



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۲۰۵۸۵

چاپ اول

۱۳۹۵

INSO

20585

1st. Edition

2016

ارزیابی اثربخشی افزودنی‌ها برای
تثبیت خاک - راهنما

Evaluating Effectiveness of Admixtures
for Soil Stabilization – Guidance

ICS:93.020



omoorepeyman.ir

استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۵۸۵ : سال ۱۳۹۵

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج- ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.gov.ir>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.1294 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.gov.ir>



www.omoorepeyman.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد 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.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به‌عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین‌شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به‌عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته‌شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به‌عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی‌شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی 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 می‌تواند به‌منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی 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
« ارزیابی اثربخشی افزودنی‌ها برای تثبیت خاک - راهنما »

رئیس:

خداپرست، مهدی
(دکترای مهندسی عمران)

سمت و/ یا محل اشتغال:

هیات علمی دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه
قم

دبیر:

محمدصادقی، علی
(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس اداره کل استاندارد استان قم

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اکبریان فرد، محمد احسان
(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

مدیر کنترل کیفیت سدید بتن

امینی، هاشم
(کارشناس زمین‌شناسی)

معاون فنی آزمایشگاه فنی و مکانیک
خاک استان قم

پور مسعودی، ناصر
(کارشناسی مهندسی شیمی)

مسئول کنترل کیفیت وپویان

تولایی، مهدی
(کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی)

کارشناس اداره کل استاندارد استان قم

حاجی مهدی، مجتبی
(کارشناسی ارشد مهندسی صنایع)

مسئول تضمین کیفیت، نانو بتن امین

خانبابایی، حمیدرضا
(کارشناسی ارشد مهندسی معدن)

مدیرعامل شرکت دقیق سنگ آزما

خدا شناس، سیدعلی
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

کارشناس ژئوتکنیک آزمایشگاه فنی و
مکانیک استان قم



دانشگاه قم

شاطریان محمدی، علی
کارشناس مهندسی عمران

عضو نظام مهندسی استان قم

شریف زاده، محمدصابر
(کارشناس مهندسی عمران)

عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی قم

عامل سخی، مسعود
(دکترای مهندسی عمران)

رییس گروه بتن آزمایشگاه فنی و مکانیک
خاک استان تهران

محمدی، زهرا
(کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی)

مسئول کنترل کیفیت شرکت نانو بتن
امین

یعقوبی، محمدعلی
(کارشناس مهندسی عمران)

رییس اداره استاندارد شهرستان گنبد
کاوس

ویراستار:
جعفری ایوری، سیدعلی
(کارشناس مهندسی عمران)



فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیشگفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۳	۴ وسایل
۳	۵ انجام آزمون
۳	۵-۱ نمونه برداری و نمونه های آزمون
۳	۵-۲ روش انجام آزمون
۵	۶ بیان نتایج
۸	پیوست الف ۱ (الزامی) واسنجی دستگاه تراکم کوچک هاروارد
۹	پیوست الف ۲ (الزامی) آماده سازی نمونه و روش آزمون برای جذب رطوبت و مقاومت فشاری ساده



پیش‌گفتار

استاندارد «ارزیابی اثربخشی افزودنی‌ها برای تثبیت خاک- راهنما» که پیش‌نویس آن در کمیته‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در ششصد و شصت و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان مصالح و فرآورده‌های ساختمانی ششصد و شصت و چهارمین مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۲۹ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه، ۱۳۷۱ به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه‌ی صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدیدنظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ASTM D4609: 2008, Standard Guide for Evaluating Effectiveness of Admixtures for Soil Stabilization



ارزیابی اثربخشی افزودنی‌ها برای تثبیت خاک-راهنما

هشدار- در این استاندارد تمام موارد ایمنی و بهداشتی درج نشده است. در صورت مواجهه با چنین مواردی، مسئولیت برقراری شرایط بهداشت و ایمنی مناسب و اجرای آن به عهده کاربر این استاندارد است.

۱ هدف و دامنه کاربرد

- ۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین ارزیابی اثربخشی افزودنی‌ها برای تثبیت خاک است.
- ۲-۱ این راهنما، به شرح و توصیف روش‌های آزمایشگاهی برای ارزیابی اثر مواد افزودنی، به منظور بهبود ویژگی‌ها و خواص مهندسی خاک‌های ریزدانه می‌پردازد.
- ۳-۱ اثربخشی مواد افزودنی، با مقایسه‌ی مقاومت فشاری محدود نشده^۱، حساسیت به رطوبت و روابط رطوبت-چگالی^۲ خاک‌های بهسازی شده و بهسازی نشده ارزیابی می‌شود.
- ۴-۱ این راهنما، مجموعه‌ای سازمان یافته از اطلاعات یا مجموعه‌ای از گزینه‌ها را ارائه می‌دهد و راهکار خاصی را توصیه نمی‌کند. این نوشتار نمی‌تواند جایگزین آموزش یا تجربه محسوب شود و باید همراه با قضاوت حرفه‌ای مورد استفاده قرارگیرد. ممکن است تمام جنبه‌های این راهنما در تمام شرایط قابل اجرا نباشد. همچنین این استاندارد، نباید به عنوان جایگزین استاندارد مراقبت جهت بررسی و قضاوت در مورد کفایت خدمات حرفه‌ای، در نظر گرفته شود و باید با در نظر گرفتن جنبه‌های خاص و منحصر به فرد هر پروژه بکار برده شود.
- ۵-۱ این راهنما، برای کمک به کاربران و تولیدکنندگان مواد افزودنی اصلاح کننده و تثبیت کننده خاک در ارزیابی پتانسیل یک محصول برای بهبود ویژگی‌های مهندسی خاک (نظیر تغییرشکل تحت بار، مقاومت برشی و پایداری حجمی) در نظر گرفته شده است.
- ۶-۱ نتایج این آزمون‌ها را می‌توان برای تصمیم‌گیری در مورد تداوم آزمایش به منظور ارزیابی دوام و تعیین نسبت‌های مناسب جهت کاربردهای میدانی مورد استفاده قرار داد.

یادآوری- کیفیت نتیجه‌ی تولید شده توسط این استاندارد، به مهارت پرسنل در انجام آن و کیفیت تجهیزات و امکانات مورد استفاده بستگی دارد. به طور کلی سازمان‌هایی که الزامات استاندارد بند ۲-۹ را برآورده می‌کنند، قادر به آزمایش/نمونه‌برداری/بازدید و مانند آن هستند به کاربران این استاندارد، هشدار داده می‌شود که رعایت استاندارد بند ۲-۹، به تنهایی تضمینی برای حصول نتایج قابل اطمینان نمی‌باشد. حصول نتایج قابل اعتماد به عوامل بسیاری بستگی دارد و رعایت استاندارد بند ۲-۹، برخی از این عوامل را فراهم می‌کند.

1 - Unconfined compressive strength (UCS)
2 - Moisture-density (MD)



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 موردنظر 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 موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۸۷، خاک-آماده‌سازی خشک نمونه‌های خاک برای آزمون‌های دانه‌بندی و تعیین ثابت‌های خاک -آیین کار

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۱۸، خاک - تعیین دانه بندی خاک‌ها - روش آزمون

۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶۶۸، خاک- مشخصات تراکم آزمایشگاهی خاک با تلاش استاندارد - روش‌های آزمون

۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۶۵۱، خاک تعیین مقاومت فشاری محدود نشده خاک چسبنده - روش آزمون

۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۷۸۸۳، خاک - تعیین درصد رطوبت - روش آزمون

۶-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۳۱، خاک - تعیین حد روانی، حد خمیری و نشانه خمیری- روش‌های آزمون

2-7 ASTM D 653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

2-8 ASTM D 2217 Practice for Wet Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants

2-9 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

2-10 ASTM D 3877 Test Methods for One-Dimensional Expansion, Shrinkage, and Uplift Pressure of Soil-Lime Mixtures

2-11 AASHTO Documents: SPEL Special Products Evaluation List

2-12 AASHTO Documents: T99 Moisture-Density Relations of Soils, Using a 55-lb (25-kg) Rammer and a 12-in (305-mm) Drop³

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف ارائه شده طبق استاندارد بند ۲-۷ به کار می‌رود.



۴ وسایل

۴-۱ دستگاه تراکم کوچک هاروارد^۱ یا دستگاهی برای آماده‌سازی نمونه‌های دست‌خورده برای تعیین مقاومت فشاری محدود نشده، همان‌طور که در استاندارد بند ۲-۴ شرح داده شده است مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای واسنجی دستگاه، به پیوست الف ۱ مراجعه شود.

۵ انجام آزمون

۵-۱ نمونه‌برداری و نمونه‌های آزمون

۵-۱-۱ حدود ۱۵۰ کیلوگرم نمونه از منبع قرصه تهیه کنید و یا امکان دسترسی راحت به (۴ نوع یا ۵ نوع) مصالح خاکی و دانه‌های خاک، به عنوان مصالح مرجع برای ارزیابی‌های مربوط به تثبیت کننده فراهم نمایید. این نمونه‌ها، باید نماینده دو یا چند خاک ریزدانه با کانی‌های رسی مختلف باشند که توزیع گسترده‌ای داشته و گزینه‌هایی برای تثبیت باشند. در صورت نیاز، یک یا دو مورد از نمونه‌ها می‌توانند نماینده سنگ‌دانه‌های شکسته با اندازه کمتر از الک شماره ۱۰ باشند.

۵-۱-۲ کتابچه نحوه استفاده (بروشور) و نتایج آزمون ارائه شده توسط تولیدکننده یا تأمین‌کننده مواد افزودنی را مورد بررسی قرار دهید.

۵-۱-۳ اگر بررسی‌های صورت گرفته نشان دهد که مصالح اصلی مناسب هستند، آزمون را ادامه دهید.

۵-۲ روش انجام آزمون

۵-۲-۱ برای یک برنامه‌ی ارزیابی، نمونه‌های ۲۰ کیلوگرمی از ۲ یا چند نمونه خاک انتخاب شده در بند ۵-۱ تهیه کنید. این مقدار از مصالح، برای آزمون بر روی مخلوط‌های خاک بهسازی شده و بهسازی نشده در سه مقدار (شامل مقدار توصیه شده توسط تأمین‌کننده و مقادیر بیشتر و کمتر از مقدار توصیه شده) کافی می‌باشد.

یادآوری- نیازی به انجام تمام آزمون‌های توصیه شده در بخش ۵-۲-۲، در تمام چهار حالت رطوبت (شامل خاک بدون رطوبت، دارای رطوبت توصیه شده، دارای رطوبت بیشتر از مقدار رطوبت توصیه شده و دارای رطوبت کمتر از مقدار رطوبت توصیه شده) نیست.

1 - Harvard



یادآوری- مقدار نمونه‌ی ۲۰ کیلوگرمی توصیه شده، از مجموع موارد زیر حاصل می‌شود:

جدول شماره ۱- وزن نمونه‌های آزمون

وزن نمونه (کیلوگرم)	ویژگی‌های آزمون
۶	دو آزمایش تراکم (برای نمونه‌های بهسازی نشده و بهسازی شده با مقدار بهینه):
۱	واسنجی دستگاه هاروارد
۱	حدود اتربرگ (برای نمونه‌های بهسازی نشده و بهسازی شده با مقدار بهینه)
۲	افزایش حجم (برای نمونه‌های بهسازی نشده و بهسازی شده با مقدار بهینه)
۴	مقاومت فشاری محدود نشده (برای نمونه‌های بهسازی نشده و سه نمونه بهسازی شده)
۶	مقدار لازم برای انجام مجدد هر آزمون
۲۰	مجموع

۲-۲-۵ هر یک از نمونه‌های خاک بهسازی نشده را توسط چند روش آزمون فهرست شده در بند ۱-۲-۲-۵ به روش اعلام شده بند ۶-۲-۲-۵ مورد آزمایش قرار دهید. همان آزمون‌ها را بر روی مخلوط‌های بهسازی شده نیز انجام دهید. برای هر مقدار از ماده افزودنی، پنج پیمانانه از مخلوط بهسازی شده موردنیاز است. هر پیمانانه را با ترکیب کردن قسمت‌هایی از خاک، ماده افزودنی و آب که با دقت توزین شده‌اند، در یک مخلوط‌کن مکانیکی آماده‌کنید و آنقدر مخلوط نمایید تا کاملاً همگن شود. بر روی هر پیمانانه آماده‌شده به طور جداگانه آزمون‌های زیر انجام شود:

۱-۲-۲-۵ میزان رطوبت را مطابق استاندارد بند ۲-۲-۵ اندازه‌گیری کنید.

۲-۲-۲-۵ اندازه‌ی ذرات خاک‌ها- روش آزمایش مطابق استاندارد بند ۲-۲-۲ تجزیه و تحلیل کنید.

۳-۲-۲-۵ حد روانی، حد خمیری و شاخص خمیری را مطابق استاندارد بند ۶-۲-۲ به دست آورید.

۴-۲-۲-۵ روابط رطوبت- چگالی را مطابق استاندارد بند ۳-۲-۲ (روش الف) یا مطابق استاندارد بند ۱۱-۲-۲ به دست آورید. (روش الف) (به یادآوری ۱ بند ۲-۲-۵ مراجعه شود).

۵-۲-۲-۵ تغییر حجم را مطابق استاندارد بند ۱۰-۲-۲ تعیین کنید. (به یادآوری ۲ بند ۲-۲-۵ مراجعه شود)؛

۶-۲-۲-۵ مقاومت فشاری ساده را مطابق استاندارد بند ۴-۲-۲ به دست آورید. (به یادآوری ۳ بند ۲-۲-۵ مراجعه شود).



یادآوری ۱- در صورتی که مصالح خاک، شکننده نباشد و اندازه ذرات به علت تراکم مکرر کاهش نیابد و همچنین دارای رس با بافت خاص که ترکیب آب با آن دشوار است، نباشد می‌توان نمونه را مجدداً مورد استفاده قرارداد و برای نقاط متوالی در منحنی رطوبت- چگالی، به آن آب اضافه کرد.

یادآوری ۲- با وجودی که این روش آزمون، مختص مخلوط‌های خاک- آهک است، می‌توان از سایر مواد افزودنی تثبیت کننده نیز استفاده کرد.

یادآوری ۳- آماده‌سازی نمونه و تعیین جذب رطوبت، در پیوست الف ۲ شرح داده شده است. نمونه‌های مربوط به جذب رطوبت، برای تعیین مقاومت فشاری ساده نیز استفاده می‌شوند. این شیوه بر اساس روش‌های نشان داده شده در بندهای ۲-۵ تا ۱-۲-۵-۲-۶ تعیین می‌شود.

۲-۵-۳ بر روی حدود ۳ کیلوگرم نمونه خاک، رطوبت بهینه و چگالی بیشینه را مطابق بند ۲-۳ تعیین کنید.
۲-۵-۴ بر روی حدود ۱ کیلوگرم نمونه، همان‌طور که در روش واسنجی ارائه شده در پیوست الف ۱ شرح داده شده است، با دستگاه تراکم کوچک هاروارد تعداد ضربات و فشار فتر موردنیاز برای بدست آوردن مجدد چگالی استاندارد حاصل از استاندارد بند ۲-۳ را تعیین کنید.

۲-۵-۵ یک پیمانانه ۵۰۰ گرمی از نمونه با رطوبت بهینه آماده کنید به محض تکمیل اختلاط، مخلوط را به سه قسمت تقریباً مساوی تقسیم‌نموده و پس از خشک‌شد آنها به در مدت یک شب در معرض هوا بر روی یک قسمت، آزمون‌های حد روانی و حد خمیری را انجام دهید. بر روی یک قسمت دیگر، این آزمون‌ها را به حالت اشباع در مدت یک شب انجام دهید و بر روی قسمت سوم، آزمون‌های مذکور را پس از ۷ روز عمل‌آوری در حالت اشباع انجام دهید.

۲-۵-۶ بر روی حدود ۳۶۰۰ گرم از نمونه افزایش حجم را مطابق استاندارد بند ۲-۱۰ تعیین کنید.
۲-۵-۷ حدود ۱ کیلوگرم از نمونه را با دستگاه تراکم کوچک هاروارد، متراکم نمایید و مطابق بند ۲-۳ و مطابق پیوست الف ۲ جذب رطوبت و مقاومت فشاری را تعیین نمایید.

۶ بیان نتایج

۱-۶ در بندهای ۱-۶ تا ۵-۱-۶ توصیه‌های لازم برای ارزیابی اثر یک ماده افزودنی بر بهبود ویژگی‌های مهندسی خاک‌های ریزدانه ارائه شده است. تغییر در یک یا چند ویژگی و نه لزوماً تمام ویژگی‌ها، از بندهای ۱-۶ تا ۵-۱-۶ می‌تواند برای داوری اثربخشی مورد استفاده قرار گیرد. ممکن است نتایج این آزمون‌ها برای تعیین مقرون به صرفه بودن یا ارزش عملی بهسازی، مفید باشد یا نباشد؛ این تصمیم، به احتمال زیاد، پس از آزمون‌های اضافی و تجزیه و تحلیل داده‌ها باید صورت‌گیرد.



۱-۱-۶ تجزیه و تحلیل اندازه ذرات: تثبیت‌کننده‌هایی که مکانیزم آن‌ها به واسطه چسباندن ذرات ریز به یکدیگر است منجر به تغییر و ایجاد یک شیفت در منحنی توزیع اندازه ذرات می‌شوند که نشان دهنده ایجاد زبری یا حالت دانه ای شدن خاک می‌باشد و به عنوان بهبود ویژگی‌های مهندسی تفسیر می‌گردد. تجزیه و تحلیل اندازه ذرات باید بر روی مصالح بهسازی شده، پس از سپری شدن یک دوره عمل‌آوری مناسب انجام شود.

یادآوری- اگر خرد کردن و نرم ساختن مکانیکی مطابق استاندارد بند ۲-۱ برای نمونه‌های بهسازی شده، خیلی شدید باشد، می‌توان از استاندارد بند ۲-۸ استفاده نمود.

۱-۱-۶ حد روانی و حد خمیری و شاخص خمیری: کاهش قابل توجه حد روانی و شاخص خمیری، نشان دهنده بهبود تثبیت است. ارائه یک خاک دارای شاخص خمیری با شکل پذیری کمتر یا غیرپلاستیک به واسطه‌ی بهسازی، یک بهبود قابل ملاحظه است.

۱-۱-۶ روابط رطوبت- چگالی: بهبود تراکم پذیری، یعنی کاهش رطوبت بهینه یا افزایش بیشینه چگالی خشک، که دارای اهمیت مهندسی می‌باشد. پایین آوردن مقدار رطوبت بهینه، بسیار مفید است زیرا عملیات حمل و پخش مکرر آب بر روی خاک نیازمند استفاده از سوخت جهت تجهیزات و صرف زمان است.

۱-۱-۶-۱-۳ افزایش بیشینه چگالی خشک نشان می‌دهد که یک افزایش مقاومت به واسطه بهسازی حاصل شده است یا این که با انرژی تراکم کمتر، می‌توان به یک چگالی هدف دست یافت. دقت یک کاربر مطابق استاندارد بند ۲-۳، برای بیشینه چگالی خشک، ۱/۹ درصد و برای مقدار رطوبت بهینه، ۹/۵ درصد است؛ در نتیجه، تغییر در مقدار رطوبت بهینه‌ی بیشتر از ۱۵ درصد نسبت به مقدار بهینه، برای خاک بهسازی نشده و تغییر در بیشینه چگالی حدود ۸۰ کیلوگرم بر مترمکعب مربوط به خاک بهسازی نشده، ممکن است به عنوان نتیجه‌ای از بهسازی شیمیایی تفسیر شود، چرا که تغییرات مشاهده‌شده، از خطای آزمایشگاهی مورد انتظار بیشتر هستند.

۱-۱-۶ مقاومت فشاری محدود نشده و جذب رطوبت: معیارهای مقاومت فشاری ساده، برای مخلوط‌های تثبیت‌کننده خاک، با استفاده از آسفالت، سیمان، مواد شیمیایی، خاکستر بادی، خاکستر بادی- آهک یا سایر مواد توسط اداره راه و شهرسازی تعیین شده است. با این حال، این معیارها در مرحله اول برای اطمینان از دوام مخلوط‌های خاک و تثبیت‌کننده استفاده می‌شوند. برای نیل به این هدف، پیشنهاد می‌شود افزایش در مقاومت فشاری محدود نشده ناشی از بهسازی به میزان ۳۴۵ کیلوپاسکال یا بیشتر، مؤثر در نظر گرفته شود. همچنین، اگر نمونه‌ها در طول غوطه‌وری، دچار وارفتگی نشوند، نتیجه می‌توان گرفت که بهسازی مؤثر بوده است و همچنین اگر به علت غوطه‌وری، مقاومت به میزان قابل توجهی افت نکند، بدان معنی است که بهسازی برای خاک‌های مقاوم در برابر رطوبت، مؤثر بوده است.

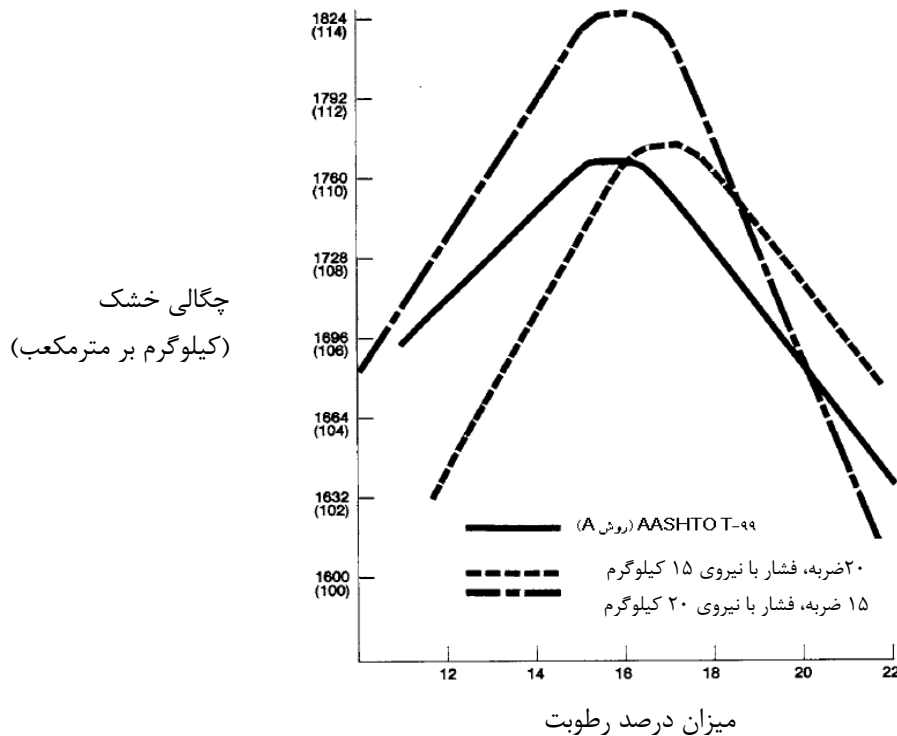
۱-۱-۶ تغییر حجم: مشکلات ایجاد شده برای روسازی‌ها و سازه‌ها در مناطقی متداول است که در آن خاک بستر متحمل تغییرات حجم قابل توجه همراه با تغییر در رژیم رطوبت می‌شوند (یعنی انقباض با کاهش رطوبت و تورم با افزایش در رطوبت). اگر در عملیات بهسازی، نتایج کنترل تغییرات حجم مطلوب باشد، می‌توان مصالح بهسازی را مؤثر ارزیابی نمود.



پیوست الف (الزامی)

الف ۱ - واسنجی دستگاه تراکم کوچک هاروارد

الف ۱-۱ به منظور آماده‌سازی نمونه‌های آزمایشی جهت جذب رطوبت و مقاومت فشاری محدود نشده، با داشتن استاندارد مورد نیاز تراکم مطابق بند ۲-۱۱، در ابتدا لازم است که دستگاه تراکم کوچک هاروارد را برای تعیین تعداد صحیح ضربات در هر لایه و برای تنظیم فنرهای کوبه، واسنجی کنیم، به گونه‌ای که بتوان نیروهای کوبشی ۱۰ کیلوگرم، ۱۵ کیلوگرم و ۲۰ کیلوگرم را اعمال نمود. به طور معمول، در هر لایه، تعداد ۱۰ ضربه یا بیشتر موردنیاز است. واسنجی در نمودار شماره یک که منحنی‌های رطوبت-چگالی را برای یک خاک آزمایشی ارائه می‌دهد، شرح داده شده است. دو منحنی دیگر مربوط به روش هاروارد، شامل دو ترکیب مختلف از بارگذاری‌های فنر کوبه و تعداد ضربات در هر لایه می باشد.



شکل ۱- مقایسه‌ی روش‌های تراکم

الف ۲-۱ برای واسنجی، حدود ۱۰۰۰ گرم از خاک و مقدار آب موردنیاز برای تعیین رطوبت بهینه مطابق بند ۲-۱۱ آماده کنید.



برای جلوگیری از افت رطوبت، این مخلوط را در ظرف مناسبی قرار دهید و برای اولین آزمون تراکم، حدود ۱۵۰ گرم از آن را جدا کنید. از این قسمت، یک نمونه‌ی ۵ لایه با روش ارائه شده در بندهای الف ۲-۲-۱ الی الف ۲-۲-۸، با استفاده از ترکیب دلخواه تعداد ضربات و فشار فنر کوبه متراکم کنید. سپس با خارج کننده^۱، نمونه را از قالب خارج کرده و به ۳ یا چند قسمت برش دهید و با استفاده از استاندارد بند ۲-۵، مقدار رطوبت واقعی آن را تعیین نمایید.

الف ۱-۲-۱ با دانستن حجم، وزن مرطوب و مقدار رطوبت نمونه متراکم شده، چگالی خشک را محاسبه کرده و با مقدار حاصل از استاندارد بند ۲-۱۲ مقایسه کنید با استفاده از دومین قسمت مخلوط مرطوب، یک نمونه جدید در ترکیب دیگری از تعدد ضربات و فشار کوبش آماده کنید و تا زمانی که مطابق استاندارد بند ۲-۱۲، چگالی در حدود ۱۶ کیلوگرم بر مترمکعب حاصل شود، این فرآیند را با ترکیب‌های دیگر تکرار کنید. از این ترکیب، در آماده سازی نمونه‌های آزمایشی، طبق پیوست ب استفاده می‌شود.

الف ۲ - آماده‌سازی نمونه و روش آزمون برای جذب رطوبت و مقاومت فشاری ساده

الف ۱-۲-۱ برای تعیین میزان جذب رطوبت و مقاومت فشاری محدود نشده، به حدود ۱۰۰۰ گرم از مخلوط خاک-آب یا خاک-ماده افزودنی و آب نیاز می‌باشد. به منظور جبران افت‌های رطوبت ناشی از تبخیر، در آماده‌سازی این مخلوط در یک مخلوط‌کن مکانیکی، مقدار آب مورد استفاده، باید از ۰/۵ درصد تا ۳/۰ درصد، بیشتر از مقدار موردنیاز برای تعیین مقدار رطوبت بهینه باشد. مقدار دقیق آب اضافی، به رطوبت و سایر شرایط آزمایشگاهی بستگی دارد.

الف ۲-۲ با استفاده از این مخلوط و به‌کارگیری ترکیبی از تعداد ضربات و فشار فنر کوبش، به گونه‌ای که در روش واسنجی تعیین شده است، شش نمونه آزمایشی به شرح زیر آماده کنید:

الف ۱-۲-۲ با کمک دسته قالب مقداری از خاک سست موردنیاز برای یک لایه را در قالب قرار دهید و سطح خاک سست را با فشار دادن آهسته با یک پیستون چوبی صاف کنید.

الف ۲-۲-۲ کوبه را روی سطح خاک در داخل قالب قرار دهید و آنرا به طور محکم به سمت پایین فشار دهید تا زمانی که فنر آن متراکم شود. سپس نیروی اعمالی کوبه را آزاد کرده و آن را به محل جدید تغییر دهید. هر یک از اولین چهار ضربه را در ربع‌های جداگانه سطح خاک و در مجاورت قالب اعمال کنید. پنجمین ضربه باید در مرکز نمونه باشد تا یک پوشش کامل ایجاد شود. این سیکل کوبش را تا زمانی که تعداد ضربات موردنظر اعمال شود، تکرار کنید. ضربات را در نرخ تقریبی ۱۰ ضربه در هر ۱۵ ثانیه اعمال کنید.

الف ۲-۲-۳ لایه بعدی را اضافه نموده و بکوبید و این روش را تا رسیدن به تعداد لایه‌های متراکم موردنیاز تکرار کنید. بالاترین لایه باید به اندازه حداقل ۶ میلی‌متر و نه بیشتر از ۱۶ میلی‌متر از دسته قالب فاصله داشته باشد.



الف ۲-۲-۴ گیره‌های قالب را آزادکنید. بر روی پیستون، به سمت پایین به طور محکم فشار وارد کنید و در همان زمان، دسته را بکشید تا خاک سست، از خاک متراکم جدا شود.

الف ۲-۲-۵ قالب را از پایه جدا کنید و خاک اضافه را با دقت از بالا و پایین قالب پاک کنید.

الف ۲-۲-۶ قالب حاوی خاک متراکم را با دقت ۰/۱ گرم وزن کنید.

الف ۲-۲-۷ نمونه را با جداکننده از قالب جدا کنید، وزن کنید. سپس در پلاستیک‌های بسته‌بندی غیر قابل نفوذ بسته‌بندی کنید و برای دوره عمل‌آوری موردنظر، در اتاقی با رطوبت بالا در دمای اتاق (23 ± 1) درجه سلسیوس قرار دهید.

یادآوری- ممکن است از شرایط عمل‌آوری دیگری برای شبیه‌سازی محیطی که در آن، مخلوط بهسازی شده در صحرا (یا با شرایط قابل حصول در صحرا) عمل‌آوری می‌شود، مانند خشک‌شدگی جزئی در هوا که ممکن است برای ساخت عامل شیمیایی مؤثر موردنیاز باشد، استفاده گردد که این روش‌ها یا شرایط عمل‌آوری، باید همراه با سایر نتایج آزمون گزارش شوند.

الف ۲-۲-۸ بین تراکم سومین و چهارمین نمونه، یک نمونه ۱۰۰ گرمی از مخلوط سست باقیمانده بردارید و با مطابق استاندارد بند ۲-۵، مقدار رطوبت واقعی را تعیین کنید.

الف ۲-۲-۹ در انتهای دوره عمل‌آوری، سه تا نمونه از مصالح بسته‌بندی را جدا کنید، نمونه‌ها را وزن کنید، به مدت دو روز در آب غوطه‌ور کنید، از آب خارج کنید، با حوله سطح آن‌ها را خشک کنید و دوباره وزن کنید هرگونه افزایش وزن ناشی از غوطه‌وری، نشان دهنده جذب رطوبت است؛ این مقدار را برای هر نمونه، به عنوان درصدی از وزن خشک نمونه، محاسبه و ثبت کنید در صورتی که برای یک نمونه استوانه‌ای غوطه‌ور شده، از هم پاشیدگی محسوس یا وارفتگی رخ دهد، تعیین دقیق رطوبت جذب‌شده ممکن نیست و این موضوع، باید در ثبت اشاره شود.

الف ۲-۲-۱۰ پس از توزین نمونه‌ها به گونه‌ای که در بالا اشاره شد، هر سه نمونه را برای مقاومت فشاری محدود نشده مطابق استاندارد بند ۲-۴ آزمون کنید.

الف ۲-۲-۱۱ پس از آزمون سه نمونه غوطه‌ور شده، سه نمونه‌ی باقیمانده را از محفظه عمل‌آوری بیرون آورید، پوشش پلاستیک بسته‌بندی آن را خارج کنید، توزین کنید و برای مقاومت فشاری محدود نشده مطابق با استاندارد بند ۲-۴ آزمون کنید.

