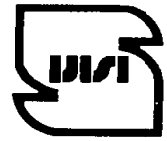




جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۶۳۴

چاپ اول

شهریور ۱۳۹۲

INSO

16634

1st. Edition

Sep.2013

اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک‌هایی با
ساختمان دانه‌ای (روش بار ثابت) - روش
آزمون

**Determination of Permeability of
Granular Soils (Constant Head) - Test
Method**

ICS:93.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک‌هایی با ساختمان دانه‌ای (روش بار ثابت) – روش آزمون »

رئیس:

آریز، افشین

(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک‌شناسی)

سمت و/یا نمایندگی

مدیر مطالعات کاربردی شرکت کشت و
صنعت حکیم فارابی

دبیر:

بهروان، حمید رضا

(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک‌شناسی)

کارشناس استاندارد

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفباء)

آقامحمدی، حمید

(لیسانس مهندسی کشاورزی، گیاه‌پزشکی)

رئیس اداره زراعت و گیاه‌پزشکی شرکت
کشت و صنعت حکیم فارابی

اشراقی، شهناز

(لیسانس شیمی)

عضو هیأت مدیره شرکت آبی گستر

امانی، محسن

(لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

مدیر عامل شرکت آبی گستر

بیکدلی، پرینا

(لیسانس فیزیک، حالت جامد)

کارشناس

سراغی، امیر

(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

مدیر مطالعات کاربردی شرکت کشت و
صنعت دعبل خزاعی

شجاعی، محمدطلا

(فوق لیسانس زمین‌شناسی)

معاون فنی آزمایشگاه مکانیک خاک استان
خوزستان

صفیرزاده، سعید

(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک‌شناسی)

کارشناس گروه آب و خاک شرکت کشت و
صنعت حکیم فارابی

قنواتی، رضا

(لیسانس مهندسی عمران)

کارشناس فنی آزمایشگاه مکانیک خاک
استان خوزستان

سرپرست آزمایشگاه آب و خاک شرکت
کشت و صنعت حکیم فارابی

کریمی، رؤیا
(لیسانس مهندسی شیمی)

هیئت علمی دانشگاه شهید چمران

کریمی، رامین
(فوق لیسانس مهندسی زمین شناسی)

کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی استان
خوزستان

عبدالعلی، گیلانی
(دکترای کشاورزی، زراعت)

رئیس اداره آب، خاک و هواشناسی محصول
شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی

ملکانی نژاد، فرزاد
(لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

معاون تحقیقات شرکت کشت و صنعت
کارون

نیک فر، داریوش
(لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک شناسی)

کارشناس گروه زراعت و کنترل محصول
شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی

هاشمی، اصلان
(لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ شرایط آزمون بنیادی
۲	۴ وسایل
۴	۵ نمونه
۵	۶ آماده سازی آزمون‌ها
۹	۷ روش انجام آزمون
۱۰	۸ محاسبات
۱۰	۹ گزارش آزمون

پیش گفتار

استاندارد " اندازه گیری نفوذپذیری خاک‌هایی با ساختمان دانه‌ای (روش بار ثابت) - روش آزمون " که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده است و در چهارصد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۱/۱۱/۹ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و ماخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ASTM D 2434:2006, Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)

اندازه‌گیری نفوذپذیری خاک‌هایی با ساختمان دانه‌ای (روش بار ثابت) – روش آزمون

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

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین ضریب نفوذپذیری به روش بار ثابت^۱ برای جریان ورقه‌ای آب^۲ از درون خاک‌هایی با ساختمان دانه‌ای^۳ می‌باشد. این استاندارد، مقادیر ضریب نفوذپذیری خاک‌های با ساختمان دانه‌ای را که در رسوبات طبیعی، در مسیر خاکریزها یا زیرسازی کف خیابان‌ها کاربرد دارد. برای محدود کردن اثرات تثبیت^۴ در حین آزمون، این روش به خاک‌های ساختمان دانه‌ای آشفته^۵، شامل خاک‌هایی با حداکثر ۱۰٪ عبور ذرات از الک ۷۵ μm (شماره ۲۰۰)، محدود می‌باشد.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ASTM D 422, Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

2-2 ASTM D 4253, Test Methods for Maximum Index Density and Unit Weight of Soils Using a Vibratory Table

2-3 ASTM D 4254, Test Methods for Minimum Index Density and Unit Weight of Soils and Calculation of Relative Density

۳ شرایط آزمون بنیادی

۱-۳ شرایط آزمون ایده‌آل زیرین، شرایط لازم برای جریان ورقه‌ای آب از درون خاک‌هایی با ساختمان دانه‌ای تحت شرایط بار ثابت می‌باشند:

۱-۱-۳ پیوستگی جریان بدون تغییر حجم خاک در حین آزمون؛

-
- 1- Constant head Method
 - 2- Laminar Flow
 - 3- Granular Soils
 - 4- Consolidation Effect
 - 5- Disturbed

۳-۱-۲ جریان به همراه اشباع نمودن منافذ خاک با آب و بدون ایجاد حباب‌های هوا در منافذ خاک؛

۳-۱-۳ جریان در شرایط یکنواخت بدون هیچ‌گونه تغییر در شیب هیدرولیکی^۱؛

۳-۱-۴ تناسب مستقیم سرعت جریان با شیب‌های هیدرولیکی در کمتر از مقادیر معینی که در آن جریان تلاطمی آغاز می‌شود.

۲-۳ انواع دیگر جریان که در اشباع جزئی منافذ خاک، جریان تلاطمی و جریان غیر یکنواخت شرکت می‌کنند از نظر خصوصیت ناپایدار، از نظر عملکرد متغیر بوده و ضرایب نفوذپذیری وابسته به زمان است، بنابراین نیاز به شرایط و روش آزمون ویژه‌ای دارند.

۴ وسایل

۱-۴ نفوذسنج‌ها^۲

همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده، سیلندرهای آزمون می‌تواند با کمینه قطر ۸ یا ۱۲ برابر اندازه ذره بیشینه، اندازه ذره مطابق با جدول ۱ باشد.

جدول ۱- قطر سیلندر

قطر حداقل سیلندر				اندازه بیشینه ذره در محدوده منافذ الک
بیش از ۳۵٪ کل خاک روی منافذ الک باقی‌مانده		کمتر از ۳۵٪ کل خاک روی منافذ الک باقی‌مانده		
۹٫۵ mm	۲٫۰۰ mm (No ۱۰)	۹٫۵ mm	۲٫۰۰ mm (No ۱۰)	۹٫۵ mm و ۲٫۰۰ mm (No ۱۰)
	۱۱۴ mm		۷۶ mm	
۲۲۹ mm		۱۵۲ mm		۹٫۵ mm و ۱۹٫۰ mm

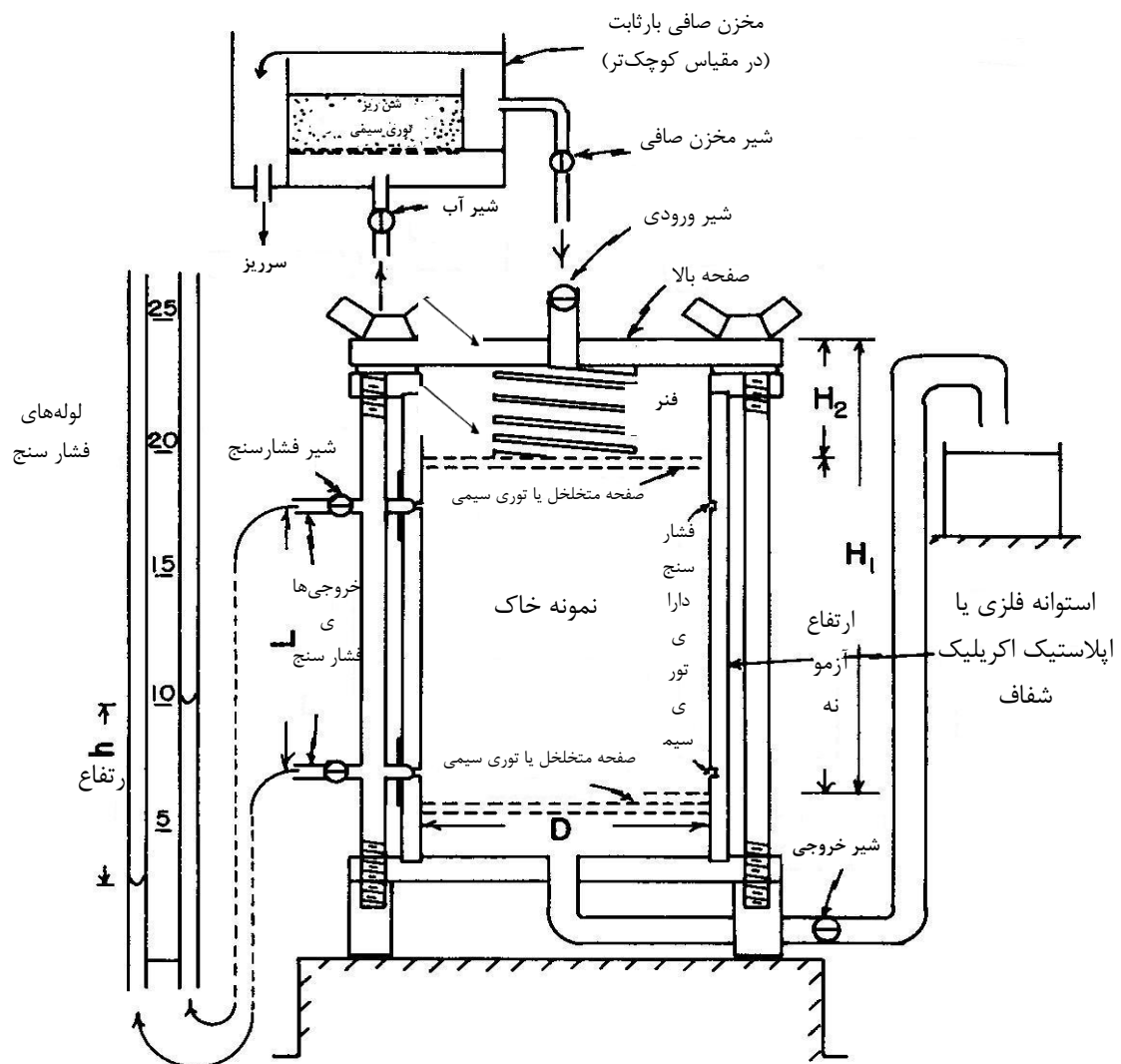
توصیه می‌شود نفوذسنج به موارد زیر مجهز شده باشد:

۴-۱-۱ صفحه متخلخل یا توری سیمی، محکم مناسب در قسمت پایین با نفوذپذیری بیشتر از نفوذپذیری آزمون خاک اما دارای منافذ کوچک (بیشتر از ۱۰ درصد اندازه ریزترین ذرات نباشد) برای جلوگیری از انتقال ذرات؛

۴-۱-۲ مجراهای خروجی فشارسنج، برای اندازه‌گیری کاهش بار h ، دارای طول L ، معادل با حداقل قطر سیلندر؛

1- Hydraulic gradients

2- Permeameters



شکل ۱- نفوذ سنج بار ثابت

۳-۱-۴ یک صفحه متخلخل یا توری، محکم مناسب به همراه یک فتر در قسمت بالایی یا هر وسیله مناسب دیگر به منظور اعمال فشار فتر به مقدار 22 N تا 45 N بار کل، در زمانی که صفحه بالایی در محل گذاشته می‌شود. بدین ترتیب دانسیته و حجم خاک را بدون تغییر معنی‌دار در زمان اشباع نمونه و آزمون نفوذپذیری، به طوری که الزامات بند ۱-۳-۱ را برآورده کند، نگهداری خواهد کرد؛

۲-۴ مخزن فیلتر بار ثابت، همان‌طور که در شکل نشان داده شده، برای ذخیره آب و انتقال بیشتر هوای موجود به این مخزن، شیرهای کنترل مناسب برای ایجاد شرایط توصیف شده در بند ۳-۱-۲، متصل شده است.

یادآوری- در صورت لزوم آب عاری از هوا می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۴ قیف‌های بزرگ، ناودان‌های استوانه‌ای شکل با قطر ۲۵ mm برای ذرات با اندازه بیشینه ۹٫۵ mm، با قطر ۱۳ mm برای ذرات با اندازه بیشینه ۲٫۰۰ mm (الک شماره ۹۰۰)، محکم می‌شوند. طول ناودان توصیه می‌شود بزرگ‌تر از طول کل محفظه نفوذپذیری^۱، حداقل ۱۵۰ mm، باشد.

۴-۴ وسیله فشرده کردن آزمونه، برای این‌که وسیله به شکل مطلوبی استفاده شود، موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

فشرده کننده لرزشی^۲ با پایه‌ی محکم به قطر ۵۱ mm و فشرده کننده‌ی لغزشی^۳ با پایه‌ی محکم به قطر ۵۱ mm و یک میله برای لغزش وزنه‌های ۱۰۰ g (برای شن‌ها) تا ۱ kg (برای خاک‌هایی با سنگریزه‌های درشت) با ارتفاع سقوط قابل تنظیم ۱۰۲ mm برای خاک‌های شنی و ۲۰۳ mm برای خاک‌هایی با سنگریزه‌های درشت آماده می‌شود.

۵-۴ پمپ خلاء یا شیر مکنده آب^۴، برای تخلیه و اشباع کردن آزمونه‌های خاک تحت خلاء کامل (به شکل ۲ مراجعه کنید).

۶-۴ لوله‌های فشار سنج، با مقیاس متریک برای اندازه‌گیری بار آب

۷-۴ ترازو، با ظرفیت ۲ kg و حساسیت تا ۱ g

۸-۴ پیمان، با ظرفیت حدود ۱۰۰ g خاک

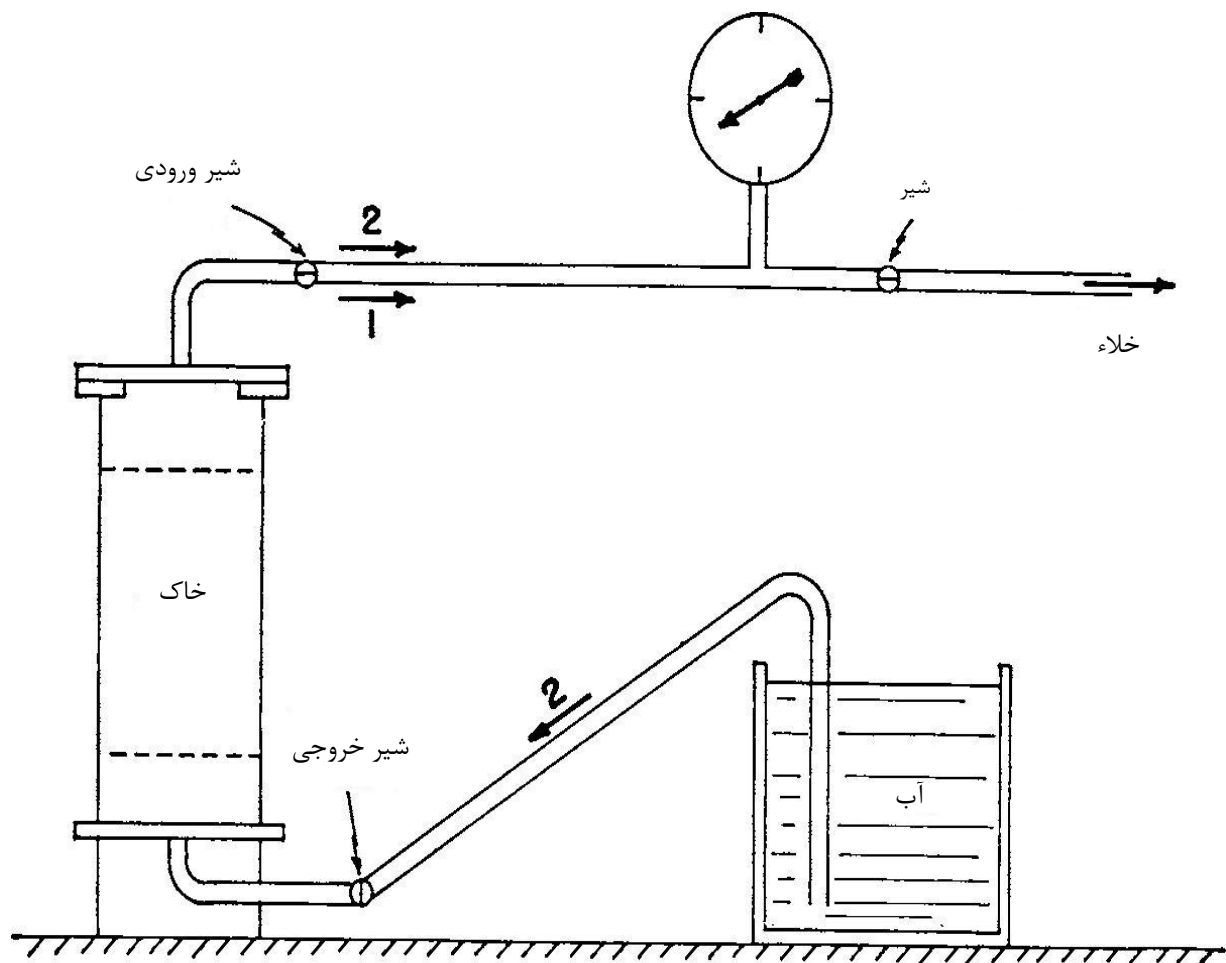
۹-۴ سایر وسایل، دماسنج، ساعت با عقربه ثانیه شمار، ظرف مدرج ۲۵۰ mm، ظرف شیشه‌ای، ظرف مخلوط کن و غیره.

۵ نمونه

۱-۵ نمونه‌ای نماینده‌ای از خاک با ساختمان دانه‌ای هوا خشک، شامل کمتر از ۱۰٪ از ماده عبور کرده از الک ۷۵ μm (شماره ۲۰۰) و معادل مقدار مناسب برای برآورده کردن الزامات توصیف شده در بندهای ۲-۵ و ۳-۵ را با روش چهاربخش کردن^۵، انتخاب کنید.

۲-۵ آزمون الک (مطابق با استاندارد ASTM D 422) باید قبل از آزمون بر روی نمونه نماینده خاک کامل، نفوذپذیری انجام شود. ذرات بزرگ‌تر از ۱۹ mm باید به وسیله الک جدا شوند (مطابق با استاندارد ASTM D 422). مواد با اندازه بیش از حد مجاز نباید برای آزمون نفوذپذیری استفاده شوند اما درصد آن‌ها باید ثبت شود.

1- Permeability chamber
2- Vibrating tamper
3- Sliding tamper
4- Vacuum pump aspirator
5-Quartering



شکل ۲- وسیله تخلیه کردن و اشباع کردن نمونه

یادآوری- توصیه می‌شود برای ایجاد مقادیر نماینده ضرایب نفوذپذیری در محدوده‌ی مورد بازرسی، نمونه‌های خاک ریزتر، متوسط و درشت‌تر برای آزمون تهیه شوند.

۳-۵ از موادی که با اندازه بیش از حد مجاز خارج شده‌اند (به بند ۲-۵ مراجعه کنید)، به وسیله روش چهار بخش کردن، نمونه‌ای معادل با تقریباً دو برابر مقدار مورد نیاز برای پرکردن محفظه نفوذسنج، برای آزمون، انتخاب کنید.

۶ آماده سازی آزمونه‌ها

۱-۶ اندازه نفوذسنج مورد استفاده باید مطابق با جدول ۱ باشد.

۲-۶ اندازه‌گیری‌های اولیه زیر راه، برحسب سانتی‌متر یا سانتی‌متر مربع به دست آورده و آن‌ها را در صفحه اطلاعات ثبت کنید (مطابق شکل ۳). قطر داخلی نفوذسنج، D ، طول بین خروجی‌های فشارسنج، L ، عمق اندازه‌گیری شده در چهار نقطه تقارن از بالاترین سطح صفحه بالایی سیلندر نفوذسنج تا بالاترین بخش بالایی

سنگ متخلخل یا توری سیمی قرار گرفته در پایین‌ترین سطح متخلخل یا توری سیمی H_1 ، به‌طور خودکار ضخامت بالاترین سطح متخلخل یا تور سیمی از مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی ارتفاع مورد استفاده در تعیین حجم خاک موجود در سیلندر نفوذسنج کسر می‌شود. از یک صفحه بالایی دو لایه شامل ۴ فضای بزرگ متقارن باز شده که برای اندازه‌گیری مقادیر میانگین H_1 مورد نیاز است، استفاده کنید.
سطح مقطع A، آزمون را محاسبه کنید.

آزمون نفوذ پذیری خاک دانه‌ای

شماره آزمون: _____
محل نمونه: _____
چاهک: _____
تاریخ نمونه‌برداری: _____
تاریخ گزارش آزمون: _____
عمق: _____

الف) توصیف خاک: _____

ب) مواد مورد استفاده: _____
تعیین وزن واحد: _____
قطر، D , cm: _____
سطح، A , cm^2 : _____
طول، L , cm: _____
ارتفاع قبلی، H_1 : _____
ارتفاع بعدی، H_2 : _____
ارتفاع خالص، cm: _____
وزن قبلی، W_1 : _____
وزن بعدی، W_2 : _____
وزن خالص، g: _____
محتوی رطوبت (هوا، خشک): _____
وزن واحد خشک، W lb/ft³: _____
نسبت تخلخل، e : _____
چگالی نسبی، RD : _____
 W (بیشینه): _____
 W (کمینه): _____

پ) آزمون نفوذ پذیری (درجه فشردگی)

ک cm/s	درجه حرارت °C	h/L	Q/At	t s	Q cm ³	ارتفاع h, cm	فشار سنج‌ها		شماره آزمون
							H ₁	H ₂	

شکل ۳- صفحه داده‌های آزمون نفوذ پذیری

۳-۶ بخش کوچکی از نمونه انتخاب شده را مطابق بند ۳-۵ برای اندازه‌گیری مقدار آب، بردارید. وزن نمونه هوا خشک (به بند ۳-۵ مراجعه کنید) باقی‌مانده W_1 ، را برای اندازه‌گیری وزن واحد یادداشت کنید.

۴-۶ خاک تهیه شده به وسیله یکی از روش‌های زیر، را در لایه‌های نازک یکنواخت که تقریباً ضخامت بعد از فشردگی با اندازه بیشینه ذرات معادل بود، اما تقریباً کمتر از ۱۵ mm نباشد را قرار دهید.

۱-۴-۶ برای خاک‌هایی که دارای اندازه بیشینه ذره ۹/۵ mm یا کمتر هستند، یک قیف با اندازه مناسب، مطابق با بند ۳-۴ در نفوذسنجی که دارای ناودانی متصل به توری یا صفحه متخلخل پایینی یا لایه ای که قبلاً آماده شده است، قرار دهید و تا زمانی که یک لایه خاک تشکیل شود، قیف را با مقدار کافی خاک پر کنید. خاک را از مناطق مختلف نمونه‌ی موجود در ظرف بردارید. قیف را به اندازه ۱۵ mm یا به اندازه لایه غیر فشرده با ضخامت تقریبی مورد نظر برداشته و خاک را با حرکت آهسته مارپیچی پخش کنید. این عمل باید از سمت وسیله نفوذسنجی^۱ به سمت مرکز آن باشد به طوری که یک لایه یکنواخت تشکیل شود. به منظور جلوگیری از عدم یکنواختی در موقع برداشتن نمونه از ظرف برای هر لایه اضافه، خاک را دوباره مخلوط کنید.

۲-۴-۶ برای خاک‌هایی با اندازه بیشینه ذره بزرگ‌تر از ۹/۵ mm با استفاده از یک پیمان، خاک را پخش کنید. پخش یکنواخت خاک را می‌توان با لغزاندن پیمان، پر از خاک در وضعیت تقریباً افقی به سمت پایین در طول سطح داخلی وسیله نفوذپذیر یا به سمت لایه تشکیل شده مورد نظر، انجام داد. سپس به اهستگی پیمان را واژگون کنید و آن را با یک حرکت آهسته به سمت مرکز بکشید. این عمل باعث می‌شود که خاک به شکل یک پشته یکنواخت و بدون شکاف به نرمی از پیمان حرکت کند. برای پیمان بعدی سیلندر نفوذسنج را به اندازه کافی برگردانید و حرکت در اطراف درون نفوذسنج را برای تشکیل یک لایه فشرده یکنواخت با ضخامتی معادل اندازه ذره بیشینه، ادامه دهید.

۵-۶ برای دستیابی به دانسیته نسبی مطلوب، لایه‌های بعدی خاک را با استفاده از روش‌های مناسب تا ارتفاع حدود ۲ cm بالای سطح خروجی فشارسنج بالایی به شرح زیر فشرده کنید

۱-۵-۶ دانسیته کمینه (دانسیته نسبی % ۰)،

قرار دادن لایه‌های خاک به طور متوالی را با استفاده از روش‌های توصیف شده در بندهای ۱-۴-۶ یا ۲-۴-۶ ادامه دهید تا زمانی که وسیله نفوذپذیری تا سطح مناسب، پر شود.

۲-۵-۶ دانسیته بیشینه (دانسیته نسبی % ۱۰۰):

۱-۲-۵-۶ فشردگی به وسیله فشرده کننده لرزشی^۲، هر لایه خاک را به طور کامل با فشرده کننده لرزشی، فشرده کنید. عمل فشرده کردن ملایم بوده و به طور یکنواخت روی سطح لایه و با یک الگوی منظم توزیع می‌شود. فشار تماس و طول زمان عمل لرزش در هر نقطه نباید موجب گریز خاک از زیر لبه‌های پایه فشرده

1- The permeability device

2- Vibrating Tamper

کننده شود، چراکه این عمل منجر به سست نمودن لایه می‌شود. پوشش‌های کافی برای ایجاد دانسیته بیشینه فراهم کنید، به طوری که عملاً هیچ حرکت قابل مشاهده‌ای از ذرات سطحی، در لبه‌های مجاور به پایه مشاهده نشود.

۶-۵-۲-۲ فشردگی به وسیله فشردده کننده وزنه‌ای لغزشی^۱ - هر لایه خاک را که به طور یکنواخت توزیع می‌شوند، به طور کامل به وسیله ضربه فشردده کنید. ارتفاع سقوط را متناسب با درشت بودن ذرات و مقدار سنگریزه خاک تنظیم کرده و پوشش کافی برای ایجاد دانسیته بیشینه فراهم کنید.

۶-۵-۲-۳ فشردگی به وسیله سایر روش‌ها- فشردگی می‌تواند به وسیله سایر روش‌های پذیرفته شده مانند وسایل پرکننده لرزشی^۲ انجام شود، که برای به دست آوردن نمونه‌ی یکنواخت و بدون اختلاف در اندازه ذرات باید مطابق با استانداردهای ASTM D 4253 و ASTM D 4254 عمل کرد.

۶-۵-۳ دانسیته نسبی متوسط بین ۰٪ و ۱۰۰٪- در ظرف مجزایی با قطر مشابه سیلندر نفوذپذیر، مقدار فشردگی را برای به دست آوردن مقادیر تجدید پذیر دانسیته نسبی، به وسیله سعی و خطا تنظیم کنید. به وسیله یکی از روش‌ها، خاک را در سیلندر نفوذپذیر در لایه‌های نازک تا ارتفاع حدود ۲۰ cm بالای خروجی فشارسنج بالایی فشردده کنید.

یادآوری- برای شبیه‌سازی شرایط دانسیته نسبی که می‌تواند در رسوبات طبیعی یا خاکریزها وجود داشته باشد، یک سری از آزمون‌های نفوذپذیری باید انجام شود تا دامنه دانسیته‌های نسبی صحرائی محدود شوند.

۶-۶ آماده سازی نمونه برای آزمون نفوذپذیری

۶-۶-۱ سطح بالایی خاک را به وسیله قرار دادن صفحه متخلخل بالایی یا توری سیمی در آن محل و چرخش آرام آن به طرف عقب و جلو، تراز کنید.

۶-۶-۲ ارتفاع نهایی نمونه، $H_1 - H_2$ ، به وسیله اندازه‌گیری عمق، H_2 ، از بالاترین سطح صفحه سوراخ‌دار مورد استفاده در اندازه‌گیری H_1 تا بالاترین نقطه صفحه متخلخل یا توری، در چهار نقطه فضای تقارن بعد از فشردده کردن آرام فنر در موقع اندازه‌گیری برای نشان دادن صفحه متخلخل یا توری سیمی؛ وزن نهایی خاک هوا خشک مورد استفاده در آزمون ($W_1 - W_2$) به وسیله توزین خاک باقی‌مانده در یشقاب، W_2 ، را اندازه‌گیری و یادداشت کنید. واحدهای وزنی، نسبت تخلخل، دانسیته نسبی نمونه مورد آزمون را محاسبه و یادداشت کنید.

۶-۶-۳ صفحه بالایی مقابل فنر را به پایین فشار داده و با احتیاط آن را بر بالای سیلندر نفوذپذیر متصل کنید و به وسیله واشر، یک درزگیر مقاوم به نشت هوا ایجاد کنید. به این ترتیب شرایط موجود در بند ۱-۱-۳ برای نگه‌داری دانسیته اولیه بدون تغییر معنی‌دار در حجم در حین آزمون به نحو رضایت‌بخشی، فراهم می‌شود.

1- Sliding weight Tamper
2- Vibratory packer

۶-۶-۴ با استفاده از پمپ خلاء یا پمپ مکنده، نمونه را حداقل به مدت ۱۵ دقیقه تحت فشار ۵۰ cmHg قرار دهید تا هوای چسبیده به ذرات خاک و منافذ خاک، تخلیه شود. عمل تخلیه به وسیله اشباع آهسته نمونه از پایین به بالا تحت خلاء کامل را برای خارج کردن هرگونه هوای باقی مانده از نمونه، ادامه دهید (به شکل ۲ مراجعه کنید). اشباع نمونه می تواند به وسیله آب هواگیری شده یا نگهداری آب در یک جریان دمایی به حد کافی بالا، برای کاهش شیب دما در نمونه موقع آزمون، به طور کامل انجام شود.

آب محلی^۱ یا آب با مقدار کم عناصر معدنی برای آزمون باید استفاده شود. اما نوع آب مصرف شده باید در فرم گزارش (به شکل ۳ مراجعه کنید) یادداشت شود. به این ترتیب شرایط موجود در بند ۳-۱-۲ برای اشباع منافذ خاک، به نحو رضایت بخشی، فراهم می شود.

یادآوری - آب محلی، آبی است که از صخره یا خاک محل مورد نظر سرچشمه می گیرد. در صورت امکان، این آب باید مورد استفاده قرار گیرد، همچنین آب هواگیری شده ممکن است آب تصفیه شده باشد که معمولاً در مقیاس وسیع، عملی نیست.

۶-۶-۵ بعد از این که نمونه اشباع و نفوذسنج از آب پر شد، شیر پایینی روی لوله خروجی (در شکل ۲) را بسته و شرایط خلاء را قطع کنید. لازم است از بدون هوا بودن سیستم جریان نفوذپذیری و سیستم فشارسنج و عملکرد رضایت بخش آنها، اطمینان حاصل شود، لوله ورودی را با آب مخزن بار ثابت به وسیله باز کردن شیر مخزن فیلتر، پر کنید، سپس لوله خروجی را به بالای نفوذسنج وصل کنید، شیر ورودی را به آرامی باز کنید و شیرهای خروجی فشارسنج را به آرامی باز کنید تا آب جاری شود و هوا خارج شود. لوله های فشارسنج آب را به خروجی های فشارسنج متصل کنید و برای خارج کردن هوا آنها را با آب پر کنید، شیر خروجی را بسته و برای رسیدن آب درون لوله های فشارسنج به سطح آب پایدار تحت بار صفر، شیر ورودی را باز کنید.

۷ روش انجام آزمون

۷-۱ برای رسیدن به شرایط مندرج در بند ۳-۱-۳ شیر ورودی از مخزن فیلتر را باز کنید، اندازه گیری مقدار جریان و درجه حرارت را تا رسیدن به شرایط پایدار و بدون ایجاد نشت محسوس در سطح فشارسنج آب، به تأخیر بیندازید. زمان t ، بار h (اختلاف بین سطح تراز در فشارسنج ها)، مقدار جریان Q و درجه حرارت T را اندازه گیری و یادداشت کنید.

۷-۲ برای ایجاد دقیق منطقه جریان ورقه ای با سرعت $V = Q/At$ که دارای نسبت مستقیم با شیب هیدرولیکی i ($i=h/l$) است مراحل آزمون را با افزایش بار به مقدار ۰/۵ cm تکرار کنید. موقعی که خروجی های حاصل از رابطه خطی مشخص شد، برای تعیین منطقه جریان تلاطمی (اگر منطقه جریان تلاطمی برای شرایط صحرائی اثر معنی داری داشته باشد) می توان از فاصله های بار ۱ cm برای انجام آزمون در این منطقه استفاده کرد.

یادآوری - برای اطمینان از شرایط جریان ورقه‌ای، مقادیر کمتر شیب هیدرولیکی h/L ، نسبت به آنچه که معمولاً مورد توجه می‌باشد، مورد نیاز هستند. برای فشردگی کم، h/L از ۰/۲ تا ۰/۳ و برای فشردگی سنگین، h/L از ۰/۳ تا ۰/۵، پیشنهاد می‌شود. مقادیر کمتر h/L برای خاک‌هایی با ساختمان درشت‌تر و مقادیر بیشتر آن برای خاک‌هایی با ساختمان ریزتر به کار می‌روند.

۳-۷ در مرحله تخلیه‌ی آزمون نفوذپذیری، نمونه را زهکشی و آن را تا اطمینان از برقراری حالت یکنواخت و ایزوتروپیک در محفظه، بررسی کنید. هرگونه رگه روشن یا تاریک افقی متناوب یا لایه‌ای، دلیل وجود شکاف در خاک‌ها هستند.

۸ محاسبات

۱-۸ ضریب نفوذپذیری، k ، را مطابق با معادله ۱ محاسبه کنید.

$$k = QL/At \quad (1)$$

که در آن:

k ضریب نفوذپذیری،

Q مقدار آب خروجی،

L فاصله بین فشارسنج‌ها،

A سطح مقطع نمونه،

t زمان کل تخلیه،

h اختلاف بار در فشارسنج‌ها.

۲-۸ نفوذپذیری در دمای 20°C به وسیله ضریب k ، (به بند ۱-۸ مراجعه کنید) تصحیح می‌شود که آن نسبت و سیکوزیته آب در دمای آزمون و سیکوزیته آب در دمای 20°C است.

۹ گزارش آزمون

۱-۹ گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۱-۱-۹ نام پروژه، تاریخ، شماره نمونه، محل، عمق و هرگونه اطلاعات دیگر مربوط به آزمون؛

۲-۱-۹ تجزیه اندازه‌ای ذره، طبقه‌بندی، اندازه بیشینه ذره و درصد هر ماده که اندازه آن بیش از اندازه مجاز است و در آزمون مورد استفاده قرار نمی‌گیرد؛

۳-۱-۹ وزن واحد خشک، نسبت تخلخل، دانسیته نسبی محلی و دانسیته‌های بیشینه و کمینه؛

۴-۱-۹ بیان هرگونه انحراف شرایط آزمون به طوری که آن نتایج بتوانند ارزیابی و استفاده شوند؛

۵-۱-۹ اطلاعات آزمون تکمیلی، هم مانند فرم آزمایشگاهی برای داده‌های آزمون (به شکل ۳ مراجعه کنید).

۶-۱-۹ رسم نمودار و سیکوزیته آزمون Q/At ، نسبت به شیب هیدرولیکی h/L ، به طوری که دامنه‌های مربوط ویژگی‌های خاک و دانسیته‌های نسبی را پوشش دهد.