک شده در هوا) باشد.
- ۴-۱-۷- خاک تورب: خاک حاوی مواد گیاهی در حال تجزیه بوده و غالباً دارای بوی تند مواد آلی است. این خاک به رنگ سیاه یا قهوه ای تیره می باشد و ذرات آن به صورت الیاف بوده و حالت اسفنجی دارد.

۴-۲-۱- ضریب انحنا،  $C_c$ :

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

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

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 نمونه ها و انجام آزمایشهای اولیه، رسم

منحنی دانه بندی و نمودار 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 و برای کنترل نتایج مورد استفاده قرار می گیرد. در صورتی که هر یک از

نتایج بالا و یا طرف چپ خط «U» قرار گیرد، باید در گزارش ذکر گردد.

#### ۶- نمونه گیری:

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

۶-۲- حداقل مقدار نمونه اولیه بستگی به تعداد آزمایشهای مورد نیاز خواهد داشت. 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) ۴۷۵ میلیمتر            |
| ۲۰۰ گرم                    | (اینچ - ۳/۸) ۹۵ میلیمتر          |
| ۱ کیلوگرم                  | (اینچ - ۳/۴) ۱۹۰ میلیمتر         |
| ۸ کیلوگرم                  | (اینچ - ۳/۲) ۳۸۱ میلیمتر         |
| ۶۰ کیلوگرم                 | (اینچ - ۳) ۷۵۰ میلیمتر           |

- در صورت امکان مقدار نمونه گیری شده از محل باید ۲ تا ۴ برابر مقادیر فوق باشد.
- ۳-۶- در صورتی که انجام آزمایشهای حدود روانی و خمیری علاوه بر آزمایشهای فوق مورد نظر باشد، نمونه باید به میزانی تهیه شود که حدود ۱۵۰ الی ۲۰۰ گرم خاک ریزدانه کوچکتر از الک ۰.۴۲۵ میلیمتر بدست آید.
- ۴-۶- در صورتی که مقدار نمونه تهیه شده از محل کمتر از مقادیر ذکر شده در بندهای (۲-۶) و (۳-۶) باشد، باید در گزارش بیان شود.

#### ۷- طبقه بندی خاک تورب :

- ۱-۷- 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 و سایر مراحل طبقه بندی در مورد این نوع خاک قابل اجرایی باشد.

#### ۸- آماده سازی نمونه برای طبقه بندی :

- ۱-۸- قبل از طبقه بندی خاک، لازم است دانه بندی و خاصیت خمیری قسمت ریزدانه خاکهای کوچکتر از ۰.۷۵ میلیمتر تعیین گردد. (به ۸-۸ رجوع شود).
- ۲-۸- آماده سازی نمونه برای انجام آزمایشهای دانه بندی و حدود روانی و خمیری باید بر حسب یکی از روشهای مورد تأیید باشد. دو روش آماده سازی نمونه برای طبقه بندی در بخش های ۱۳ و ۱۴ ارائه شده 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 می باشد.
- ۳-۸- در گزارش طبقه بندی خاک باید روش و چگونگی تهیه نمونه نیز ذکر شود.
- ۴-۸- اگر چه در تعیین دانه بندی خاک و با بررسی های دیگر، آزمایش هیدرومتری می تواند مورد نیاز باشد، لیکن در طبقه بندی خاک آزمایش هیدرومتری ضروری نیست.
- ۵-۸- درصد وزن خشک ذرات بزرگتر از ۰.۷۵ میلیمتر نیز باید به عنوان اطلاعات مکمل ذکر گردد.

- ۶-۸- اندازه بزرگترین ذرات نیز باید با اندازه گیری تعیین و یا تخمین زده شده و در گزارش بیان

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

- (اینچ ۳) میلیمتر ۷۵٫۰
- (اینچ ۳/۴) میلیمتر ۱۹٫۰
- (شماره ۴) میلیمتر ۴٫۷۵
- (شماره ۱۰) میلیمتر ۲٫۰۰
- (شماره ۴۰) میلیمتر ۰٫۴۲۵
- (شماره ۲۰۰) میلیمتر ۰٫۰۷۵

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

۸-۸-۱- در خاکهایی که ذرات ریز تر از ۰٫۰۷۵ میلیمتر آنها کمتر از ۵ درصد است، تنها تهیه نمودار دانه بندی قسمت درشت تر از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر مورد نیاز می باشد.

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 می باشد.

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

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

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

## ۹- مراحل اولیه طبقه بندی :

۹-۱- در صورت عبور بیش از ۵۰ درصد نمونه (بر حسب وزن خشک) از الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر، خاک مزبور در گروه ریز دانه قرار می گیرد. (بخش ۱۰)

۹-۲- اگر بیش از ۵۰ درصد دانه ها بر الک ۰٫۰۷۵ میلیمتر باقی بماند، خاک در گروه درشت دانه

قرار می گیرد. (بخش ۱۱)

|                                                                                     |            |                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------------------------------------------------|
| ریز دانه، بیش از ۵۰ درصد درشت دانه بیش از ۵۰ درصد بر الک (شماره ۲۰۰) ۰.۰۷۵ میلیمتر  |            | خاک از الک<br>(شماره ۲۰۰) ۰.۰۷۵ میلیمتر<br>عبور نماید |
| باقی بماند.                                                                         |            |                                                       |
| رس، لای ویا آلی                                                                     | ماسه       | شن                                                    |
| بیش از ۵۰ درصد ذرات درشت از بیش از ۵۰ درصد ذرات درشت بر الک (شماره ۴) ۰.۰۷۵ میلیمتر | عبور کنند. | باقی بماند.                                           |

### ۱۰- مراحل طبقه‌بندی خاک ریز دانه (که بنا بر وزن خشک بیش از ۵۰ درصد از الک ۰.۰۷۵ میلیمتر عبور می‌کند).

۱-۱۰- 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.

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

۱-۱-۲- خاک رس پر مایه CH: دارای حد روانی ۵۰ یا بیشتر است. (قسمت CH شکل ۳).

- در مواردی که حد روانی بیش از ۱۱۰ و دامنه خمیری نیز بیشتر از ۶۰ باشد، نمودار

خمیری (شکل ۳) را می‌توان با حفظ درجه بندی محورها و امتداد خط «A» توسعه داد.

۱-۱-۳- خاک رس لای دار، CL - ML: خاکی است که محل تلاقی حد روانی و دامنه خمیری آن

بالا یا روی خط «A» قرار گرفته و دامنه خمیری آن ۴ تا ۷ باشد. (قسمت CL - ML شکل ۳).

۱-۲- خاک لای غیر آلی: خاکی است که زیر خط «A» قرار گرفته ویا دامنه خمیری آن کمتر از ۴

باشد. در این خاک حضور مواد آلی نباید مطابق بند (۱۰-۳-۲) اثری بر حد روانی داشته

باشد.

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

۱-۲-۲- خاک لای الاستیک، MH: که دارای حد روانی ۵۰ ویا بیش از آن است. (قسمت MH

شکل ۳).

۱-۳- در صورت وجود مقدار معتناهی از مواد آلی که مطابق بند (۱۰-۳-۲) بر حد روانی اثر

بگذارد، خاک به عنوان لای یارس آلی طبقه بندی می شود.

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  $5 \pm 110$  درجه سانتیگراد انجام می گیرد.

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 یارس آلی طبقه بندی می شود.

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

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

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

خاک به عنوان رس آلی، OH طبقه بندی می شود، 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 می باشد).

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

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

خاک به عنوان رس آلی، OH طبقه بندی می شود، 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- در صورتی که بیش از ۳۰ درصد ذرات بزرگتر از الک ۰.۷۵ میلیمتر باشد، کلمه «شنی

یا ماسه ای» نیز باید به نام گروه اضافه گردد. در صورتی که اکثر ذرات درشت تر از ۰.۷۵ میلیمتر، ماسه باشند از کلمه «ماسه ای، و اگر این مواد اکثراً شن باشند از کلمه «شنی» استفاده شود، مانند: رس کم مایه ماسه ای، CL، رس پر مایه شنی، CH، لای

ماسه ای، ML

### ۱۱- مراحل طبقه‌بندی خاک درشت دانه: (که بیش از ۵۰ درصد خاک روی الک ۰.۷۵ میلیمتر باقی می‌ماند).

۱۱-۱- شن: به خاکی گفته می‌شود که ۵۰ درصد مواد درشت دانه آن، نسبت به کل مواد مانده روی الک ۰.۷۵ میلیمتر، روی الک ۴۷۵ 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 ۰.۷۵ میلیمتر) از الک ۴۷۵ میلیمتر عبور کنند.

۱۱-۳- اگر ۱۲ درصد یا کمتر از ذرات نمونه از الک ۰.۷۵ میلیمتر عبور کنند، باید منحنی دانه‌بندی نمونه رسم شده و مقادیر ضریب یکنواختی ( $C_u$ ) و ضریب انحنا ( $C_c$ ) از روابط ۱ و ۲ بدست آورده شود.

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

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

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

- برای تعیین  $D_{10}$  می‌توان از ادامه منحنی دانه‌بندی استفاده نمود.

۱۱-۳-۱- خاک شن با دانه‌بندی خوب (GW)، یا ماسه با دانه‌بندی خوب (SW) نامیده می‌شود، در صورتی که کمتر از ۵ درصد ذرات نمونه از الک ۰.۷۵ 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 با دانه‌بندی بد (GP) یا ماسه با دانه‌بندی بد (SP) نامیده می‌شوند، اگر کمتر از ۵ درصد ذرات از الک ۰.۷۵ میلیمتر عبور کنند و مقادیر  $C_u$ ,  $C_c$  مطابق بند (۱۱-۳-۱) نباشند.

۱۱-۴- اگر بیش از ۱۲ درصد ذرات از الک ۰.۷۵ 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 و حد روانی نسبت به خط «A» در شکل (۳) تعیین می‌گردد. (اگر مقدار ریز

دانه برای آزمایش کافی نباشد نوع ذرات ریز دانه به عنوان رس و یا لای بر حسب بند (۸-۲-۸-۱) تعیین می شود.

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 می شود.

۱۱-۴-۲- در صورتی که ذرات ریز لای بوده و در 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) می باشد.

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

۱۱-۵- در صورتی که ۵ الی ۱۲ درصد ذرات از الک ۰۷۵ میلی متر عبور کنند از علائم دو گانه برای طبقه بندی استفاده می شود.

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 و یا بالای» 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 ۸-۲-۸ 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 ۶ دارد به عنوان ماسه با دانه بندی بد بارس لای دار با علامت SC-SP طبقه بندی می شود.

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

۷-۱۱- در صورت وجود قلوه سنگ یا تخته سنگ در نمونه باید کلمه «با قلوه سنگ و یا با قلوه سنگ و تخته 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 و طبقه بندی نمونه ها ارائه شده است:

۱-۱۲- 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 و نیمه تیز گوشه، ۴ درصد ریز دانه،  $C_u = ۱۲.۴$  و  $C_c = ۲.۷$ .

۲-۱۲- 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 می باشد (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 ۲.۵ تا ۵ سانتیمتر، مرطوب و قهوه ای تا خاکستری رنگ:

$$9\% = \text{رطوبت در محل}, w\%$$

$$۱۷ = \text{دانستیه در محل}$$

۳-۱۲- 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، قهوه ای تیره، بوی تند مواد آلی و واکنش ضعیف با HCL.

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

۵-۱۲- شن با دانه بندی بد لای دار با ماسه و قلوه سنگ و تخته سنگ (GP - GM) ۷۸ درصد شن ریز تا درشت، سخت، نیمه گرد و نیمه تیز گوشه، ۱۶ درصد ماسه ریز تا درشت، سخت، نیمه گرد و نیمه تیز گوشه، تقریباً ۶ درصد ریز دانه از جنس لای؛ مرطوب، قهوه ای رنگ و بدون 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 طبقه بندی :

۱-۱۳- این بخش چگونگی تهیه و آماده کردن نمونه به روش مرطوب را توضیح می دهد.  
۲-۱۳- نمونه آماده شده به روش مرطوب باید تا حد امکان دارای رطوبت طبیعی خود باشد. در نتیجه به هنگام تهیه، آماده کردن و انتقال نمونه ها باید از کاهش رطوبت طبیعی جلوگیری شود.

۳-۱۳- مراحل طی شده در این روش، فرض می نماید 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 می توان از انجام هریک از مراحل که قابل اجرا نمی باشد، صرف نظر نمود.

۴-۱۳- در صورت وجود ذرات بزرگتر از الک ۰.۷۵ 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.

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

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

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

۲-۶-۱۳- 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.

۳-۶-۱۳- قسمت عبوری از الک ۷۵ میلیمتر کاملاً مخلوط شود. رطوبت مخلوط را با اخذ نمونه ای 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 درصد ذرات مانده بر الک ۷۵ میلیمتر نیز محاسبه شوند.

۱۳-۷-۷- 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 و تمیز مخلوط کرده و

نمونه‌ای از آن برداشته شود.

۱۳-۷-۱-۱- در صورتی که خاک شامل دانه‌های درشت که با رس سخت پوشیده و به یکدیگر

پیوسته باشند، برای تهیه نمونه از خاک عبوری از الک ۰.۴۲۵ میلیمتر دقت زیادی لازم

است. در این حالت مقدار نمونه تهیه شده باید بیش از حداقل مقدار نمونه مورد نیاز باشد

(۲-۶).

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 بر اساس 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 و دامنه خمیری برحسب آزمایش صفحه ۸ بدست آید. نمونه قبل از اجرای

آزمایش نباید در هوا خشک شود.

۱۳-۸-۸- 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 این صورت نمونه‌ای منتخب

برحسب روش C702 و حداقل مقدار (بند ۶-۲) تهیه شود.

۱۳-۸-۲- اگر منحنی دانه بندی شامل تجزیه هیدرومتری مورد نیاز 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 C136 تعیین شود.

سری الکها طبق بند (۸-۷) انتخاب گردد. نمونه باید مدتی در آب غوطه ور بوده تا کلیه

ذرات رس نرم شود و بعد طبق روش C117 قبل از اجرای آزمایش خاک باید شسته شود.

۱۳-۸-۴- اگر بجای منحنی دانه بندی، مقدار درصد ذرات ریز دانه، شن و ماسه نیاز باشد باید از روش C117 استفاده کرد. نمونه را کاملاً در آب غوطه ور کرده تا کلیه ذرات رس نرم شوند، سپس بنابر روش C136 از سری الک شامل الک ۴۷۵ میلیمتر و الک ۷۵ ر. میلیمتر استفاده شود.

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

#### ۱۴- آماده کردن نمونه خاک برای طبقه بندی به روش خشک (در هوا)

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

۱۴-۲- اگر خاک حاوی ذرات آلی و یا کلونیدهای معدنی باشد که بر اثر خشک شدن در هوا تغییر می کنند، باید از روش مرطوب (۱۳) استفاده نمود.

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

۱۴-۴- ذرات ریز تر 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 و درصد ذرات درشت تر از ۷۵ میلیمتر نسبت به نمونه صحرایی محاسبه شود.

۱۴-۵- دانه بندی، حد روانی و دامنه خمیری را به طریق زیر تعیین نمایند. (در صورت 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 و هیدرومتری مورد نیاز 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 و متعاقباً روش C136 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 ۴۷۵ میلیمتر و الک ۰.۷۵ میلیمتر تعیین شود.

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

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

۱۵-۱- نام و علامت 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 و یا آزمایشگاهی (خرد شدن، ورقه شدن و غیره) به خاک تبدیل می شوند، مورد استفاده قرار گیرد.

۱۵-۲- مواد دیگر چون صدف، سنگ شکسته، سرباره و غیره نیز به همین ترتیب شناخته می شوند. هر چند که مراحل طی شده در این روش برای تشریح اندازه ذرات و مشخصات خمیری نیز برای توصیف مواد قابل استفاده می باشند. در صورت لزوم، برای کمک به توصیف مواد مطابق با این روش می توان آن را در یکی از طبقات 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 نمی باشند، 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 آگیر بدست آمده، خشک، به رنگ قهوه ای و با HCL اسید کلریدریک هیچگونه واکنشی نداشته است. پس از خیساندن در آب به مدت ۲۴ ساعت مواد بدست آمده به صورت زیر طبقه بندی می شوند:

"رس کم مایه ماسه ای (CL)"، ۶۱ درصد ذرات ریزرسی،  $w_L = 37$ ،  $I_p = 33$  درصد ذرات ریز تا متوسط ماسه، ۶ درصد ذرات شیل به ابعاد شن.

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

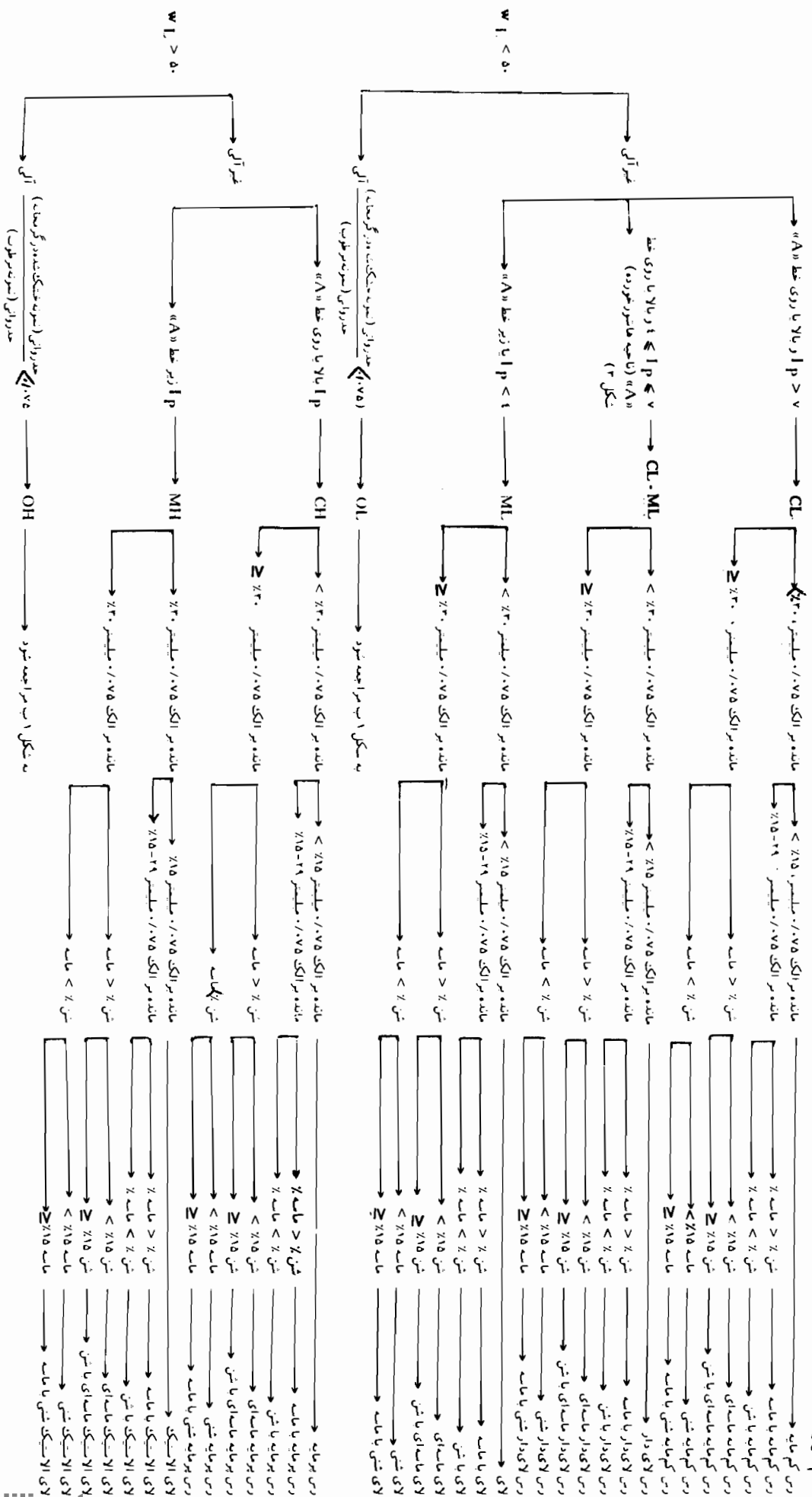
ماسه با دانه بندی بد با لای (SP - SM) ۹۱-۰ درصد ذرات ریز تا متوسط ماسه: ۹۰ درصد ذرات ریز لای دار (به طور تخمین)، خشک، قهوه ای متمایل به قرمز و همراه واکنش قوی با اسید کلریدریک.

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

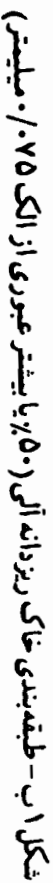
۱۵-۴-۴- سنگ شکسته - شن و قلوه سنگ بدست آمده از چاهک شماره ۷، شن با دانه بندی بد (GP) ۸۰-۰ درصد دانه های ریز، سخت، تیز گوشه به ابعاد شن، ۱۱ درصد دانه های درشت، سخت، تیز گوشه به ابعاد ماسه، خشک و قهوه ای برنزی، بدون واکنش با اسید کلریدریک،  
 $C_c = ۲۴$  و  $C_u = ۰۹$ .

شکل (۱-الف) طبقه‌بندی خاک ریزدانه (۵۰٪ یا بیشتر عبوری از الک ۰.۰۷۵ میلیتر)

علا مت گروه



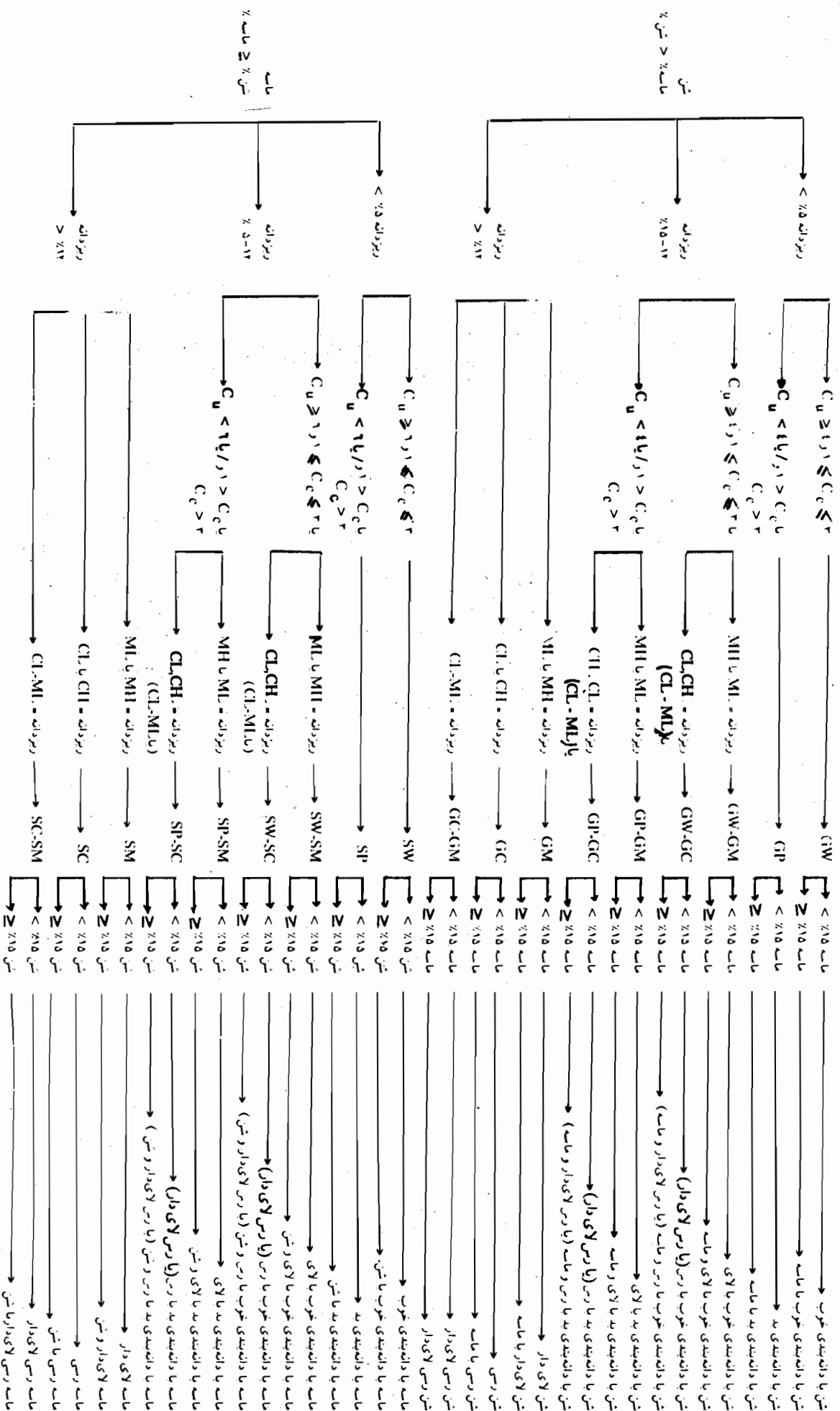
نام گزیده



شکل (۲) نمودار طبقه‌بندی خاک درشت‌دانه بیش از ۵۰٪ مانده بر الک ۰.۰۷۵ میلی‌متر

علامت گروه

نام گروه



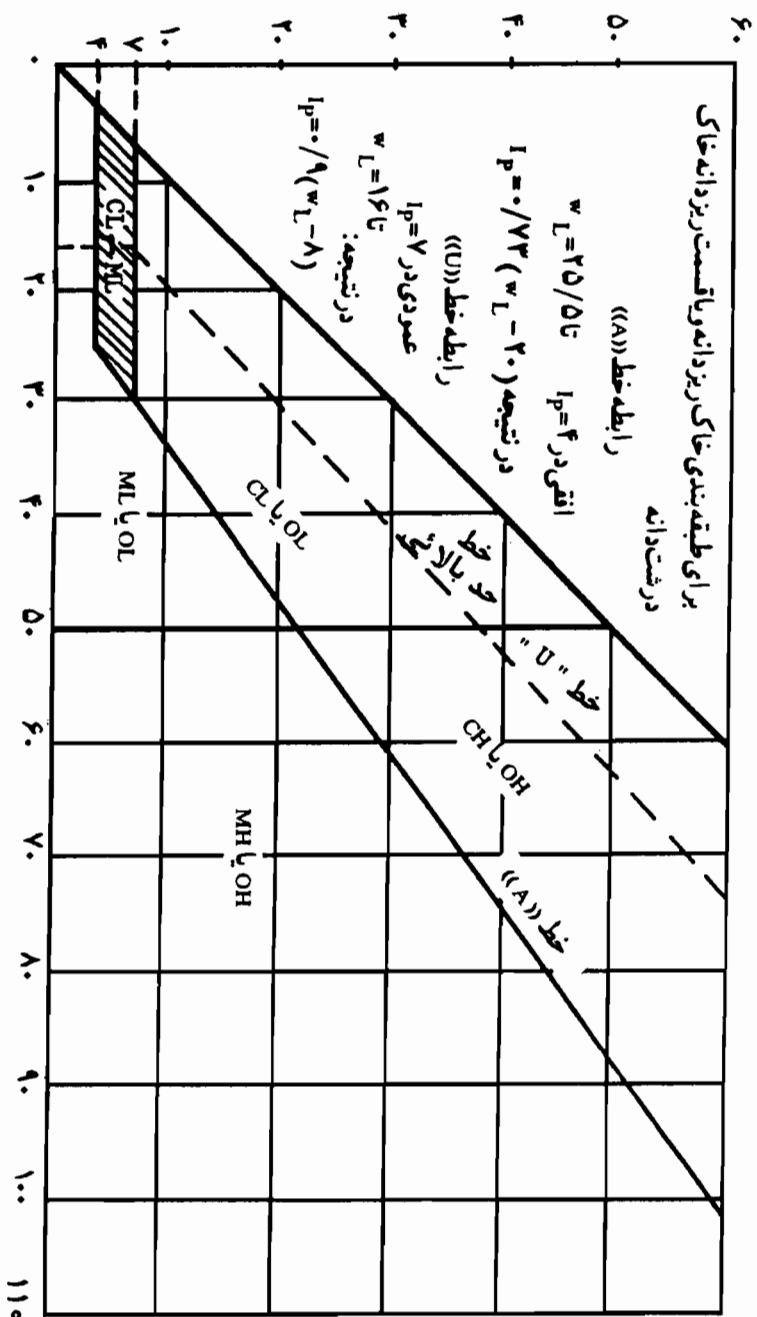
جدول (۱) - نمودار طبقه‌بندی خاک به روش یونیفاید (یکنواخت)

| ضوابط گروه‌بندی بر اساس آزمایشهای آزمایشگاهی (۱)               |                                                                   |                     |                                                                | طبقه بندی خاک               |            |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------|
|                                                                |                                                                   |                     |                                                                | نام گروه (۲)                | علامت گروه |
| خاک های درشت دانه<br>بیش از ۵۰٪ مانده<br>بر الک ۰/۰۷۵ میلیمتر  | شن<br>بیش از ۵۰٪ قسمت<br>درشت دانه مانده بر<br>الک ۴/۷۵ میلیمتر   | شن تمیز (۳)         | (۵) $C_u > 4$ و $1 < C_c < 3$                                  | شن با دانه بندی خوب (۶)     | GW         |
|                                                                |                                                                   | کمتر از ۵٪ ذرات ریز | (۵) $C_u > 3$ یا $C_c > 1$ یا $C_u < 4$                        | شن با دانه بندی بد (۶)      | GP         |
|                                                                |                                                                   | شن ریز دانه (۳)     | ذرات ریز از گروه ML یا MH                                      | شن لای دار (۶ و ۷ و ۸)      | GM         |
|                                                                |                                                                   | بیش از ۱۲٪ ذرات ریز | ذرات ریز از گروه CL یا CH                                      | شن رسی (۶ و ۷ و ۸)          | GC         |
|                                                                | ماسه<br>بیش از ۵۰٪ قسمت<br>درشت دانه عبوری از<br>الک ۴/۷۵ میلیمتر | ماسه تمیز (۴)       | (۵) $C_u > 6$ و $1 < C_c < 3$                                  | ماسه با دانه بندی خوب (۹)   | SW         |
|                                                                |                                                                   | کمتر از ۵٪ ذرات ریز | (۵) $C_u > 3$ یا $C_c > 1$ یا $C_u < 6$                        | ماسه با دانه بندی بد (۹)    | SP         |
|                                                                |                                                                   | ماسه ریز دانه (۴)   | ذرات ریز از گروه ML یا MH                                      | ماسه لای دار (۷ و ۸ و ۹)    | SM         |
|                                                                |                                                                   | بیش از ۱۲٪ ذرات ریز | ذرات ریز از گروه CL یا CH                                      | ماسه رسی (۷ و ۸ و ۹)        | SC         |
| خاک های ریز دانه<br>۵۰٪ یا بیشتر عبوری<br>از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر | رس ولای                                                           | غیر آلی             | $I_p > 7$ و بالا یا روی خط «A» (۱۰)                            | رس کم مایه (۱۱ و ۱۲ و ۱۳)   | CL         |
|                                                                |                                                                   |                     | $I_p < 4$ و بالا یا زیر خط «A» (۱۰)                            | لای (۱۱ و ۱۲ و ۱۳)          | ML         |
|                                                                | حد روانی کمتر از ۵۰                                               | آلی                 | حد روانی (نمونه خشک شده در ۱۰۰٪ رطوبت) - (نمونه مرطوب - اولیه) | رس آلی (۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۴)  | OL         |
|                                                                |                                                                   |                     |                                                                | لای آلی (۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۵) |            |
|                                                                | رس ولای                                                           | غیر آلی             | $I_p$ بالا یا روی خط «A»                                       | رس پر مایه (۱۱ و ۱۲ و ۱۳)   | CH         |
|                                                                |                                                                   |                     | $I_p$ زیر خط «A»                                               | لای الاستیک (۱۱ و ۱۲ و ۱۳)  | MH         |
|                                                                |                                                                   | آلی                 | حد روانی (نمونه خشک شده در ۱۰۰٪ رطوبت) - (نمونه مرطوب - اولیه) | رس آلی (۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۶)  | OH         |
|                                                                |                                                                   |                     |                                                                | لای آلی (۱۱ و ۱۲ و ۱۳ و ۱۷) |            |
| خاکهای آلی                                                     | مواد اولیه آبی یا رنگ تیره و بی تند مواد آلی                      |                     |                                                                | خاک تورب                    | PT         |

- ۱- بر اساس خاک عبوری از الک ۷۵ میلیمتر
- ۲- اگر نمونه صحرایی حاوی قلوه سنگ و تخته سنگ باشد، به نام گروه باید کلمه «با قلوه سنگ یا تخته سنگ» اضافه شود.
- ۳- شن حاوی ۵ الی ۱۲ درصد ذرات ریز، علامت دو گانه دارد:
- ۴- ماسه حاوی ۵ الی ۱۲ درصد ذرات ریز، علامت دو گانه دارد:
- 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-MI باشد از علامت دو گانه 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 آتزر برگ در قسمت هاشور خورده نمودار قرار گیرد، خاک از گروه CL-MI بوده و رس لای دار نامیده می شود.
- ۱۱- اگر خاک حاوی ۱۵ الی ۲۹ درصد ذرات درشت تر از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر باشد، بر حسب وجود شن یا ماسه کلمه «با شن یا با ماسه» به نام گروه اضافه شود
- ۱۲- اگر ۳۰٪ یا بیشتر ذرات درشت تر از الک ۰/۰۷۵ میلیمتر ماسه باشد، کلمه «ماسه ای» به نام گروه اضافه شود.
- ۱۳- اگر ۳۰٪ یا بیشتر ذرات درشت تر از الک

دامنه خمیری ( $I_p$ )



شکل (۳) نمودار خمیری

حدروانی ( $w_L$ )

واژه‌نامه  
انگلیسی - فارسی

**A**

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| <b>Absorption</b>      | جذب           |
| <b>Activity Number</b> | عدد فعالیت    |
| <b>Apparatus</b>       | وسیله - ابزار |

**B**

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

**C**

|                               |               |
|-------------------------------|---------------|
| <b>Cam</b>                    | محور          |
| <b>Carriage</b>               | اهرم          |
| <b>Cation</b>                 | کاتیون        |
| <b>Classification of Soil</b> | طبقه بندی خاک |
| <b>Clay</b>                   | رس            |
| <b>Clayey</b>                 | رسی           |
| <b>Clayey Gravel</b>          | شن رسی        |

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| 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      | شیارزن انحنا دار |

## 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            |
| Disturbed 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 Blow Sand | ماسه بادی               |
| Fine Grained          | خاک ریز دانه            |
| Fine Sand             | ماسه ریز                |
| Filter Paper          | صافی کاغذی              |
| Flat Grooving Tool    | شیار زن مسطح            |

**G**

|                          |             |
|--------------------------|-------------|
| <b>Granular Material</b> | خاک دانه ای |
| <b>Gravel</b>            | شن          |
| <b>Gravelly</b>          | شنی         |
| <b>Group</b>             | گروه        |
| <b>Group index</b>       | شاخص گروه   |
| <b>Gypsum</b>            | گچ          |

**H**

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>Hard Rubber</b>          | لاستیک سفت |
| <b>Hydrated Water</b>       | آب ملکولی  |
| <b>Hydrometer</b>           | هیدرومتر   |
| <b>Hygroscopic Moisture</b> | رطوبت محیط |

**I**

|                  |         |
|------------------|---------|
| <b>Initial</b>   | اولیه   |
| <b>Inorganic</b> | غیر آلی |
| <b>In- Situ</b>  | در محل  |

**L**

|                     |               |
|---------------------|---------------|
| <b>Laboratory</b>   | آزمایشگاه     |
| <b>Layered Soil</b> | خاک لایه لایه |
| <b>Lean Clay</b>    | رس کم مایه    |

|                  |                           |
|------------------|---------------------------|
| Lid              | درپوش                     |
| Linear Shrinkage | 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 | اَپتیم - بهینه |

---



---

|         |         |
|---------|---------|
| Organic | آلی     |
| Oven    | گرمخانه |

## P

|                        |                   |
|------------------------|-------------------|
| Pan                    | سینی              |
| Particle Size Analysis | دانه بندی         |
| Paasing                | عبوری             |
| Peat                   | تورب              |
| Permeability           | نفوذ پذیری        |
| Plastic Limit          | حد خمیری          |
| Plasticity Index       | دامنه خمیری       |
| Poorly Graded          | بادانه بندی بد    |
| Porcelin               | چینی              |
| Pore                   | حفره ای           |
| Procedure              | روش               |
| Pulverize              | خرد کردن - 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        | حد انقباض - حد جمع شدگی     |
| Shrinkage Ratio        | نسبت انقباض - نسبت جمع شدگی |
| Sieve                  | الک                         |
| Significance and Use   | مشخصات و موارد 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 | حد بالایی          |

## V

|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| Vacuum               | خلا                         |
| 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 قلوه سنگ                         |
| With Silt     | با لای                              |

واژه‌نامه  
فارسی – انگلیسی

## ۲

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

## الف

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

## ب

|              |             |
|--------------|-------------|
| With Boulder | با تخته سنگ |
| With Clay    | با رس       |

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

## پ

|                        |        |
|------------------------|--------|
| <b>Stirring Paddle</b> | پروانه |
|------------------------|--------|

## ت

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

|                           |                  |
|---------------------------|------------------|
| 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     |

Liquid Limit حد روانی

Pore حفره‌ای

## خ

Material , Soil خاک

Granular Material خاک دانه ای

Coarse - Grained Soil خاک درشت دانه

Disturbed Soil خاک دست خورده

Embankment خاکریز

Fine Grained Soil خاک ریز دانه

Muck خاک کود

Layered Soil خاک لایه لایه

Pulverize خرد کردن

Stone Fragment خرده سنگ

Vacuum خلا،

Wear خوردگی

Soak خیس خوردن

## د

Plasticity Index دامنه خمیری

Particle Size Analysis دانه بندی

Lid درپوش

Consistency درجه سفتی

In - Situ در محل

Rubber Tipped Pestal دسته هاون بانوک لاستیکی

---

|             |        |
|-------------|--------|
| Temperature | دما    |
| Thermometer | دماسنج |
| Slurry      | دوغاب  |

و

|                      |            |
|----------------------|------------|
| Equation             | رابطه      |
| Clay                 | رس         |
| Fat Clay             | رس پرمایه  |
| Lean Clay            | رس کم‌مایه |
| Clayey               | رسی        |
| Silt - Clay          | رس - لای   |
| Silty Clay           | رس لای دار |
| Hygroscopic Moisture | رطوبت محیط |
| Soil Behavior        | رفتار خاک  |
| Procedure            | روش        |

ز

|         |         |
|---------|---------|
| Subbase | زیراساس |
|---------|---------|

س

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| Earthwork Structures | سازه های خاکی |
| Curshed Ruck         | سنگ خرد شده   |
| Clay Stone           | سنگ رسی       |
| Silt Stone           | سنگ لای       |

|            |               |
|------------|---------------|
| Shell      | سنگهای مرجانی |
| Pan , Tray | سینی          |

## ش

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

## ص

|              |            |
|--------------|------------|
| Filter Paper | صافی کاغذی |
|--------------|------------|

## ض

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Blow                     | ضربه       |
| Correction Factor        | ضریب اصلاح |
| Coefficient of Curvature | ضریب انحنا |

Coefficient of Uniformity

ضریب یکنواختی

ط

Classification of Soil

طبقه بندی خاک

ع

Passing

عبوری

Activity Number

عدد فعالیت

Sedimentation Process

عمل ته نشینی

غ

Inorganic

غیر آلی

Cohesionless

غیر چسبنده

Non Plastic

غیر خمیری

ف

Thread

فتیله

ق

Compactibility

قابلیت تراکم

Compressibility

قابلیت فشردگی

Solid Particle

قسمت جامد

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

## ک

|         |        |
|---------|--------|
| Cation  | کاتیون |
| Spatula | کاردک  |
| Lump    | کلوخ   |

## گ

|           |         |
|-----------|---------|
| Gypsum    | گچ      |
| Oven      | گرمخانه |
| Group     | گروه    |
| Slurry    | گل      |
| Mud Stone | گل سنگ  |

## ل

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

## م

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

## ن

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

## و

|           |              |
|-----------|--------------|
| Weight    | وزن          |
| Apparatus | وسيله، ابزار |

## ه

|            |          |
|------------|----------|
| Mortar     | هاون     |
| Hydrometer | هیدرومتر |

## ی

|         |                    |
|---------|--------------------|
| Unified | یکنواخت (یونیفاید) |
|---------|--------------------|

برگهای اطلاعاتی

برگ اطلاعات؛ شماره ۱:

نام انجام دهنده آزمایش:

محل انجام پروژه:

نام پروژه:

تاریخ انجام آزمایش:

شماره حفاری:

شماره پروژه:

مشخصات ظاهری خاک:

درجه حرارت گرمخانه:

«تعیین میزان رطوبت»

| ملاحظات | $w = (W_w / W_s) \times 100$ | $W_w = W_1 - W_2$ | $W_s = W_2 - W_C$ | $W_2$                    | $W_1$                  | $W_C$              | شماره قوطی | عمق نمونه | شماره نمونه |
|---------|------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|------------|-----------|-------------|
|         | درصد رطوبت                   | وزن آب حفارای     | وزن نمونه خشک شده | وزن قوطی + نمونه خشک شده | وزن قوطی + نمونه مرطوب | وزنه قوطی با درپوش |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |
|         |                              |                   |                   |                          |                        |                    |            |           |             |

• کلیه وزنها بر حسب گرم می باشد

برگ اطلاعات؛ شماره ۲۰:

نام انجام دهنده آزمایش:

محل انجام پروژه:

نام پیر و ژہ:

## تاریخ انجام آزمایش:

شماره حفاری:

درجه حرارت گرمخانه:

### مشخصات ظاهری خاک:

«تعیین حد روانی»

[illegible]

• کلبه وزنها بر حسب گرم می باشد

نام انجام دهنده آزمایش:

## تاریخ انجام آزمایش:

درجه حرارت گرمخانه:

محل انجام پروژہ:

شماره حفاری:

ملاحظات ظاهری خاک:

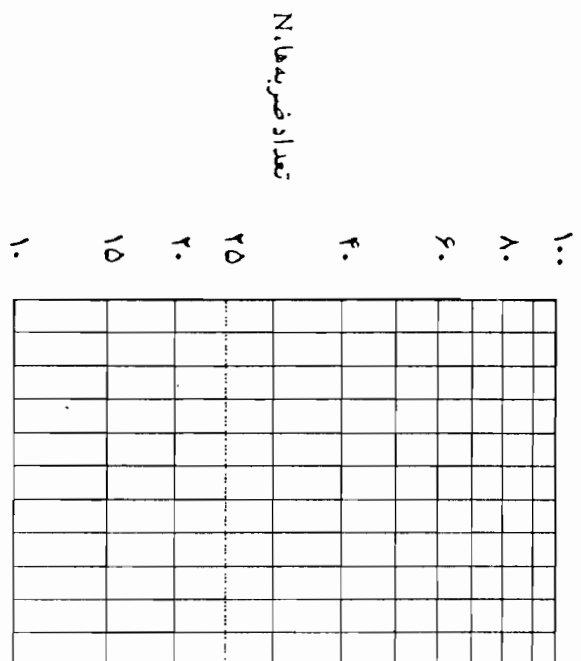
## شماره پروژہ:

نام پڑوڑا:

«حمل خمیری»

[illegible]

کلبه وزنها بر حسب گرم میباشد



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |                                  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------------------|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | شماره نمونه                      |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | حد روانی<br>$w_L$                |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | حد خمیری<br>$w_P$                |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | دامنه خمیری<br>$I_P = w_L - w_P$ |

برگ اطلاعات شماره ۴:

نام پروژه:

شماره پروژه:

منهضات ظاهری خاک:

محل انجام پروژه:

شماره پروژه:

(( تعیین حد انقباض ))

نام انجام دهنده آزمایش:  
تاریخ انجام آزمایش:

| شماره نمونه                                                                                | عمق نمونه برداری             | شماره قوطی |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------|
| $M_c$                                                                                      | وزن ظرف چینی<br>ظرف چربی شده |            |
| $M_l$                                                                                      | وزن ظرف +<br>نمونه اولیه     |            |
| $M_z$                                                                                      | وزن ظرف +<br>نمونه خشک       |            |
| $M_w = M_l - M_z$                                                                          | وزن آب<br>حفره ای            |            |
| $M_a = M_z - M_c$                                                                          | وزن نمونه<br>خشک             |            |
| $w = \frac{M_w}{M_a} \times 100$                                                           | درصد<br>رطوبت                |            |
| $V_{cm}$                                                                                   | حجم اولیه<br>خاک             |            |
| $V_o = V_{cm} \times 3$                                                                    | حجم نمونه<br>خشک             |            |
| $v_a = v - w \times \left[ \frac{(V - V_o) f / v_o}{(V - V_o) f / v_o} \right] \times 100$ | حد انقباض                    |            |
| $R = \frac{v_a}{V} \times f_v$                                                             | نسبت<br>انقباض               |            |
| $V_a = (v_l - v_a) R$                                                                      | انقباض<br>حجمی               |            |
| $L_s = 100 \left[ 1 - \sqrt[3]{\frac{V_a + 100}{V_s + 100}} \right]$                       | انقباض خطی                   |            |
| $C_u = \frac{((1/R) - (v_a/100))}{1}$                                                      | چگالی                        |            |
| ملاحظات                                                                                    |                              |            |

\* کلیه وزنها بر حسب گرم می باشد.

برگ اطلاعات بشماره ۵:

نام انجام دهند آزمایش:

شماره حفاری:

تاریخ انجام آزمائش:

درجه حرارت گرمخانه:

مشخصات ظاهری خاک:

نام پیر و ژہ:

شماره پیر و ژ: ۵:

محل انجام پروژه:

دانه بندی خاک بطریقہ مکانیکی:

|                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| وزن متوسطی + نمونه خشکی | $W_1$               |
| شده                     |                     |
| وزن متوسطی              | $W_2$               |
| وزن نمونه خشکی شده      | $W_s = (W_1 - W_2)$ |

[illegible]



نمودار دانه بندی:

نام پروژه:

شماره حفاری:

نام انجام دهنده آزمایش:

شماره پروژه:

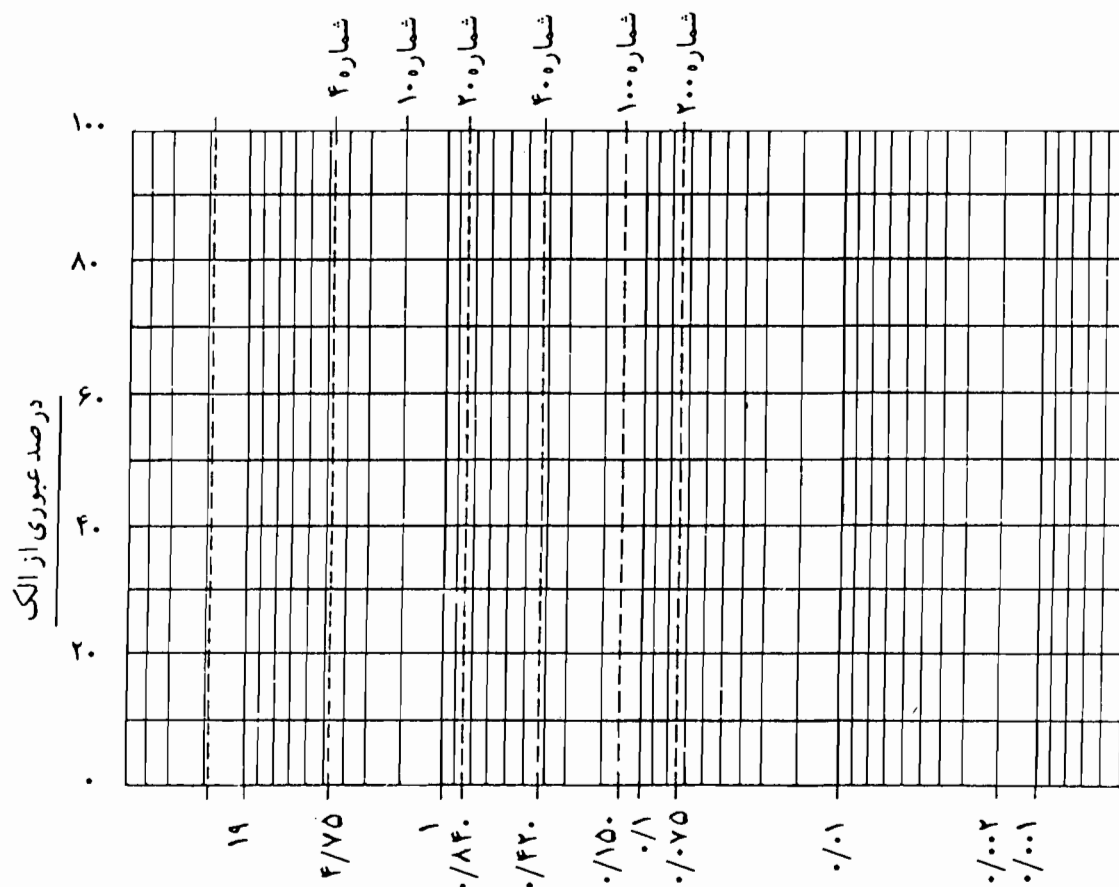
درجه حرارت گرمخانه

تاریخ آزمایش:

محل انجام پروژه:

| شن | ماسه          |     | لای | رس |
|----|---------------|-----|-----|----|
|    | درشت تا متوسط | ریز |     |    |

اندازه های الک (استاندارد امریکا)



(قطر) اندازه ذرات، میلیمتر

خواص ظاهری خاک،

طبقه بندی خاک:

سیستم طبقه بندی:



### 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