INSO
19644
1st.Edition
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۹۶۴۴
چاپ اول
۱۳۹۳

خاک- پتانسیل خاک (مکش) با استفاده از کاغذ صافی- روش آزمون

Soil - Potential (Suction) Using Filter Paper- Test method

ICS:13.080.05

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ 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 وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، 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 می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ 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 درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت 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 شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] 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 بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود .

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 درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، 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 ، گواهینامهٔ 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

« خاک- پتانسیل خاک (مکش) با استفاده از کاغذ صافی- روش آزمون»

رییس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
اگدرنژاد، اصلان (دکترای مهندسی کشاورزی)	هیأت علمی دانشگاه آزاد اهواز
دبیر:	
حاتمی، امیر (دکتری شیمی)	مدیرعامل شرکت پرشیا پژوهش شریف
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
آتشی، مژگان (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان
ارزانی، بهاره (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس
اعرابی، سید مهدی (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس
چرم زاده، مهرناز (فوق لیسانس شیمی)	مدیر کنترل کیفی شرکت صنایع شیمیایی شبنم خوزستان
حسینی زارع، نادر (فوق لیسانس شیمی خاک)	مدیر امور آزمایشگاه سازمان آب و برق خوزستان
رستمی، صغری (فوق لیسانس محیط زیست)	کارشناس مسئول آلودگی خاک و آب اداره کل حفاظت محیط زیست استان خوزستان
دایی، مینا (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان

شجاعی، محمد (فوق لیسانس خاک شناسی)	معاون فنی اداره کل آزمایشگاه مکانیک خاک خوزستان
صفیرزاده، سعید (فوق لیسانس علوم خاک)	کارشناس شرکت کشت وصنعت فارابی
فتاحی نیا، مهناز (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان
مهرمولایی، فاطمه (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان خوزستان
نجفی، زینب (فوق لیسانس شیمی)	تکنسین آزمایشگاه اداره شیمیایی شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب
نقدی، تینا (فوق لیسانس شیمی)	کارشناس زرگستر روبینا
گل‌محمدی قانع، حامد (فوق لیسانس شیمی)	هیأت علمی جهاد دانشگاهی خوزستان

فهرست مندرجات

	عنوان	صفحه
	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	ب
	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
	پیش گفتار	و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	اصول آزمون	۵
۵	وسایل	۵
۶	کالیبراسیون	۶
۷	روش انجام آزمون	۸
۸	محاسبات	۱۱
۹	دقت وانحراف	۱۲
۱۰	گزارش آزمون	۱۲

پیش گفتار

استاندارد " خاک- پتانسیل خاک (مکش) با استفاده از کاغذ صافی- روش آزمون" که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت پرشیا پژوهش شریف تهیه و تدوین شده است و در چهل و دومین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۹۳/۱۲/۱۸ 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 می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های 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 5298: 2010, Standard Test Method for Measurement of Soil Potential (Suction) Using Filter Paper

خاک- پتانسیل خاک (مکش) با استفاده از کاغذ صافی- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای ارزیابی پتانسیل ماتریکس خاک و پتانسیل کل (مکش) با استفاده از کاغذ صافی به‌عنوان حسگرهای غیرفعال می‌باشد. پتانسیل مکش خاک معیاری از انرژی آزاد آب منفذی یا تنش کششی به کاربرده شده در آب منفذی[1] به‌وسیله ماتریکس خاک می‌باشد. عبارت پتانسیل یا مکش، توصیفی از حالت انرژی آب خاک است.

این استاندارد متغیرهای اندازه‌گیری مقدار آب کاغذ صافی را که در تماس مستقیم با خاک بوده یا در تعادل با فشار جزیی بخار آب در هوای ظرف عایق‌بندی شده احاطه کننده آزمونه خاک است کنترل می‌کند.

کاغذ صافی احاطه شده با آزمونه خاک در ظرف عایق بندی شده قرار می‌گیرد تا به تعادل رطوبتی برسد. یعنی فشار جزیی بخار آب در هوا در تعادل با فشار بخار آب منفذی در آزمونه خاک می‌باشد.

این استاندارد روشی برای کالیبراسیون انواع مختلف کاغذ صافی برای استفاده در ارزیابی پتانسیل ماتریکس و پتانسیل کل خاک می‌باشد.

مکش خاک معیاری از انرژی آزاد آب منفذی در خاک است. به عبارت عملی، مکش خاک میزان تمایل خاک برای نگه‌داری آب است و می‌تواند اطلاعاتی را در مورد پارامترهای خاک که به‌وسیله آب خاک تحت تاثیر قرار گرفته‌اند مانند تغییر حجم، از فرم خارج شدن و خصوصیات استحکام خاک فراهم کند.

مکش خاک به مقدار آب خاک، در منحنی مشخصه نگه‌داری آب مربوط می‌شود. مقدار آب خاک از استاندارد استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۸۳ به‌دست می‌آید.

اندازه‌گیری مکش خاک می‌تواند با سایر پارامترهای خاک و زیست محیطی، برای ارزیابی فرآیندهای هیدرولوژیکی[2] و پتانسیل تورم یا انقباض، استحکام برشی، مدول‌ها، تنش در جا و هدایت هیدرولیکی خاک‌های غیراشباع به کار رود.

روش کاغذ صافی ارزیابی مکش ساده و مقرون به صرفه با گستره ۱۰ kPa تا ۱۰۰۰۰۰ kPa می‌باشد.

یادآوری- کیفیت نتایج بدست آمده با این استاندارد به شایستگی فنی کاربر در انجام کار و مناسب بودن تجهیزات و امکانات مورد استفاده بستگی دارد. سازمان‌های فنی که معیارهای استاندارد ASTM D 3740 را برآورده می‌کنند، عموما دارای شایستگی فنی و انجام آزمون / نمونه برداری / بازرسی هدفمند می‌باشند. کاربران این استاندارد باید توجه کنند که با استفاده از استاندارد ASTM D 3740 به تنهایی نمی‌توانند به نتایج خود اعتماد کنند. نتایج قابل اعتماد به عوامل زیادی بستگی دارد. استاندارد ASTM D 3740 روش‌های بررسی برخی از این عوامل را فراهم می‌کند.

1-pore-water
2-Hydrologic

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 جزیی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۹۳ : سال ۱۳۸۱، سیمان هیدرولیکی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۸۳ : سال ۱۳۸۳، خاک – تعیین درصد رطوبت – روش آزمون

2-3 ASTM D 653, Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

2-4 ASTM D 1125, Test Methods for Electrical Conductivity and Resistivity of Water

2-5 ASTM D 3740, Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction

2-6 ASTM D 4542, Test Method for Pore Water Extraction and Determination of the Soluble Salt Content of Soils by Refractometer

2-7 ASTM D 4753, Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Standard Masses for Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing

2-8 ASTM D 6836, Test Methods for Determination of the Soil Water Characteristic Curve for Desorption Using Hanging Column, Pressure Extractor, Chilled Mirror Hygrometer, or Centrifuge

2-9 ASTM E 1, Specification for ASTM Liquid-in-Glass Thermometers

2-10 ASTM E337, Test Method for Measuring Humidity with a Psychrometer (the Measurement of Wet- and Dry-Bulb Temperatures)

2-11 ASTM E 832, Specification for Laboratory Filter Papers

2-12 ASTM E 1137/E 1137M, Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers

2-13 ASTM E 2251, Specification for Liquid-in-Glass ASTM Thermometers with Low-Hazard Precision Liquids

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM D 653، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود.

۳-۱

اتمسفر

واحد فشاری معادل با ۱۰۱ kPa در دمای ۰ °C می‌باشد.

۳-۲

مکش ماتریکس، (kPa)

hm

فشار منفی (بیان شده به صورت مقدار مثبت)، نسبت به فشار اتمسفری محیط روی آب خاک در محلول با ترکیب مشابه با آب خاک به منظور متعادل شدن در طول دیواره نفوذپذیر متخلل با آب خاک باید تنظیم شود. فشار با مقدار اندازه‌گیری شده به‌وسیله استاندارد ASTM D 6836 معادل است.

مکش ماتریکس تابعی از رطوبت نسبی ناشی از اختلاف فشار هوا و آب در سطح آب است. با کاهش شعاع انحنای سطح آب، رطوبت نسبی یا فشار بخار آب کاهش می‌یابد.

۳-۳

مولالیته

moles/1000g

تعداد مول‌های جسم حل شده در ۱۰۰۰ g حلال است.

۳-۴

مول

وزن ملکولی ماده برحسب گرم می‌باشد.

۳-۵

مکش (ماده حل شده) اسمزی (kPa)

hs

فشار منفی یک منبع آب خالص باید به منظور تعادل با یک غشای نیمه تراوا با منبع حاوی یک محلول با ترکیب مشابه با آب خاک در معرض آن قرار گیرد. کاهش در رطوبت نسبی به دلیل حضور نمک‌های حل شده در آب منفذی است.

۶-۳

pF

واحد فشار منفی، بیان شده به صورت لگاریتم ارتفاع (برحسب واحد سانتی‌متر) در مبنای ده است، که یک ستون آب را با خاصیت مویینگی یا فشار سنجه منفی (kPa) تقسیم شده بر ۱۰۰۰ برابر واحد وزن آب (kN/m^3)، بالا می‌برد.

$$pF \approx 3 + \log P \qquad (۱)$$

که در آن:

P فشار منفی، بر حسب اتمسفر است.

به استاندارد ASTM D 653 مراجعه کنید.

۷-۳

رطوبت نسبی خاک

R_h

به نسبت فشار بخار آب منفذی در خاک به فشار بخار آب خالص آزاد گفته می‌شود. رطوبت نسبی خاک همانند رطوبت نسبی اندازه‌گیری شده با استاندارد ASTM E 337 تعریف می‌شود.

۸-۳

پتانسیل کل (kPa)

مجموع پتانسیل ثقلی، فشاری، اسمزی و گاز بیرونی می‌باشد. زمانی‌که پتانسیل‌های ثقلی و گاز بیرونی ناچیز باشد پتانسیل می تواند با مکش یکسان باشد.

۹-۳

مکش کلی خاک، (kPa)

h

فشار منفی نسبت به فشار گاز خارجی روی آب خاک است که یک منبع آب خالص باید در معرض آن قرار گیرد تا با آب خاک از طریق یک غشای نیمه تراوا که تنها نسبت به ملکول‌های آب تراوا است، در تعادل قرار گیرد. مکش کلی خاک (بیان شده به صورت مقدار مثبت) مجموع مکش‌های اسمزی (ماده حل شونده) و ماتریکس می‌باشد.

۱۰-۳

فشار بخار آب خالص آزاد (kPa)

فشار بخار اشباع آب خالص آزاد در یک دمای مشخص اندازه‌گیری شده با یک دماسنج خشک می‌باشد.

۱۱-۳

فشار بخار آب منفذی در خاک (kPa)

فشار جزیی بخار آب که در تعادل با آب منفذی در خاک، در دمای مشخص اندازه‌گیری شده با یک دماسنج خشک می‌باشد.

۴ اصول آزمون

کاغذهای صافی با آزمونه در یک ظرف عایق بندی شده، به مدت ۷ روز قرار داده می‌شود تا زمان کافی برای رسیدن به تعادل فشار بخار آب منفذی در آزمونه، فشار بخار آب منفذی در کاغذ صافی و فشار بخار جزیی آب در هوای داخلی ظرف داده شود. سپس جرم کاغذ صافی تعیین شده و مکش آزمونه از رابطه‌ی کالیبراسیون مقدار آب کاغذ صافی با مکش قابل کاربرد در نوع کاغذ صافی و روش انجام آزمون، تعیین می‌شود.

۵ وسایل

۵-۱ کاغذ صافی، کاغذ مورد استفاده باید کاغذ صافی نوع II عاری از خاکستر باشد. استاندارد ASTM E 832 را ببینید. برای مثال واتمن شماره ۴۲. قطر مناسب ۵٫۵ cm است.

یادآوری- برای جلوگیری از رشد ارگانیسم یا تجزیه بیولوژیکی کاغذ صافی، هر کاغذ می‌تواند قبل از استفاده با غوطه‌وری در محلول فرمالدهید با غلظت ٪ ۲ عمل‌آوری شوند. زمانی‌که کاغذ صافی‌ها در محیط مرطوب و گرم به مدت بیش از ۱۴ روز قرار بگیرند، تجزیه بیولوژیکی با اهمیت می‌شود. در زمان آماده‌سازی محلول‌های فرمالدهید و عمل‌آوری کاغذ صافی با فرمالدهید احتیاط‌های مناسب را به کار ببرید.

۵-۲ ظرف آزمونه، با ظرفیت ۱۲۰ ml تا ۲۴۰ ml از جنس فلز یا شیشه (بدون زنگ) و سرپوش (برای مثال پوشش شده با روی کرومات برای کاهش زنگ زدگی) برای جا دادن آزمونه و کاغذ صافی. برای کاهش زنگ زدگی داخل این ظرف‌ها را می‌توان با موم نیز پوشش داد.

۵-۳ ظرف کاغذ صافی، این ظرف، کاغذ صافی را پس از برقراری تعادل مکش و خارج کردن کاغذ صافی از ظرف آزمونه نگه می‌دارد.

۵-۳-۱ ظرف فلزی جایگزین، دو ظرف برای اندازه‌گیری رطوبت از جنس فلز با ظرفیت اسمی ۷۰ ml (آلومینیوم یا زنگ نزن) با سرپوش برای خشک کردن کاغذ صافی. بهتر است ظرف‌ها به‌وسیله‌ی نشانه‌گذاری با مهر فلزی شماره گذاری شود. توصیه می‌شود روی ظرف‌ها با هیچ نوع ماژیک یا روش دیگری علامت‌گذاری نشود. توصیه می‌شود از دستکش‌های پلاستیکی جراحی بدون پودر وینیلی یک بار مصرف یا دستکش‌های مشابه

در هر زمان که ظروف کوچک طراحی شده برای اندازه‌گیری‌های کاغذ صافی به کار می‌روند، استفاده شود تا از روغنی شدن بدنه از تاثیر هر گونه جرم اندازه‌گیری شده قبل از استفاده جلوگیری شود.

۵-۳-۲ کیسه پلاستیکی جایگزین، کیسه پلاستیکی به اندازه کافی بزرگ برای جا دادن صفحات کاغذ صافی (با ابعاد تقریبی ۵۰mm) با قابلیت درزبندی در برابر هوا

۵-۴ محفظه عایق‌بندی شده، یک جعبه با ظرفیت تقریبی $۰/۰۳\ m^3$، عایق‌بندی شده با پلی استیرن اسفنجی یا مواد دیگر که قادر به نگه‌داشتن دما در محدوده $۱ \pm ^\circ C$ هنگامی‌که دمای خارجی $۳ \pm ^\circ C$ تغییر می‌کند، است.

۵-۵ ترازو، یک ترازو یا مقیاس با حداقل ظرفیت ۲۰g و مطابق الزامات استاندارد ASTM C 114 با دقت $۰/۰۰۰۱\ g$ و مطابق الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۷۷۸۳

۵-۶ گرمخانه خشک‌کن، با کنترل ترموستاتیکی، ترجیحا مجهز به تهویه هوا[1] و قابلیت نگه‌داری دمای یکنواخت تا $۱۱۰ \pm ۵ ^\circ C$ که ظرف خشک کن مطابق الزامات استاندارد ملی ایران شماره ۷۷۸۳ باشد.

۵-۷ قالب فلزی، یک قالب فلزی با جرم بیشتر از ۵۰۰ g با سطح صاف برای تسریع خنک‌کنندگی ظروف فلزی با کاغذ صافی

۵-۸ دماسنج، وسیله‌ای برای تعیین دمای خاک آزمون شده با درستی $\pm ۱ ^\circ C$ مطابق استانداردهای ASTM E 2251، ASTM E 1137 / E 1137M، ASTM E 1.

۵-۹ تجهیزات متفرقه، انبرک، چاقوی صاف، نوار برق پلاستیکی قابل انعطاف، واشر، سیم توری، صفحه برنجی و غیره. حداقل طول انبرک بهتر است ۱۱۰ mm باشد.

۵-۱۰ دسیکاتور، ظرف دهانه گشاد شیشه‌ای با اندازه مناسب حاوی سیلیکاژل یا کلسیم سولفات بدون آب

یادآوری۱- کلسیم سولفات بدون آب تحت نام تجاری درایریت[2] به فروش می‌رسد.

یادآوری۲- بهتر است از خشک‌کننده‌ای استفاده شود که رنگ را به منظور نشان دادن زمان بازسازی تغییر می‌دهد.

۶ کالیبراسیون

۶-۱ با دنبال کردن روش کار بند ۷ به استثنای جایگزینی آزمونه خاک با محلول‌های نمک مانند پتاسیم کلرید با درجه واکنشگر یا سدیم کلرید با مولاریته مشخص در آب مقطر، یک منحنی کالیبراسیون قابل کاربرد برای یک کاغذ صافی ویژه به‌دست آورید.

۶-۱-۱ کاغذ صافی را در حداقل ۵۰ ml محلول نمکی در ظرف آزمونه (بند ۵-۲)، با قرار دادن آن روی سکوی تعبیه شده از جنس مواد بی‌اثر مانند لوله پلاستیکی یا غربال از جنس فولاد زنگ نزن معلق کنید.

۶-۱-۲ مکش کاغذ صافی را از رطوبت نسبی هوای بالای محلول به‌وسیله رابطه ۲ محاسبه کنید.

$$h = \frac{RT}{v}.\ln R_h \qquad (۲)$$

1- forced-draft
2-Drierite

که در آن:

h مکش، بر حسب kPa؛

R ثابت گاز ایده آل، ۸٫۳۱۴۳۲ J/mole.K؛

T دمای مطلق، بر حسب K ؛

v حجم ۱۰۰۰ مول آب مایع، ۰٫۰۱۸ m^3؛

R_h رطوبت نسبی.

۶-۱-۳ جداول بحرانی استاندارد می‌تواند برای ارزیابی رطوبت نسبی آب در تعادل با محلول نمکی شرح داده شده در جدول ۱ استفاده شود. برای اطلاعات بیشتر درباره رطوبت نسبی به استاندارد ASTM E337 مراجعه کنید.

۶-۲ منحنی‌های کالیبراسیون نوعی برای کاغذ صافی‌های (برای مثال واتمن شماره ۴۲ و شلیچر و شول[1] شماره ۵۸۹)، شکل ۱ را که شامل دو بخش است ببینید. بخش بالایی رطوبت باقی مانده به صورت فیلم‌های جذب شده در سطوح اجزا را نشان می‌دهد، در صورتی‌که بخش پایینی رطوبت باقی مانده به‌وسیله‌ی نیروهای کششی سطح یا مویینه بین ذرات را نشان می‌دهد. نقطه شکست مقدار آب کاغذ صافی برای واتمن شماره ۴۲، ٪ ۴۵٫۳ = w_f و برای شلیچر و شول شماره ۵۸۹، ٪ ۵۴ = w_f می‌باشد.

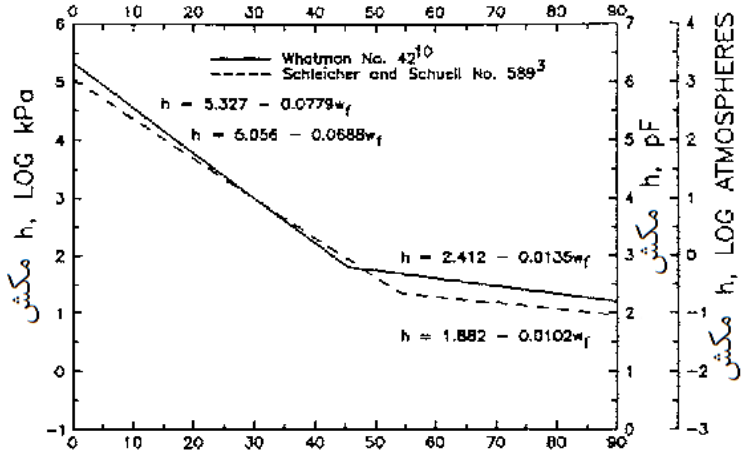
جدول ۱- غلظت‌های محلول نمکی برای ارزیابی مکش خاک

۲۰ °C		R_h	atm	pF	log kPa	kPa
g KCl	gNaCl					
۱۰۰۰ ml آب	۱۰۰۰ ml آب					
۱٫۷	۱٫۳	۰٫۹۹۹۲۷	-۰٫۹۷	۳٫۰	۱٫۹۹	-۹۸
۵٫۳	۳٫۸	۰٫۹۹۷۷۴	-۳٫۰۲	۳٫۵	۲٫۴۹	-۳۱۰
۱۷٫۰	۱۳٫۱	۰٫۹۹۲۷۸	-۹٫۶۸	۴٫۰	۲٫۹۹	-۹۸۰
۵۲٫۷	۳۹٫۰	۰٫۹۷۷۶۴	-۳۰٫۱۹	۴٫۵	۳٫۴۹	-۳۰۹۹
۱۶۵٫۰	۱۲۲٫۵	۰٫۹۳۰۰۸	-۹۶٫۷۷	۵٫۰	۳٫۹۹	-۹۸۰۰

۶-۳ منحنی‌های کالیبراسیون شکل ۱ برای مکش کل قابل کاربرد است. تغییر پذیری در نتایج کم‌تر از ٪ ۲ مکش بالای ۱۰۰ kPa است. بهم‌خوردگی خاک کم‌ترین تاثیر را روی مکش بالای ۲۰ kPa دارد. بهم‌خوردگی خاک در مقادیر رطوبت با مکش کم‌تر از ۲۰ kPa، تغییرپذیری اندازه‌گیری را افزایش می‌دهد. محور عمودی سمت راست شکل ۱، مکش را در واحدهای pF و فشار اتمسفر فراهم می‌کند. برای مثال h برابر است با اتمسفر log ۲ در مکش ۱۰۰ اتمسفر، در صورتی‌که pF برابر cm ۵ یا cm ۱۰۰۰۰۰ آب می‌باشد.

1-Schleicher and Schuell

یادآوری- کاغذ صافی می‌تواند با استفاده از فشار غشا (برای محدوده ۱۰۰ kPa تا ۱۵۰۰ kPa (۱۵ atm تا ۱ atm) استاندارد D ASTM 6836 را ببینید، برای محدوده ۱۰ kPa تا ۱۰۰ kPa (۱ atm تا ۰٫۱) و صفحه سرامیکی استاندارد ASTM D6836 را ببینید)، کالیبره شود.



یادآوری- ضریب اندازه‌گیری $r > ۰٫۹۹$

شکل ۱ - نمودارهای کالیبراسیون مقدار مکش -آب برای خیس کردن کاغذ صافی

۷ روش انجام آزمون

۷-۱ آماده سازی کاغذ صافی، کاغذهای صافی انتخابی برای آزمون را در گرمخانه به مدت حداقل ۱۶ ساعت یا در طول یک شب خشک کنید. بعد از خشک کردن، کاغذ صافی را در دسیکاتور تا زمان مورد استفاده نگه‌داری کنید.

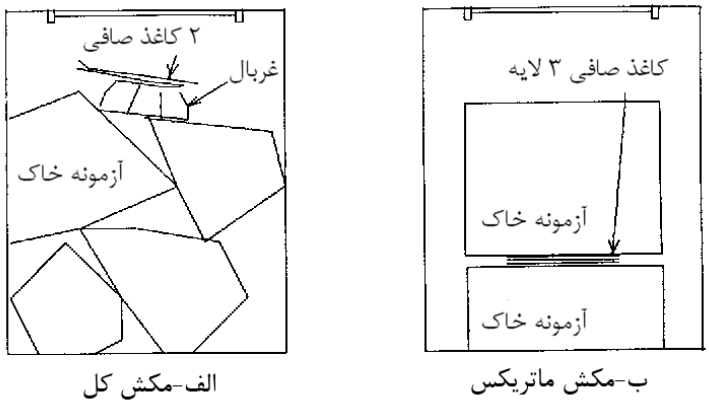
۷-۲ اندازه‌گیری مکش، در صورتی‌که کاغذ صافی با آزمونه خاک در تماس نباشد مکش کل اندازه‌گیری می‌شود. انتقال رطوبت به انتقال بخار از میان هوای داخلی ظرف آزمونه محدود خواهد شد. در صورتی‌که کاغذ صافی در تماس فیزیکی با خاک باشد مکش ماتریکس اندازه‌گیری می‌شود.

تماس فیزیکی بین خاک و کاغذ صافی به سیال امکان انتقال را می‌دهد که شامل انتقال نمک‌هایی است که ممکن است در آب منفذی حل شده باشد.

یادآوری- زمانی‌که خاک به اندازه کافی مرطوب نیست، همیشه امکان تماس فیزیکی کافی بین کاغذ صافی و خاک ممکن نیست، که می‌تواند منجر به اندازه‌گیری نادرست مکش ماتریکس شود. با کم کردن مکش اسمزی از مکش کل می‌توان مکش ماتریکس را حدس زد. مکش اسمزی با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی آب منفذی استخراج شده از خاک با استفاده از فشار دهنده سیال منفذی یا استاندارد ASTM D4542 بدست می‌آید. برای ارتباط برقرار کردن بین هدایت الکتریکی و مکش اسمزی می‌توان از یک منحنی کالیبراسیون استفاده کرد.

۷-۳ جایگذاری کاغذ صافی، یک آزمونه خاک دست نخورده یا قسمت‌های یک نمونه خاک، با جرم ۲۰۰ g تا ۴۰۰g را در ظرف آزمونه قرار دهید. توصیه می‌شود ظرف آزمونه با آزمونه خاک تقریبا پر شود تا زمان تعادل کاهش یافته و تغییرات مکش در آزمونه به حداقل برسد.

۷-۳-۱ اندازه‌گیری مکش کل، دو کاغذ صافی را از دسیکاتور خارج کرده و بلافاصله بالای آزمونه قرار دهید، اما کاغذ صافی را از آزمونه با قرار دادن تور سیمی، واشر یا موارد بی‌اثر دیگر با مساحت سطح حداقل بین کاغذ صافی و خاک جدا کنید. شکل ۲-الف را ببینید. برای تسریع خارج کردن کاغذ صافی از ظروف بزرگ، توصیه می‌شود لبه کاغذ صافی به‌وسیله انبرک اندکی خم شود.



الف-مکش کل ب-مکش ماتریکس

شکل ۲- راه‌اندازی تعادل مکش در ظرف بزرگ

۷-۳-۲ اندازه‌گیری مکش ماتریکس، سه کاغذ صافی دسته بندی شده (شکل ۲-ب) را در تماس با آزمونه خاک قرار دهید. کاغذ صافی‌های بیرونی از آلودگی خاک کاغذ صافی میانی که برای آنالیز مکش ماتریکس استفاده می‌شود، جلوگیری می‌کنند و باید دارای قطری کمی بزرگ‌تر از کاغذ صافی میانی باشند. با برش کاغذ میانی به صورتی‌که قطر آن حداقل ۳ mm تا ۴ mm کوچک‌تر از قطر کاغذ صافی‌های بیرونی است، می‌توان این کار را انجام داد. این اقدام از تماس مستقیم خاک با کاغذ صافی مرکزی جلوگیری خواهد کرد.

۷-۴ متعادل کردن مکش، درپوش ظرف آزمونه را در جای خود قرار دهید و با حداقل یک دور نوار برق پلاستیکی درزبندی کنید. سپس ظرف درزبندی شده را در قفسه عایق قرار داده و در یک مکانی با تغییرات دمایی کمتر از ۳ °C قرار دهید. دمای اسمی نوعی ۲۰ °C است. بهتر است به مکش کاغذ صافی و آزمونه در ظرف به مدت حداقل ۷ روز اجازه داد تا به تعادل برسند.

یادآوری۱- در صورتی‌که کاغذ صافی‌ها با آزمونه‌های خاک در شرایط میدانی باشند، توصیه می‌شود کاغذ صافی‌ها در طول یک شب در گرم‌خانه خشک شود، سپس در یک ظرف عایق بندی شده بالای خشکانه برای به حداقل رساندن رطوبت کاغذ صافی نگه‌داشته شوند. رطوبت کاغذ صافی قبل از آزمون در فیبرها گسترش یافته و فضای خالی کاغذ صافی را که ممکن است منجر به تغییر در منحنی کالیبراسیون کاغذ صافی شود، تغییر می‌دهد. محفظه عایق شده را در شرایط میدانی در روزهای داغ تابستان در

سایه و در روزهای سرد زمستان در منطقه گرم نگه‌دارید. بعد از بازگرداندن از مزرعه، محفظه را در ظرف درزبندی شده در اتاق با دمای کنترل شده در حدود $^{\circ}C$ ۲۰ قرار دهید.

یادآوری۲– تعادل مکش بین خاک، کاغذ صافی و هوا در ظرف بسته، نتیجه مطلوب دوره تعادلی است. باید مشخص شود که فرآیند تعادلی به مکش اولیه خاک، رطوبت نسبی اولیه هوا، جرم خاک و فضا در ظرف بستگی دارد. در شرایط معمول، دوره ۷ روزه در مکانیک خاک کافی است. اگر چه تحت برخی شرایط، تعادل با سرعت بیشتری کامل خواهد شد. این اندازه‌گیری مکش باید از تراکم جلوگیری کند پس کنترل ترموستاتیکی ممکن است ضروری باشد. کنترل دمایی نمونه در طی تعادل، اطمینان از حداقل بودن اثرات تراکم است. نگه‌داری ظروف آزمونه حاوی آزمونه خاک و کاغذ صافی در جعبه ترموستاتیکی (مثلا قفسه یخی)، ساخته شده از عایق پلی‌استایرن و پر شده با ورمیکولیت[1] بسط یافته یا مواد مشابه اطراف جعبه، به حداقل کردن نوسانات دمایی کمک می‌کند. امکان محدود کردن نوسانات دمایی با چنین برنامه عایق کردنی تا $^{\circ}C$ ۰/۰۱ ± است.

۷-۵ اندازه گیری مقدماتی جرم ظروف کاغذ صافی، در انتهای دوره تعادلی، در صورتی که مکش کل اندازه گیری شده، هر دو کاغذ صافی را و در صورتی‌که مکش ماتریکس اندازه‌گیری شده، کاغذ صافی میانی از دسته سه لایه ای را در یک ظرف کاغذ صافی جداگانه با جرم از قبل تعیین شده قرار دهید. قبل از این‌که ظرف آزمونه از محفظه عایق خارج شود، جرم با دقت g ۰/۰۰۰۱، که به صورت T_c نشان داده می‌شود، (سرمای خالص) اندازه‌گیری می‌شود. پیشنهاد می‌شود که جرم ظرف کاغذ صافی بلافاصله قبل از تعیین جرم کل کاغذ صافی و ظرف کاغذ صافی تعیین شود.

۷-۶ انتقال کاغذ صافی‌ها، با استفاده از یک جفت انبرک هر کاغذ صافی را از ظرف آزمونه به ظرف فلزی جایگزین یا کیف جایگزین پلاستیکی با جرم از قبل تعیین شده (T_c) انتقال دهید. کل فرآیند باید در مدت ۳ تا ۵ ثانیه انجام شود. کلید اندازه‌گیری موفق مقدار آب کاغذ صافی، به حداقل رساندن اتلاف آب کاغذ صافی انتقالی از ظرف آزمونه و طی تعیین جرم قبل از خشک شدن در گرمخانه می‌باشد. به دلیل تبخیر کاغذ صافی در اتاق با رطوبت نسبی R_h ٪ ۳۰ تا ٪ ۵۰ به مدت ۵ تا ۱۰ ثانیه، مشاهدات مقدار ٪ ۵ یا بیشتر اتلاف آب را نشان می‌دهد.

۷-۶-۱ ظرف فلزی جایگزین، درپوش‌ها را به صورت شل روی ظرف فلزی جایگزین قرار دهید (نه نیمه باز). مراقب باشید ظرف فلزی جایگزین بعد از هر انتقال درزبندی شود، به عبارت دیگرکاغذ صافی را از ظرف آزمونه برداشته و آن را درون یک ظرف فلزی قرار دهید، سپس ظرف را درزبندی کنید. این روش انجام آزمون را برای کاغذ صافی دوم با استفاده از ظرف دوم با جرم از پیش تعیین شده، در صورتی که مکش کل تعیین شده باشد، تکرار کنید. ظروف را به منظور اطمینان از این‌که هوای محیط شرایط رطوبت آزمونه خاک یا کاغذ صافی‌ها را تغییر نمی‌دهد تاحد امکان سریع درزبندی کنید.

۷-۶-۲ کیف پلاستیکی جایگزین، کاغذ صافی را به سرعت به کیف پلاستیکی با جرم اولیه از پیش تعیین شده انتقال داده و کیف را درزبندی کنید. این روش آزمون را برای کاغذ صافی‌های اضافی تکرار کنید.

۷-۷ تعیین جرم کاغذ صافی و ظروف کاغذ صافی، بلافاصله جرم هر ظرف با کاغذ صافی‌ها، M_1 ، را با تقریب g ۰/۰۰۰۱ تعیین کنید.

1- Vermiculite

۷-۸ متعادل کردن دم

۷-۸-۱ ظرف فلزی جایگزین، ظرف فلزی را با کاغذ صافی در گرمخانه با دمای ۵ ± ۱۱۰ °C با درپوش‌های نسبتا نیم باز یا درزبندی نشده قرار دهید تا رطوبت خارج شود. بهتر است ظرف‌ها در گرمخانه برای حداقل ۲ ساعت باقی بماند. بعد از این زمان، ظرف‌ها را درزبندی کرده و برای حداقل ۱۵ دقیقه در گرمخانه قرار دهید تا به تعادل دمایی برسند. ظرف فلزی با کاغذ صافی را از گرمخانه خارج کرده و سپس جرم خشک کل، M_2 ، را باتقریب ۰٫۰۰۰۱ g تعیین کنید. بلافاصله کاغذ صافی را خارج کرده و دور بیاندازید و جرم ظرف حاوی کاغذ صافی یا جرم داغ T_h را با تقریب ۰٫۰۰۰۱ g دوباره تعیین کنید. این روش انجام آزمون را برای ظروف اضافی تکرار کنید.

یادآوری- در صورتی‌که ظروف حاوی کاغذ صافی از جنس فلز هستند، بهتر است آن‌ها را به مدت ۳۰ ثانیه در قالب فلزی قرار دهید تا خنک شود. قالب فلزی مانند یک سینک گرمایی عمل کرده و در طی تعیین جرم تغییرات دمایی را کاهش خواهد داد.

۷-۸-۲ کیف پلاستیکی جایگزین، کاغذ صافی را برای حداقل ۲ ساعت در گرمخانه قرار داده، سپس در خشکانه شیشه‌ای بالای سیلیکاژل یا خشکاننده استاندارد برای حداقل ۲ تا ۳ دقیقه قرار دهید تا خنک شود. در کیف پلاستیکی قرار داده و جرم M_2 راتعیین کنید.

کاغذ صافی را خارج کرده و جرم نهایی کیف پلاستیکی، T_h، را تعیین کنید.

۷-۸-۳ هنگامی‌که جرم‌های M_2 و T_h تعیین شدند، کاغذ صافی‌ها را دور بیاندازید. تحت هیچ شرایطی کاغذ صافی‌های در گرمخانه خشک شده نباید در این استاندارد دوباره استفاده شود.

۸ محاسبات

۸-۱ برای هر کاغذ صافی ، با مقادیر اندازه‌گیری شده M_1، M_2، T_c و T_h، مقادیر زیر را حساب کنید:

$$M_f = M_2 - T_h \qquad (۳)$$

$$M_w = M_1 - M_2 + T_h - T_c \qquad (۴)$$

که در آن:

M_f جرم کاغذ صافی خشک، بر حسب گرم؛

M_2 جرم کل خشک، بر حسب گرم؛

T_h جرم ظرف داغ، بر حسب گرم؛

M_w جرم آب کاغذ صافی، بر حسب گرم؛

T_c جرم ظرف سرد، بر حسب گرم.

یادآوری- در صورتی‌که ظرف کاغذ صافی فلزی مورد استفاده قرار گیرد به خاطر از دست دادن رطوبت جذب شده سطح در زمان گرمایش، جرم ظرف داغ T_h ممکن است از جرم سرد T_c کم‌تر باشد. جریان‌های هوایی برخاسته از هوای گرم شده با ظرف فلزی داغ هم ممکن است در کم‌تر شدن جرم ظرف داغ سهیم باشد. میانگین اختلاف بین جرم ظرف داغ و سرد برای ۶۹ اندازه‌گیری ٪(۴٫۶ ±۰٫۹) جرم کاغذ صافی است و در صورتی‌که اندازه‌گیری‌های جرم کاغذ صافی خطایی کمتر از ٪ ۵ داشته باشد باید این خطا در نظر گرفته شود. هیچ گونه نتایج آزمونی برای کیف‌های پلاستیکی قابل دسترس نیست.

۸-۲ مقدار آب کاغذ صافی ، w_f ، برحسب جرم از رابطه ۵ به دست می‌آید.

$$w_f = 100\frac{M_w}{M_f} \qquad (۵)$$

که در آن :

w_f مقدار آب کاغذ صافی برحسب درصد است.

۸-۳ مقدار آب کاغذ صافی ، w_f ، را با مراجعه به منحنی کالیبراسیون به مقدار مکش تبدیل کنید یا از رابطه ۶ مکش را محاسبه کنید.

$$h = mw_f + b \qquad (۶)$$

که در آن :

m شیب منحنی کالیبراسیون کاغذ صافی (مقدار آب بر حسب درصد /$\log_{10}$ kPa)؛

b عرض از مبدا کالیبراسیون کاغذ صافی $\log_{10}$ kPa می‌باشد.

۸-۳-۱ منحنی کالیبراسیون تعریف شده در رابطه ۶ ، برای هر نوع کاغذ صافی انحصاری است و شامل خطی با یک شیب نسبتا تند و یک شیب نسبتاً صاف می‌باشد. شکل ۱ را ببینید. در صورتی‌که دو کاغذ صافی در تعیین مکش خاک استفاده شده باشد، مکش تعیین شده از منحنی کالیبراسیون ممکن است به عنوان میانگین مکش ارزیابی شده از مقادیر آب در نظر گرفته شود. در صورتی‌که اختلاف در مکش بین دو کاغذ صافی از ۰٫۵ log kPa بیشتر شود، نتایج آزمون باید کنار گذاشته شود.

۹ دقت و انحراف

۹-۱ دقت، برای تعیین دقت این روش آزمون، داده‌ها را مورد بررسی قرار دهید.

۹-۲ انحراف، مقدار مرجع پذیرفته شده‌ای برای این روش آزمون موجود نیست. بنابراین انحراف تعیین نمی‌شود.

۱۰ گزارش آزمون

۱۰-۱ جدول ۲ مثالی برای برگه داده‌ها برای ارزیابی مکش خاک با استفاده از کاغذ صافی است.

۱۰-۲ مقدار آب خاک که متناظر با مکش خاک کل، دمای اندازه‌گیری و زمان تعادل، روش کالیبراسیون کاغذ صافی و چگالی ظاهری خاک است.

۱۰-۳ شوری آب منفذی در صورتی‌که اندازه‌گیری آن اجازه ارزیابی مکش اسمزی و محاسبه‌ی مکش ماتریکس را می‌دهد. $Hm=h-hs$

جدول۲- بررسی مکش خاک با استفاده از کاغذ صافی

شماره حفاری: ..... تاریخ انجام آزمون: .....

تاریخ نمونه برداری: ..... آزمون شده توسط: .....

شماره نمونه: .....

عمق							
شماره قوطی رطوبت							
کاغذ صافی بالا / کاغذ صافی پایین (حلقه)		بالا پایین	بالا پایین	بالا پایین	بالا پایین	بالا پایین	بالا پایین
جرم در دمای سرد (g)	T_c						
جرم کاغذ صافی خیس + جرم در دمای سرد (g)	M_1						
جرم کاغذ صافی خشک + جرم در دمای داغ (g)	M_2						
جرم در دمای داغ (g)	T_h						
جرم کاغذ صافی خشک (g) $M_2 - T_h$	M_f						
جرم آب کاغذ صافی(g) $(M_1 - M_2 - T_c + T_h)$	M_w						
مقدار آب کاغذ صافی(g) $M_w + M_f$	W_f						
مکش، pF	h						