www.noavarpub.com

بسم الله الرحمن الرحیم

دستورالعمل آزمایش‌های کاربردی

مکانیک خاک

(با محوریت سدهای خاکی)

- بیان دستورالعمل آزمایش و پرداختن به نکات اساسی و کاربردی بودن آن
- بیان آزمایش‌هایی که دقت آنها بیشتر به نحوه آزمایش و خطا بستگی دارد
- ارائه نتایج و روش آزمایش در پروژه سدهای خاکی بدلیل حساسیت بالای نتایج
- بروزرسانی آزمایشها با توجه به آخرین امکانات آزمایشگاه‌های مکانیک خاک
- ارائه جداول نمونه نتایج حاصل از یک پروژه عمرانی موفق
- بیان موارد حذف خطا تحت عنوان نکته‌ها در متن آزمایش‌ها
- ارائه دستورالعمل آزمایش‌های قابل انجام و بروز رسانی با توجه به استانداردها

مؤلف: مهندس علی کشاورزی

سرشناسه	: کشاورزی، علی، ۱۳۶۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: دستورالعمل آزمایش‌های کاربردی مکانیک خاک (با محوریت سدهای خاکی)/مولف علی کشاورزی.
مشخصات نشر	: تهران : نوآور، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۱۶۰ ص.
شابک	: ۱-۲۱۳-۱۶۸-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: خاک -- مکانیک -- دستنامه‌های آزمایشگاهی
موضوع	: سدهای خاکی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ ۵د۵ک/۷۱۰/۵ TA
رده بندی دیویی	: ۱۵۱۳۰۷۸/۶۲۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۵۳۵۴۱۶

دستورالعمل آزمایش‌های کاربردی مکانیک خاک (با محوریت سدهای خاکی)

مؤلف: مهندس علی کشاورزی

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

مدیر تولید: محمدرضا نصیرنیا

شابک: ۱-۲۱۳-۱۶۸-۶۰۰-۹۷۸

نشرنوآور

نمایشگاه دائمی و مرکز فروش:

نوآور: تهران ـ خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهدای ژاندارمری نرسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه اول، واحد ۳

تلفن: ۶۶۴۸۴۱۸۹

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصراً متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس‌برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، دی وی دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

فهرست مطالب

مقدمه مؤلف..... ۵
مقدمه‌ای بر آزمایش‌های مکانیک خاک..... ۷
آزمایش ۱: تعیین درصد رطوبت خاک و سنگ بر مبنای جرم در آزمایشگاه ASTM: D2216..... ۱۴
آزمایش ۲: تعیین درصد رطوبت خاک با گرمایش گرمخانه مایکروویو ASTMD4643..... ۲۱
آزمایش ۳: روش آزمایش استاندارد مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با استفاده از انرژی استانداردASTMD698 و روش تراکم اصلاح شده ASTM D1556..... ۲۵
آزمایش ۴: استاندارد دانه‌بندی مکانیکی خاک ASTMD422-63..... ۳۳
آزمایش ۵: دانه‌بندی با استفاده از هیدرومتری ASTM D 422-63..... ۴۲
آزمایش ۶: واگرایی خاکهای رسی بوسیله هیدرومتری مضاعف ASTM D 4221-83..... ۵۲
آزمایش۷: تعیین حد روانی، حد خمیری، حد انقباض ASTM D 4318..... ۵۵
آزمایش ۸: هم ارزی ماسه AASHTO T: 176-81 , ASTM D: 2419-87..... ۶۸
آزمایش ۹: مصالح دانه‌ای..... ۷۳
آزمایش۱۰: تعیین ضریب تورق (پولکی بودن) مصالح درشت دانه BS812: Sction 105.1:1989..... ۷۶
آزمایش۱۱: تعیین ضریب تطویل مصالح درشت دانه BS812: Sction 105.2:1990..... ۸۰
آزمایش ۱۲: تعیین دانسیته گل حفاری بنتونیت ASTM: D 4380-84..... ۸۴
آزمایش ۱۳: تعیین نفوذپذیری خاکهای دانه‌ای (ارتفاع ثابت)ASTM D 2434..... ۸۶
آزمایش ۱۴: تعیین اندیس دانسیته حداقل خاکها و محاسبه دانسیته نسبی ASTM D 4254-83..... ۹۲
آزمایش ۱۵: تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های درشت ASTM: C127-88..... ۹۷
آزمایش۱۶: تعیین وزن مخصوص و جذب آب سنگدانه‌های ریز ASTM: C128-97..... ۱۰۲
آزمایش ۱۷: تعیین دانسیته حداکثر خاکها با میز مرتعش ASTM: D4253-83..... ۱۰۶
آزمایش ۱۸: تصحیح وزن و درصد رطوبت خاکهای حاوی ذرات درشت ASTM: D4718-87..... ۱۱۴
آزمایش ۱۹: دانه‌بندی مصالح درشت دانه ریپ راپ..... ۱۱۷
آزمایش ۲۰: نمونه‌برداری از مصالح سنگی AASHTO T2..... ۱۲۱

آزمایش ۲۱: کاهش مقدار نمونه‌های مصالح سنگی به مقدار مورد نیاز بـرای آزمـایش AASHTO T248-ASTM C702 ..... ۱۲۴
آزمایش ۲۲: وزن مخصوص و دانسیته خاک در محل به روش ماسه مخروط ASTM D 1556 -90... ۱۲۷
آزمایش۲۳: قلعه ماسه‌ای ۱۳۲
آزمایش ۲۴: برش مستقیم خاکها تحت شرایط تحکیم یافته زهکشی شده ASTM D 3080-90..... ۱۳۴
ضمیمه ۱: نمونه‌ای از جداول آزمایشگاه مکانیک خاک ۱۴۳
ضمیمه ۲: لیست آزمایشات کاربردی مکانیک خاک ۱۵۷

مقدمه مؤلف:

صورت هر مسئله در اساس مهمتر از حل آن است حل مسئله ممکن است فقط مستلزم مهارت‌های تجربی یا ریاضی باشد، حال‌آنکه‌پرسش‌های نوو بررسی مسایل قدیمی از دیدگاه تازه، نیازمند ذهنی خلاق و مبین آزمودگی فرد در علوم است. «آلبرت انیشتین»

کلمات آنگونه که در روی کاغذ نقش می‌بندند، در بهترین جلوه خود شکر معبودم را یادآور می‌شوند. در سر آغاز این نوشته شکر الله را به جا می‌آورم که توفیق داد این نوشته را به تحریر در بیاورم.

مکانیک خاک را نه می‌توان گفت علمی چون ریاضی است که با استدلال، بتوان آن را با معادلات تحلیل کرد و نه می‌توان به عنوان یک موضوع ساده به آن نگریست. مکانیک خاک خود علمی برخاسته از مهندسی و تجربه است و نیازمند آزمودن و بررسی موضوعات بالقوه، در ابعاد علمی است. بررسی رفتار خاک، باعث به وجود آمدن استانداردهای تحت عنوان آزمایشهای مکانیک خاک شده است. که در همه صحت نتایج آزمایش، به آزمودن روش ارائه شده و دقت و موضوعی به نام خطا وابسته شده است، واز طرفی گستردگی توده خاک خود مزید بر علت است که آزمایشهای این گرایش بیشتر از هر رده مهندسی بتواند ارزش خود را نشان دهد و در این زمینه سدهای خاکی به عنوان یک پروژه مادر، در زمینه این آزمایش‌ها می‌باشد، و لزوم استفاده از انواع خاکها به تعریف مهندسی اعم از ریزدانه و درشت دانه و فیلتر و ماسه و رس... باعث شده است که پروژه سدهای خاکی، به عنوان یک محیط اکتیو، نیازمند به بررسی اکثر آزمایشهای خاک بادقت بالا خود را معرفی کند.

در این نوشته سعی بر آن شد تا با استفاده از تجربه کاری و استانداردهای متدوال بتوانیم مستندی برخاسته از تجربه و علم را جمع‌آوری کنیم که بتواند دقت را به عنوان نقطه مقابل خطاء (عامل وجود واگرایی نتایج) بیشتر ارزش و بهاء ببخشد.

این کتاب چون هر نوشته علمی مصون از خطا و اشتباهات علمی، ویرایشی نخواهد بود و مطمئناً نظر خوانندگان به عنوان مشوقی خواهد توانست مارا یاری کند.

علی کشاورزی

إِنَّ الَّذِينَ يَتْلُونَ كِتَابَ اللَّهِ وَأَقَامُوا الصَّلَاةَ وَأَنفَقُوا مِمَّا رَزَقْنَاهُمْ سِرًّا وَعَلَانِيَةً يَرْجُونَ تِجَارَةً لَّن تَبُورَ

تقدیم به آنانی که زیستن را برایم زیبا آموختند و یادم دادند که زیبا نگاه کردن انسان را از گناه کردن باز میدارد و بر قلّه این تعلیم، پدر و مادرم استوار ایستاده‌اند.

این نوشته بهانه‌ای فراهم آورد، دوباره تشکر کنم از عزیزانی که همیشه مشوق و به عنوان پشتوانه‌ی فکری، برایم حضور داشته‌اند.

تشکر می‌کنم از جناب آقای مهندس مصطفی دیبائی و برادرم عباس و امین کشاورزی و خواهر بسیار ارجمندم.

مقدمه‌ای بر آزمایش‌های مکانیک خاک

آزمایشهای مکانیک خاک در کارهای عمرانی جز لاینفک پروژه‌ها می‌باشد. این آزمایشها در استانداردهای معروف همانند ASTM مورد استفاده قرار می‌گیرند و از آنجا که در سدهای خاکی انواع زیادی از این آزمایشها انجام می‌پذیرد لذا در این نوشته سعی بر آن شد سدهای خاکی به عنوان محور تعیین کننده انواع آزمایشهای مکانیک خاک مورد استفاده قرار گیرد و ذکر این نکته که در آزمایشهای مکانیک خاک نحوه استفاده از آزمایشها، منوط به پروژه خاصی نمی‌باشد، و ذکر پروژه‌ای به نام سدهای خاکی صرفا جهت شرح استفاده بهینه از آزمایشها و تجربه نویسنده می‌باشد.

سدهای خاکی که خود حاصل آرایش منظم انواع خاک و سنگ می‌باشد همان خاک در طبیعت است که در همه جا یافت می‌شود. می‌توان با آزمایش‌های مکانیک خاک و رده‌بندی آنها از خاکی که در مقابل آب به راحتی قابل شسته شدن است سدی را پدید آورد که سالهای سال بتواند دریاچه پشت تاج را جهت بهره برداری‌های مختلف پر نگه دارد. در اینجا ابتدا معرفی سدهای خاکی جهت روشن شدن اهمیت موضوع و بررسی آزمایشهای مکانیک خاک مورد بررسی قرار می‌گیرد.

الف: ترتیب چینش لایه‌های خاکی اصلاح شده که هر کدام با توجه به مشخصات و نوع عملکردش وظیفه‌ای به عهده دارد، به شرح زیر است

۱) ریپ راپ

ریپ راپ (لایه حفاظتی): باریکترین لایه و خارجی‌ترین لایه و از تخته سنگهای بزرگ تشکیل شده است و مصالح پوسته را در برابر عوامل جوی، امواج دریاچه و عوامل غیر طبیعی احتمالی محافظت می‌نماید.

۲) پوسته بالادست

۳) انتقالی بالادست

۴) مخلوط بالادست

۵)هسته

هسته مهمترین بخش سد بوده و عملا لایه‌ایست کـه جلـوی آب را سـد مـی‌کنـد و دیگـر لایه‌ها (افقی یا عمودی) نقش نگهدارنده یا کمک دهنده به عملکرد این لایه را دارند.

۶) فیلتر ۱ پایین دست

۷) فیلتر ۲ پایین دست

حتما با الک کار کرده‌اید. نکته مهم اینست که قطر سوراخهای الک طـوری باشـند کـه بـین مواد موجود در آن دو دستگی ایجاد کنند و مقداری از مواد خارج شوند و مقداری دیگر بـاقی بمانند. فیلترها بعد از هسته ایجاد می‌شوند و جلوی حرکت ذرات هسته را در اثـر جریـان آب می‌گیرند. مصالح فیلتر در مجموعه سنگ شکن و سرند تولید می‌شوند و در عین حال که قطـر هیچ ذره‌ای بالاتر از حدود ۵ میلیمتر نیست، وذراتی که از ریزدانه‌ترین الـک (الـک نمـره ۲۰۰) میگذرند کمتر از ۵ درصد وزن کل مصالح است. یعنی مصالح فیلتر به هیچ عنـوان نبایـد دارای ذرات ریز و گل و لجن باشد. ممکن است دو یا چند لایه فیلتر طراحی شود و به ترتیب از ریز دانه تا درشت دانه بعد از هسته قرار بگیرند.

۸ـ زهکش پایین دست

آبی که وارد بدنه سد می‌شود توسط هسته رسی به شدت دچار افت فشار می‌شود ولی ایـن فشار هیچگاه صفر نخواهد شد. پس از گذشتن آب از هسته و فیلتر باید به سرعت از بدنه سـد تخلیه شود. در واقع با انجام یک لوله کشی با استفاده از مصالح درشت تر از فیلتر (و ریزتـر از لایه‌های نگهدارنده خارجی) عمل انتقال آبی که از هسته عبور کرده، صورت می‌گیرد.

۹ـ انتقالی پایین دست

بین یک لایه درشت دانه و یک لایه ریز دانه قرار می‌گیرد و از شسته شدن مصـالح ریزدانـه به داخل درشت دانه جلوگیری می‌کند.

۱۰ـ مخلوط پایین دست

۱۱ـ پوسته پایین دست

نقش نگهدارنده و محافظ را برای لایه‌های درونی سد ایفـا مـی‌کننـد و عمـدتا از سـنگهای درشت دانه تشکیل می‌شود. عمدتا سعی می‌شود مصالح حاصل از حفـاری جنـاحین، سـرریز، تونلهای انحراف و آبگیر و... برای این قسمت از بدنه استفاده شوند ولی اگر جنس این مصـالح برای پوسته مناسب نباشد، هزینه هنگفتی بابت ایجاد معدن، انفجار، استحصال و حمل به پروژه تحمیل می‌شود.

۱۲ـ ریپ راپ پایین.

باریکترین لایه و خارجی ترین لایه و از تخته سنگهای بزرگ تشکیل شده اسـت و مصـالح

پوسته را در برابر عوامل جوی، امواج دریاچه و عوامل غیر طبیعی احتمالی محافظت می‌نماید.

ب: رطوبت و تراکم:

مصالح هسته و پوسته و مخلوط برای رسیدن به حداکثر تراکم با غلطکهای مناسب کوبیده می‌شوند. از طرفی زیاد کوبیدن خاک باعث خرد شدن دانه‌ها و به هم خوردن مشخصات دانه‌بندی آن می‌شود. مساله‌ای به نام رطوبت بهینه تعیین می‌کند که هر نوع خاکی چقدر باید رطوبت داشته باشد (تفاوت وزن معمولی و خشک شده خاک در اون به درصد) و چه مقدار باید انرژی ببیند که به حداکثر تراکم خود برسد.. مصالح فیلتر و زهکش از این قاعده جدا هستند. این مصالح برای آبگذری در سد قرار داده می‌شوند، نه مقاومت در برابر آب.

برای همین این مصالح بعد از ریخته شدن در محل فقط بوسیله غلطک صاف اتو می‌شوند. در واقع برای این مصالح شرط حداکثر تراکم وجود دارد نه حداقل تراکم.

مهمترین قسمت یک سد خاکی هسته نفوذپذیر آن است. که در بسیاری از سدها به صورت هسته رسی تعریف می‌شود. و آن را با رطوبت بهینه تا رسیدن به تراکم تعریف شده با مشخصات توسط غلطک‌های پاچه بزی متراکم می‌کنند.

پ: روش خاکریزی و تراکم مصالح هسته

برای ایجاد اتصال محکم بین سطح متراکم شده خاکریزی هسته رسی و لایه بعدی باید سطح آن تا عمق ۴ الی ۶ سانتیمتر با روشهای مناسب خراشیده، نرم و مرطوب شود. در صورتی که سطح خاکریزی بیش از حد خشک یا خیس باشد باید درصد رطوبت آن قبل از اجرای لایه بعدی اصلاح شود. اگر سطح لایه ای در اثر بارندگی خیس شده باشد بیش از حد مرطوب باشد، باید رطوبت لایه مزبور تا میزان لازم کاسته و لایه طبق مشخصات بهم زده شده و دوباره متراکم گردد. مصالح باید بر روی لایه قدیمی ریخته شده و به صورت لایه های افقی به موازات محور سد پخش و تسطیح شود. لایه پخش شده باید هموار گردیده و متعاقب آن دیسک زده شود. دیسک زدن شامل کل لایه و همچنین ۴ تا ۶ سانتیمتر از لایه قبلی خواهد بود رطوبت تراکم از آزمایش تراکم به روش استاندارد پراکتور (ASTM D698) بدست می‌آید. مصالح هسته تحتانی (ناحیه A_1) باید تا حداقل ۹۸ درصد تراکم حداکثر با رطوبت منهای ۱ درصد زیر رطوبت بهینه تا ۲ درصد بیش از آن متراکم شود مصالح هسته فوقانی (ناحیه B_1) باید تا حداقل ۹۸ درصد تراکم حداکثر با رطوبت ۱/۵ درصد زیر رطوبت بهینه تا ۱/۵ درصد بیش از آن متراکم شود و در هر صورت درجه اشباع مصالح هسته متراکم شده نباید بیش از ۹۵ درصد باشد. رطوبت تراکم در محل اتصال هسته رسی به پی باید در محدوده ۲ تا ۴ درصد بیش از رطوبت بهینه و بطور متوسط ۳ درصد بالای رطوبت بهینه قرار داشته باشد. در هر صورت اختلاف رطوبت لایه تماسی با خاک رس مجاور آن نباید بیش از ۲ درصد

باشد.اصلاح درصد رطوبت مصالح در محل خاکریز تا ۲ درصد مجاز است و اصلاح رطوبت بیش از ۲ درصد باید در محل قرضه انجام شود. تراکم مصالح باید طبق روش ASTM D698 در آزمایشگاه و طبق روش ASTM D1556 در صحرا کنترل شود. در هر صورت قطر چاله جهت تعیین دانسیته نباید کمتر از ۴ برابر حداکثر اندازه دانه‌های خاک باشد.

باید توجه داشت که خاکهای رسی موجود در منبع قرضه ریزدانه دارای مقادیر متفاوتی از دانسیته خشک حداکثر و رطوبت بهینه می‌باشند. و لذا نباید یک رطوبت بهینه و دانسیته خشک حداکثر را برای کلیه مصالح ملاک قرار دهد. از اینرو می‌باید. محدوده منبع قرضه را جهت بهره‌برداری به محدوده‌های کوچکتر و یکنواخت تر از نظر رطوبت بهینه تقسیم‌بندی نموده همچنین تأثیر دانه های حذف شده در آزمایش تراکم برنتایج تراکم صحرایی باید مد نظر قرار گرفته و نتایج آزمایشگاهی پس از اصلاح لازم برای کنترل تراکم در صحرا مورد استفاده قرار گیرد.

پس از غلطک زدن، سطح لایه باید به اندازه کافی مرطوب نگه داشته شود تا از خشک شدن و ترک خوردن سطح لایه جلوگیری گردد. تراکم باید طوری انجام گیرد که سطح خاکریز ترک نخورد. لایه های خاکریزی باید چنان بهم اتصال یابند که هیچگونه امکان نشت آب از میان آنها وجود نداشته باشد. جهت کنترل این موضوع ممکن است به با حفر چاهک دستی اتصال لایه‌های خاکریزی بهم بررسی شود..

ت: روش خاکریزی و تراکم مصالح فرازبند و پوسته درهم

حد روانی (LL) مصالح باید بین ۲۳ تا ۴۶ و نشانه خمیری (PI) آن همواره بین ۱۰ تا ۲۵ باشد. ضخامت لایه‌های خاکریزی نباید از ۳۰ سانتیمتر تجاوز کند. ضخامت نهایی، پس از انجام خاکریزی آزمایشی تعیین خواهد شد. برای دستیابی به چسبندگی و پیوستگی بین لایه های خاکریز در صورت لزوم سطح قشر خاکریز زیرین تا عمق ۵ سانتی متر باید خراشیده و مرطوب شود. رطوبت تراکم مصالح در صحرا باید بین منهای ۲ درصد زیر رطوبت بهینه تا یک درصد بالاتر از آن قرار داشته باشد. دانسیته خشک حداکثر مصالح باید از ۹۸ درصد دانسیته حداکثر کمتر نباشد. رطوبت بهینه و دانسیته خشک حداکثر مصالح طبق روش D698 ASTM برای مصالح زیر ۱۹ میلیمتر در آزمایشگاه تعیین می‌گردد. رطوبت بهینه و دانسیته خشک حداکثر که به این روش بدست می‌آید مطابق روش ASTM D4718 با توجه به درصد دانه های درشت تر از ۱۹ میلیمتر در مصالح تصحیح گردیده و سپس جهت محاسبه تراکم نسبی(درصد تراکم) و مقایسه رطوبت تراکم خاک با حدود یاد شده بکار خواهد رفت

ث: روش خاکریزی و تراکم مصالح پوسته سنگریزه‌ای

مصالح سنگریز ناحیه ۵ در لایه‌های به ضخامت حدود ۰٫۸ متر ریخته می‌شود و بلافاصله

توسط بولدوزر مصالح ریخته شده پخش گردیده تا ادامه لایه از روی لایه پخش شده اجرا شود. میزان آب پاشی مورد نیاز بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ لیتر در مترمکعب بوده که حین خاکریزی آزمایشی مقدار نهایی آن تعیین می‌گردد. ضخامت نهایی خاکریزی مصالح با انجام خاکریزی آزمایشی بدست می‌آید. تراکم مصالح در محل مطابق روش (ASTM D5030) تعیین می‌گردد. عمق چال آزمایشی باید به اندازه ضخامت لایه و قطر چال حداقل ۴ برابر حداکثر اندازه قطعات سنگ چال و یا استاندارد فوق الذکر باشد. فرکانس ویبره باید به نحوی تنظیم شود که بهترین نتیجه حاصل گردد تراکم دستی حتی الامکان با استفاده از غلطک ویبره مخصوص انجام می‌شود. این غلطک‌های کوچک دستی در قسمتهای باریک و در مجاورت سطوح ترانشه یا سازه‌های بتنی مورد استفاده قرار خواهد گرفت.

ج: روش خاکریزی و تراکم مصالح ناحیه انتقالی (ترانزیشن)

برای دستیابی به چسبندگی و پیوستگی لازم بین قشرهای خاکریزی باید حدود ۵ سانتیمتر از سطح لایه خاکریزی پیش از ریختن لایه جدید مرطوب و خراشیده شود. به طور کلی ضخامت لایه های خاکریزی نباید از ۵۰ سانتیمتر بیشتر باشد. مصالح باید با ماشین آبپاش و پیش از تراکم آبپاشی شود. میزان آب پخش شده روی مصالح باید حداقل ۱۰۰ لیتر درهر متر مکعب مصالح متراکم شده باشد. میزان رطوبت و تراکم باید بحدی باشد تا دانسیته نسبی مصالح اندازه‌گیری شده درکلیه نقاط هر لایه وهمچنین در عمق لایه حداقل ۸۰ و حداکثر ۸۵ درصد باشد. دانسیته نسبی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد: در رابطه بالا CDD دانسیته خشک در محل می‌باشد که به روش ASTM D5030 (روش چاله آزمایشی) تعیین می‌گردد. قطر چاله برای تعیین دانسیته باید حداقل ۴ برابر حداکثر ابعاد دانه‌ها باشد و یا مطابق استاندارد مذکور در فوق تعیین گردد. درهر صورت قطر چاله برای اندازه گیری دانسیته باید از ۳۰ سانتیمتر کمتر نبوده و عمق چاله به اندازه ضخامت لایه باشد. MAXDD و MINDD به ترتیب دانسیته خشک حداکثر و حداقل بوده که به ترتیب به روشهای ASTM D4253 و ASTM D4254 بدست

چ: روش خاکریزی و تراکم مصالح فیلتر و زهکش

خاکریزی فیلتر باید به نحوی انجام شود که این مصالح به مصالح هسته رسی آلوده نگردد و در صورت آلودگی باید بخش رویی آن که آلوده به مصالح رسی است برداشت و بامصالح فیلتر غیر آلوده جایگزین گردد. سطح خاکریزی قشرهای فیلتر و زهکش باید همواره از قشرهای مجاور آن و بویژه خاکریزی هسته کمی بالاتر باشد تا مصالح توسط مصالح مجاور آلوده نگردد. برای خاکریزی لایه‌های فیلتر و زهکش باید مسیر حرکت وتعداد وسایط نقلیه‌ای که از روی لایه عبور می‌کنند به تأئید دستگاه نظارت رسیده باشد. روشهای تهیه، حمل، تخلیه