



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۵۴۵

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

17545

1st. Edition

2014

مقاومت فشاری محصورنشده برای مخلوط
خاک-آهک فشرده- روش آزمون

Unconfined Compressive Strength of
Compacted Soil-Lime
Mixtures-Test Method

ICS:13.060.50

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 پیشنهادات 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 استانداردهای 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) و 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) و وسایل سنجش، تعیین عبارات 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
«مقاومت فشاری محصورنشده برای مخلوط خاک- آهک فشرده - روش آزمون»

رئیس:

سمت و/ یا نمایندگی
مدیر فنی آزمایشگاه همکار شرکت پیشرو مصالح شرق

ضرابی راد، راحله
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

دبیر:

مدیرعامل شرکت پیشرو مصالح شرق

ابوالحسنی، عباس
(کارشناس مهندسی عمران)

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

کارشناس نظام مهندسی ساختمان خراسان شمالی

اربابی، علی
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

کارشناس شرکت دانش پارسیس آریا

بهزادی فر، بهزاد
(کارشناس مهندسی عمران)

عضو هیات علمی دانشگاه اشراق بجنورد

جوادزاده، عماد
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مدیر کارخانه شرکت پاک پلاستیک

جهانی مقدم، مرتضی
(کارشناس مهندسی برق و الکترونیک)

مدیرعامل شرکت مهندسی مشاور عمران شاخص البرز

رحیمی، علی اکبر
(کارشناس مهندسی عمران)

کارشناس دفتر فنی استانداری خراسان شمالی

رستمی کمند، احسان
(کارشناس مهندسی عمران)

معاونت ارزیابی انطباق اداره کل استاندارد خراسان شمالی

فرجی، احمد رضا
(کارشناس ارشد زمین شناسی)

عضو جامعه مدیران کیفیت صنایع خراسان شمالی

عزیزی، فرناز
(کارشناس شیمی)

کارشناس شرکت دانش پارسیس آریا

معظمی گودرزی، ندا
(کارشناس شیمی)

کارشناس سازمان صنعت، معدن و تجارت خراسان
شمالی

مدیرعامل شرکت دانش پارسیس آریا

مهدی‌زاده، مهدی
(کارشناس مهندسی معدن)

وهاب‌زاده، آزاده
(کارشناس زمین‌شناسی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۲	۲ مراجع الزامی
۳	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ روش انجام آزمون
۴	۵ وسایل
۶	۶ مواد و واکنش‌گرها
۶	۷ مخاطرات ایمنی
۶	۸ مخاطرات فنی
۷	۹ آزمون‌ها
۸	۱۰ شرایط محیطی
۹	۱۱ عمل‌آوری آزمون‌ها
۹	۱۲ روش آزمون
۱۰	۱۳ محاسبات
۱۲	۱۴ گزارش آزمون
۱۳	۱۳ دقت و اریبی

پیش‌گفتار

استاندارد «مقاومت فشاری محصورنشده برای مخلوط خاک-آهک فشرده - روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت دانش پارسیس آریا تهیه و تدوین شده و در چهارصد و نود و ششمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مواد و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۱/۳۰ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ASTM D5102:2009, Standard Test Methods for Unconfined Compressive Strength of Compacted Soil-Lime Mixtures

مقاومت فشاری محصورنشده برای مخلوط خاک-آهک فشرده - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روشی برای آماده‌سازی، عمل‌آوری و انجام آزمون بر روی آزمون‌های خاک-آهک در آزمایشگاه یا سایر مواد بهبودیافته با آهک (به یادآوری این بند مراجعه شود) برای تعیین مقاومت فشاری محصورنشده است. این استاندارد می‌تواند برای آزمون‌های آماده شده با بیش‌ترین وزن مخصوص و میزان آب بهینه یا برای آزمون‌های آماده شده برای سایر اهداف با وزن مخصوص و مقادیر آب استفاده شود. این استاندارد همچنین برای سایر کاربردهای ذکر شده در بند ۵ مورد توجه قرار گرفته و استفاده می‌شود.

یادآوری ۱- سایر محصولات خاک-آهک مانند آهک زنده و آهک هیدراته تجاری نیز می‌توانند برای بهبود خاک‌های ریزدانه چسبنده مورد استفاده قرار گیرند. گرد و غبار حاصل از گازهای خروجی کوره آهک‌پزی^۱ توسط سامانه‌های جمع‌آوری گرد و غبار همانند گونه چرخانه^۲، گونه الکترواستاتیک یا سایر گونه‌های صافی^۳ جمع‌آوری می‌شوند. برخی از تولیدکنندگان آهک زنده با دانه‌بندی^۴ مختلف، محصول پایه آهک را از آهک زنده بعلاوه LKD تولید می‌کنند.

1- Lime Kiln Dust (LKD)
2- Cyclon
3- Baghouse-type
4- Blends

۲-۱ آزمون‌های مغزه‌گیری شده از خاک-آهک باید طبق استاندارد بند ۲-۵ آزمون شوند.

۳-۱ دو روش جایگزین ارزیابی شده است:

۱-۳-۱ روش A، روش‌های آماده‌سازی و انجام آزمون بر روی آزمون‌های فشرده‌شده خاک-آهک دارای نسبت ارتفاع به قطر بین ۲ تا ۲/۵۰ را توصیف می‌کند. این روش آزمون برای اندازه‌گیری استاندارد مقاومت فشاری ارزیابی شده است.

۲-۳-۱ روش B، روش‌های آماده‌سازی و انجام آزمون بر روی آزمون‌های فشرده‌شده خاک-آهک را طبق استاندارد بند ۲-۴ و با وسایل تراکم و قالب‌های معمول در بیش‌تر آزمایشگاه‌های آزمون خاک، توصیف می‌کند. این روش به‌منظور ارزیابی اندازه‌گیری‌های نسبی برای آزمون‌های منفرد یک مجموعه آزمون به‌جای مقادیر مقاومت فشاری استاندارد توصیه شده است. با توجه به نسبت کم‌تر ارتفاع به قطر (۱/۱۵) استوانه‌ها در روش B، مقاومت فشاری تعیین شده توسط این روش معمولاً بزرگ‌تر از مقاومت فشاری به‌دست آمده از روش A است.

۳-۳-۱ نتایج آزمون مقاومت فشاری محصورنشده با استفاده از روش B نباید به‌طور مستقیم با آن‌هایی که از روش A به دست آمده‌اند، مقایسه شوند.

۴-۱ ارقام اعشار و گردشدن تمام مشاهدات و مقادیر محاسبه شده باید طبق استاندارد بند ۲-۱۱ باشد.

۱-۴-۱ روش مورد استفاده برای مشخص کردن چگونگی جمع‌آوری، محاسبه، یا ثبت داده‌ها برای این استاندارد که داده‌ها بتوانند در طراحی یا سایر کاربردها یا هر دو اعمال شود، به‌طور مستقیم به دقت مرتبط نیست. چگونگی اعمال یکی از روش‌ها به نتایج به دست آمده از این استاندارد، فراتر از دامنه کاربرد آن است.

۵-۱ آهک یک عامل موثر تثبیت برای همه خاک‌ها نیست. برخی از اجزای تشکیل‌دهنده خاک مثل سولفات‌ها، فسفات‌ها، مواد آلی و همانند این‌ها می‌توانند اثر نامطلوب بر روی واکنش‌های خاک-آهک داشته و ممکن است بر روی نتایج آزمون به‌دست آمده توسط این استاندارد تاثیرگذار باشد.

۶-۱ آزمون مقاومت فشاری آزمون‌های مخلوط خاک-آهک برای تعیین مقاومت فشاری محصورنشده مخلوط خاک-آهک-آب عمل‌آوری شده به‌منظور تعیین بهینه بودن مخلوط برای کاربردهایی همانند اساس و زیر اساس در جاده، تثبیت بستر و خاک‌ریزی سازه‌ای انجام می‌شود.

۷-۱ داده‌های مقاومت فشاری در روش‌های طراحی اختلاط خاک-آهک استفاده می‌شود:

الف- تعیین این که آیا با افزودن آهک، مقاومت خاک افزایش قابل توجهی خواهد داشت؛

ب- طبقه‌بندی مخلوط خاک-آهک در رده‌های مقاومت؛

ج- مطالعه تاثیر متغیرهایی همانند درصد آهک، وزن مخصوص، حجم آب، زمان عمل‌آوری، دمای عمل‌آوری و همانند این‌ها؛

د- برآورد سایر مشخصات فنی و مهندسی مخلوط خاک-آهک.

۸-۱ به طور کلی آهک به عنوان کلسیت یا دولومیت طبقه‌بندی شده است. به طور معمول در تثبیت خاک از آهک کلسیم بالا (CaO) یا آهک دولومیتی (CaO+MgO) استفاده می‌شود. با اضافه کردن آب به خاک در مخزن دوغاب یا وسایل اختلاط، آهک از اکسید به کلسیم‌هیدروکسید $[Ca(OH)_2]$ یا کلسیم-منیزیم‌هیدروکسید $[Ca(OH)_2+Mg(OH)_2]$ تغییر می‌کند. آهک می‌تواند مقاومت خاک‌های چسبنده را افزایش دهد. نوع آهک در ترکیب با نوع خاک در نتایج مقاومت فشاری تاثیرگذار است.

یادآوری ۲- سازمانی که این استاندارد را به کار می‌برد، می‌تواند طبق استاندارد بند ۲-۹ ارزیابی شود. دستورالعمل‌های مشخصی برای دقت و اریبی در این استاندارد وجود ندارد پس دقت در این استاندارد وابسته به مهارت کارکنان و وسایل و استفاده از تجهیزات مناسب است. سازمان‌هایی که معیارهای لازم را طبق استاندارد ۲-۹ دارند و دارای تایید صلاحیت و قادر به انجام آزمون هدف هستند، به طور معمول مورد قبول هستند. کاربران این استاندارد توجه داشته باشند که مطابقت با استاندارد بند ۲-۹ به تنهایی کافی نیست و خود باید از درستی آن مطمئن شوند. اعتبار انجام آزمون به عوامل بسیاری بستگی دارد که در استاندارد بند ۲-۹ تعدادی از روش‌های ارزیابی این عوامل ارائه شده است.

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.

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 می‌شوند. 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 تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است. استفاده از مرجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ASTM C51, Terminology Relating to Lime and Limestone (as used by the Industry)
- 2-2 ASTM C977, Specification for Quicklime and Hydrated Lime for Soil Stabilization
- 2-3 ASTM D653 Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- 2-4 ASTM D698, Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))
- 2-5 ASTM D2166, Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil
- 2-6 ASTM D2216, Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
- 2-7 ASTM D2488, Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
- 2-8 ASTM D3551, Practice for Laboratory Preparation of Soil-Lime Mixtures Using Mechanical Mixer

- 2-9 ASTM D3740, 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 D4753, Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Standard Masses for Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing
- 2-11 ASTM D2488, Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

۳ اصلاحات و تعاریف

علاوه بر تعاریف و اصطلاحات ذکر شده در استانداردهای بند ۱-۲ و بند ۲-۳، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز در این استاندارد به کار می‌رود:

۱-۳

میزان آهک

نسبت وزن آهک خشک (a) به صورت فله یا بسته‌بندی به وزن خاک خشک (b) که به صورت درصد بیان می‌شود.

۲-۳

مقاومت فشاری محصورنشده خاک-آهک (q_u)

تنش فشاری در یک آزمون استوانه‌ای محصورنشده از خاک-آهک که در آزمون فشار محوری شکسته خواهد شد. در این روش آزمون، مقاومت فشاری محصورنشده، ماکسیمم بار یا نیروی محوری به دست آمده در واحد سطح یا بار یا نیرو در واحد سطح در ۵٪ کرنش محوری، هر کدام که در هنگام اجرای آزمون زودتر رخ دهد، است.

۳-۳

کربناته شدن

تغییر شکل بخشی یا تمام کلسیم‌هیدروکسید یا منیزیم‌هیدروکسید (یا هردو) به علت واکنش با دی‌اکسیدکربن، به فازهای کربناته است. کربناته شدن ممکن است در هنگام تولید و ذخیره‌سازی آهک، اختلاط آزمایشگاهی آن، عمل‌آوری و آزمون مخلوط‌های خاک-آهک، ساخت و بهره‌برداری رخ دهد. کربناته شدن کارایی آهک را در انجام واکنش مخلوط خاک-آهک کاهش می‌دهد.

یادآوری- برای واکنش‌گرها و مواد به بند ۶ مراجعه کنید.

۴ روش انجام آزمون

۱-۴ بر اساس معیارهای طراحی، تعداد آزمون‌های خاک-آهک از قبل تعیین شده و متراکم شده برای هر حجم آهک، وزن مخصوص و حجم آب، آماده‌سازی می‌شوند تا بتوان آزمون مقاومت فشاری محصورنشده را بر روی آزمون‌های عمل‌آوری شده در آزمایشگاه با سن‌های مشخص انجام داد. در بسیاری موارد، آزمون‌های منفرد یا ترجیحا تکراری بعد از یک دوره عمل‌آوری ۲۸ روزه و ۹۰ روزه در دمای اتاق، آزمون می-

شوند. بنابراین در برخی موارد، ممکن است یک دوره عمل‌آوری ۷ روزه در دمای اتاق یا شرایط عمل‌آوری سریع، لازم باشد.

۲-۴ میزان خاک، آهک و آب مورد نیاز برای آزمون تعیین شده است. مخلوط خاک-آهک و آب در یک قالب با شرایط مطلوب آزمون اولیه متراکم می‌شوند (وزن مخصوص مرطوب یا خشک و میزان آب اختلاط).

۳-۴ بعد از حذف قالب، آزمون‌ها در تعداد روز مشخص شده عمل‌آوری می‌شوند.

۴-۴ بعد از دوره عمل‌آوری، آزمون‌های خاک-آهک بارگذاری فشاری می‌شوند تا شکسته شوند. ماکسیمم بار یا بار در ۵٪ کرنش محوری برای محاسبه مقاومت فشاری محصورنشده استفاده می‌شود.

۵ وسایل

۱-۵ ترازو یا شاخص^۱

۱-۱-۵ جرم‌های آزمون، یک ترازو یا شاخص که جرم‌ها را تا ۴ رقم اعشار اندازه‌گیری کند و مطابق با الزامات رده GP2 یا GP5 استاندارد بند ۲-۱۰ باشد.

۱-۱-۱-۵ حداقل ظرفیت لازم برای روش A به‌طور معمول ۱۰۰۰g، در حالی که برای روش B به‌طور معمول ۲۰۰۰g است.

۲-۱-۵ آب موجود در توده‌ها، یک ترازو یا شاخص که قادر به اندازه‌گیری میزان آب تعیین شده با دقت ۰٫۱٪ و مطابق با الزامات رده GP2، GP2 یا GP5 استاندارد بند ۲-۱۰ باشد. نوع رده لازم به اندازه آزمون حاوی آب و میزان آب آن بستگی دارد.

۱-۲-۱-۵ برای رسیدن به این الزامات، جرم‌های کم‌تر از حدود ۴۰۰g باید تا ۴ رقم اعشار و جرم‌های بیش‌تر از ۴۰۰g باید تا ۳ رقم اعشار اندازه‌گیری شوند.

۲-۵ وسایل اندازه‌گیری ابعاد آزمون

سنجه‌های رقومی، کولیس‌ها، متر نواری یا سایر وسایل مناسب برای اندازه‌گیری ارتفاع و قطر آزمون‌ها تا ۳ رقم اعشار هستند.

۱-۲-۵ اگر لازم است چگالی یا واحدهای وزن تا ۴ رقم اعشار باشند (چگالی با دقت 0.001Mg/m^3) ابعاد هم باید تا ۴ رقم اعشار اندازه‌گیری شوند.

۳-۵ قالب‌های آزمون

۱-۳-۵ روش A، قالب‌ها باید دارای ظرفیت کافی برای تهیه آزمون با نسبت طول به قطر بین ۲٫۰۰ و ۲٫۵۰ باشد. قالب‌ها باید دارای حداقل قطر داخلی ۵۰mm باشند. می‌توان از قالب چندتکه^۱ استفاده کرد. قالب

باید دارای سرقالبی^۲ فلزی سخت و قابل مونتاژ باشد به طوری که بتواند به طور ایمن از قالب جدا و به آن متصل شود.

۲-۳-۵ **روش B**، قالب‌ها باید دارای سرقالبی قابل مونتاژ طبق استاندارد بند ۲-۶ باشند.

۴-۵ **میله کوبش یا چکش تراکم**، میله کوبش یا چکش تراکم باید با اندازه قالب و برای آماده‌سازی آزمون در وزن مخصوص مطلوب مناسب باشد.

۵-۵ **اکسترودر^۳ آزمون**، اگر از قالب چندتکه استفاده نشود، اکسترودر لازم است. دستگاه باید شامل یک پیستون، جک و قاب یا ابزار مشابه مناسب برای فشرده‌سازی آزمون‌ها در قالب باشد.

۶-۵ **ظروف**، ظروف پلاستیکی نفوذناپذیر در برابر هوا، ظروف عایق رطوبت برای جداکردن و نگهداری آزمون‌ها پس از عملیات تراکم هستند. ظروف باید صلب باشند تا در هنگام جابه‌جایی از درهم‌ریختگی آزمون‌ها جلوگیری کنند.

۷-۵ **وسایل دیگر**، ابزاری همانند اسپاتول، کاردک، خط‌کش، ماله بنایی، بیل‌چه و همانند این‌ها برای استفاده در آماده‌سازی آزمون هستند.

۸-۵ **محفظه یا اتاق کنترل‌شده دمایی**، محفظه یا اتاقی که قادر به نگهداری دمای $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ برای عمل‌آوری آزمون‌های خاک-آهک است. اتاق مرطوب هم قابل استفاده است اما الزامی نیست.

1- Splitt
2- Collar
3- Extruder

۹-۵ زمان سنج، وسیله سنجش زمان برای نشان دادن زمان سپری شده آزمون با دقت ثانیه و برای ایجاد سرعت اعمال کرنش توصیف شده در بند ۱۳-۲ است.

۱۰-۵ وسیله تراکم سنج یا نشان گر نیرو یا بار، وسیله تراکم سنج می تواند هر وسیله ای با ظرفیت کافی و قابلیت کنترل نرخ ثابت تغییر شکل و دارای الزامات ذکر شده در بند ۱۳-۲ باشد. وسیله باید طوری تجهیز شود که بدون خروج از شرایط بارگذاری، بار فشاری را به آزمون اعمال کند. هنگامی که وسیله تراکم برای حرکت در یک نرخ مشخص تنظیم شده باشد، نرخ واقعی با تغییر تدریجی نرخ نباید بیش از ۲۰٪ از مقدار لازم انحراف داشته باشد.

یادآوری- شرایط بارگذاری در اکثر قاب های بارگذاری با تنظیمات چندگانه بیش تر از ۱۰٪ حد مورد انتظار است.

۱-۱۰-۵ نشان گر نیرو یا بار باید دارای قابلیت خوانش تا ۳ رقم اعشار در شکست با حداقل محدوده دقت ۰٫۲۵٪ باشد.

۱۱-۵ نشان گر تغییر شکل، شاخص تغییر شکل (مکانیکی یا الکتریکی) باید دارای قابلیت خوانش حداقل ۰٫۲mm و دارای محدوده مناسب برای اندازه گیری در ۶٪ کرنش محوری باشد (به بند ۱۴-۱ مراجعه کنید).

۶ مواد و واکنش گر ها

۱-۶ آهک کربناته، آهکی که به طور عمده از هیدروکسید کلسیم $[Ca(OH)_2]$ یا مخلوطی از $Ca(OH)_2$ و اکسید منیزیم (MgO) یا هیدروکسید منیزیم $[Mg(OH)_2]$ یا هر دو تشکیل شده است. فقط آهک تازه دارای الزامات استاندارد بند ۲-۲ می تواند مورد استفاده قرار گیرد. به علت تمایل آهک به کربناته شدن آهک پاکتی باید به دور از هوا نگهداری شود.

۲-۶ آهک زنده، آهکی که به طور عمده از کلسیم اکسید (CaO) یا کلسیم اکسید به همراه منیزیم اکسید (MgO) تشکیل شده است. فقط آهک تازه دارای الزامات استاندارد بند ۲-۲ می تواند مورد استفاده قرار گیرد. به علت تمایل آهک با CO_2 هوا، آهک پاکتی باید به دور از هوا نگهداری شود.

۳-۶ آب معمولی، باید برای مرطوب کردن خاک از آبی که فاقد اسیدها، قلیاها و روغن بوده و مناسب نوشیدن باشد، استفاده کرد.

۷ مخاطرات ایمنی

واکنش های شیمیایی آهک با آب می تواند حرارت تولید کند. باید هنگام کار با آهک از تجهیزات ایمنی مناسب مانند دستکش، عینک های محافظ، ماسک و پیش بند پلاستیکی استفاده شود.

۸ مخاطرات فنی

۱-۸ تراکم را با بیش ترین سرعت ممکن بعد از دوره عمل آوری انجام دهید تا کربناته شدن اضافی آهک و کاهش رطوبت را ثبت شده را به را به حداقل برساند.

۲-۸ هنگام تراکم آزمونه‌ها، کوبش بر سطح رویی هر لایه باید یکنواخت و ثابت باشد و بین لایه‌ها تسطیح شود^۱.

۳-۸ آزمونه‌های خاک-آهک فشرده‌شده باید طوری جابجا شوند که از درهم‌ریختگی یا تغییرات در مقطع عرضی یا کاهش رطوبت جلوگیری شود.

۴-۸ آهک می‌تواند با بعضی فلزات همانند آلومینیوم و روی واکنش دهد. بنابراین نباید برای ذخیره آهک، عمل‌آوری مخلوط خاک-آهک یا عمل‌آوری آزمونه‌های فشرده‌شده خاک-آهک از ورقه‌های آلومینیومی، ظروف فلزی و ظروف دارای آلومینیوم و روی استفاده کرد.

۹ آزمونه‌ها

۱-۹ اندازه آزمونه، آزمونه‌ها باید دارای حداقل قطر ۵۰mm و اندازه بزرگ‌ترین ذره آزمونه باید کم‌تر از ۰٫۱ قطر آزمونه باشد. برای آزمونه‌های دارای قطر ۷۲mm یا بزرگ‌تر، اندازه بزرگ‌ترین ذره باید کوچک‌تر از $\frac{1}{6}$ قطر آزمونه باشد.

۲-۹ مقدار خاک، آهک و آب موردنیاز برای یک آزمونه و مجموع مقادیر موردنیاز از هرکدام برای آماده‌سازی تعداد آزمونه‌ها در میزان آهک م موردنیاز، درصد ماکسیمم وزن مخصوص خشک و حجم آب را محاسبه کنید. مقادیر ماکسیمم وزن مخصوص خشک و میزان آب بهینه را طبق استاندارد بند ۲-۴ تعیین کنید. مقدار آب اولیه موجود در خاک، که طبق استاندارد بند ۲-۶ تعیین شده، برای محاسبه مقدار لازم آب اضافه شده به مخلوط خاک-آهک برای رسیدن به میزان آب موردنظر استفاده می‌شود. ، باید در حدود ۱۰٪ مواد بیش‌تری آماده شود تا اطمینان حاصل شود مواد کافی در دسترس است.

۳-۹ اختلاط مخلوط‌های خاک-آهک را طبق استاندارد بند ۲-۸ انجام دهید. قبل از تراکم به بند ۱۰ مراجعه کنید.

۴-۹ قالب تراکم مناسب را طبق روشی که استفاده می‌شود، انتخاب کنید.

۱-۴-۹ روش A (آزمونه‌های دارای نسبت‌های ارتفاع به قطر بین ۲٫۰ و ۲٫۵)، آزمونه‌ها را توسط متراکم کردن مواد در حداقل سه لایه، داخل قالب دارای الزامات بند ۵-۳-۱ آماده کنید. آزمونه‌ها می‌توانند با روش‌های زیر در وزن مخصوص دلخواه متراکم شوند:

الف- کوبیدن^۲، ضربه زدن، یا فشرده‌سازی (به استاندارد بند ۲-۴ مراجعه کنید) هر لایه تا جرم خاک ذخیره‌شده در قالب تا اندازه مشخصی متراکم شود، یا

ب- تنظیم تعداد لایه‌ها، تعداد کوبش یا ضربات دست در هرلایه و نیروی هر کوبش یا ضربه دست. انتهای هر آزمونه باید عمود به محور طولی باشد. روی هر لایه قبلی را با اضافه کردن مواد برای لایه بعدی تسطیح کنید. بعد از شکل گرفتن، آزمونه را از قالب خارج کنید. جرم آزمونه، طول آزمونه و قطر آزمونه را در میانه ارتفاع با تعداد ارقام معنی‌دار توصیف شده در بند ۵ (۵-۱ تا ۵-۲) تعیین و ثبت کنید.

1- Scarify
2- kneading

یادآوری - هنگام مقایسه داده‌های مقاومت بین آزمایشگاهی، جزییات آماده‌سازی آزمون، همانند نتایج آماده‌سازی وزن مخصوص در ارتباط با مقاومت که متاثر از روش فشرده‌سازی است، وزن مخصوص متراکم شده و میزان آب اختلاط باید مشخص باشد.

۲-۴-۹ روش B: آزمون‌ها را طبق روش ذکر شده در بند ۲-۴ متراکم کنید. سطوح اولین دو لایه قبلی را با اضافه کردن مواد برای لایه بعدی تسطیح کنید. برای اطمینان از برابری ارتفاع لایه‌ها، مرحله به مرحله عمل کنید. بعد از شکل‌گیری آزمون و تعیین وزن مخصوص خشک یا مرطوب آن (طبق استاندارد بند ۲-۴)، آزمون را با فشار از قالب خارج نموده و جرم آزمون را تعیین و ثبت کنید. ارقام معنی‌دار در این اندازه‌گیری باید طبق توصیفات ذکر شده در بند ۵ باشد.

۵-۹ بعد از مشخص کردن جرم و ابعاد آزمون، آزمون را در یک ظرف بدون هوا و عایق رطوبت قرار داده و اجازه دهید آزمون طبق بند ۱۱ عمل‌آوری شود.

۱۰ شرایط محیطی

۱-۱۰ برای خشک نگه‌داشتن و عدم کربناته شدن آهک، آن را در ظرف پلاستیکی، بدون هوا و عایق رطوبت نگهداری کنید.

۲-۱۰ برای حفظ آب خاک، آن را در یک ظرف بدون هوا و عایق رطوبت نگهداری کنید.

۳-۱۰ اجازه دهید مخلوط خاک-آهک-آب در یک ظرف بدون هوا و عایق رطوبت، همان‌طور که مشخص شده، قبل از متراکم کردن عمل‌آوری شود!

یادآوری - دوره آماده‌سازی به طور معمول ۲۴ ساعت است، با این حال دوره‌های بالاتر از ۴۸ ساعت نیز برای خاک‌های با شاخص خمیری^۲ بالا به کار می‌رود.

۱۱ عمل‌آوری آزمونه‌ها

۱-۱۱ آزمونه‌ها را با اطمینان از این که نمایان‌گر نتایج آزمون هستند، برای انجام آزمون به طور تصادفی انتخاب کنید.

۲-۱۱ آزمونه‌های متراکم شده را در یک ظرف بدون هوا و ضد رطوبت در دمای $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ برای مدت مشخص شده، عمل‌آوری کنید.

یادآوری ۱- هر دوره زمانی عمل‌آوری می‌تواند تعیین شود، با این حال، بیش‌ترین دوره‌های زمانی معمول عمل‌آوری ۷ روزه، ۲۸ روزه و ۹۰ روزه هستند.

۱-۲-۱۱ ظرف نمی‌تواند از جنس آلومینیوم یا روی باشد (به بند ۸-۴ مراجعه کنید).

۳-۱۱ آزمونه‌های باید با یک روکش پلاستیکی پیچیده یا در غلاف لاستیکی قرار گیرند تا کربناته شدن کاهش یابد. شرایط عمل‌آوری که متفاوت از شرایط مشخص شده هستند، باید در فرم‌ها یا برگه‌های نتایج آزمون یادداشت شوند، به بند ۱۴ مراجعه کنید.

یادآوری ۲- هنگام شرایط عمل‌آوری سریع، لازم است فرآیند عمل‌آوری سریع برای شرایط میدانی طولانی مدت شبیه‌سازی شود، در عمل‌آوری باید از دمای بالاتر از 49°C اجتناب شود. تحقیقات نشان می‌دهد که دمای 40°C در دوره‌های زمانی عمل‌آوری گوناگون باعث تشکیل محصولات واکنشی پوزولانی نمی‌شود و مناسب است.

۴-۱۱ یک پارچه مرطوب را طوری در ظرف عمل‌آوری قرار دهید که در تماس با آزمونه خاک- آهک نبوده تا شرایط مرطوب را در هنگام عمل‌آوری حفظ کرده و از خشک شدن جلوگیری کند.

۱۲ روش آزمون

۱-۱۲ جرم آزمونه را تعیین و ثبت کنید (به بند ۹-۴-۱ یا بند ۹-۴-۲ مراجعه کنید). اگر تغییرات جرمی بزرگ‌تر از حدود ۲٪ شود، اندازه‌گیری را دوباره تکرار کرده و ابعاد آزمونه را ثبت کنید (به بند ۹-۴-۱ یا بند ۹-۴-۲ مراجعه کنید).

۲-۱۲ آزمونه را در دستگاه بارگذاری طوری قرار دهید که بر روی کف صفحه تراز قرار گیرد. دستگاه بارگذاری را به دقت تنظیم کنید به طوری که فقط سطح بالایی صفحه تراز با آزمونه در تماس باشد. نشان‌گر تغییرشکل را بر روی صفر قرار دهید. بارگذاری را پیوسته و بدون شوک، طوری اعمال کنید که یک تغییرشکل محوری با نرخ تقریبی ۰.۵٪ تا ۲.۱۰٪ در دقیقه تولید کند. نرخ پایین‌تر باید برای آزمونه‌های ترد، در حالی که نرخ بالاتر باید برای سایر آزمونه‌ها انتخاب شود.

۳-۱۲ بار (نیروی محوری)، تغییرشکل و مقادیر زمان را در فاصله‌های مناسب برای تعریف شکل منحنی تنش- کرنش (به طور معمول ۱۰ تا ۱۵ نقطه کافی است) ثبت کنید. ماکسیمم نیروی محوری اعمال شده به آزمونه به همراه تغییرشکل آن را ثبت کنید.

۱-۳-۱۲ نیروی محوری و تغییرشکل باید طبق مشخصه‌های بند ۵ این استاندارد (بند ۵-۱۰ و بند ۵-۱۱) تعیین و ثبت شود.

۴-۱۲ بارگذاری آزمون را تا زمانی که مقادیر نیرو کاهش و مقدار کرنش افزایش می‌یابد یا تا زمانی که کرنش بیش از ۵٪ شود، ادامه دهید.

۵-۱۲ بعد از آزمون، برای نشان دادن نوع شکست از آزمون یک طرح رسم کنید یا عکس بگیرید.

۶-۱۲ قطر آزمون شکسته شده را در سه جهت از میانه آن تا سه رقم اعشار اندازه‌گیری و ثبت کنید، به جز مواردی که شکست ترد اتفاق بیفتد.

۷-۱۲ مثالی از برگه نتایج آزمون در استاندارد بند ۲-۵ نشان داده شده است. اگر از این نوع برگه نتایج آزمون استفاده شود، مساحت تصحیح شده باید با استفاده از روش خاصی که در بند ۱۳-۲ این استاندارد ذکر شده، محاسبه شود. اگر از سایر برگه‌های نتایج آزمون استفاده می‌شود باید به شکلی ارایه شوند که شامل تمام داده‌های لازم باشند.

۸-۱۲ مقدار آب را با استفاده از کل آزمون یا بخشی به عنوان نماینده با دقت ۰٫۱٪ اندازه‌گیری کنید.

۱۳ محاسبات

۱-۱۳ کرنش محوری را با دقت ۰٫۱٪ برای هر بار اعمال شده به روش زیر محاسبه نمایید:

$$\square = \Delta L / L_0 \times 100 \quad (1)$$

که در آن:

\square کرنش محوری بر حسب %؛

ΔL تغییر طول آزمون به عنوان خوانش از نشان‌گر تغییرشکل، بر حسب mm؛

L_0 طول اولیه آزمون، بر حسب mm؛

۱۰۰ برای تبدیل اعشار به درصد است.

۲-۱۳ مساحت میانگین مقطع عرضی را برای بار محوری اعمال شده (به شکل ۱ مراجعه کنید) به روش زیر محاسبه نمایید:

۱-۲-۱۳ اگر بعد از آزمون اندازه‌گیری قطر آزمون نشان دهنده تغییرات در هنگام آزمون نباشد، یا شکست ترد اتفاق افتد، از مساحت مقطع عرضی اصلی آزمون استفاده کنید.

۲-۲-۱۳ اگر تغییرشکل شعاعی در هنگام آزمون اتفاق بیفتد، اما آزمون شکست استوانه‌ای شکل را حفظ کند، مساحت میانگین تصحیح شده مقطع عرضی باید به روش زیر محاسبه شود:

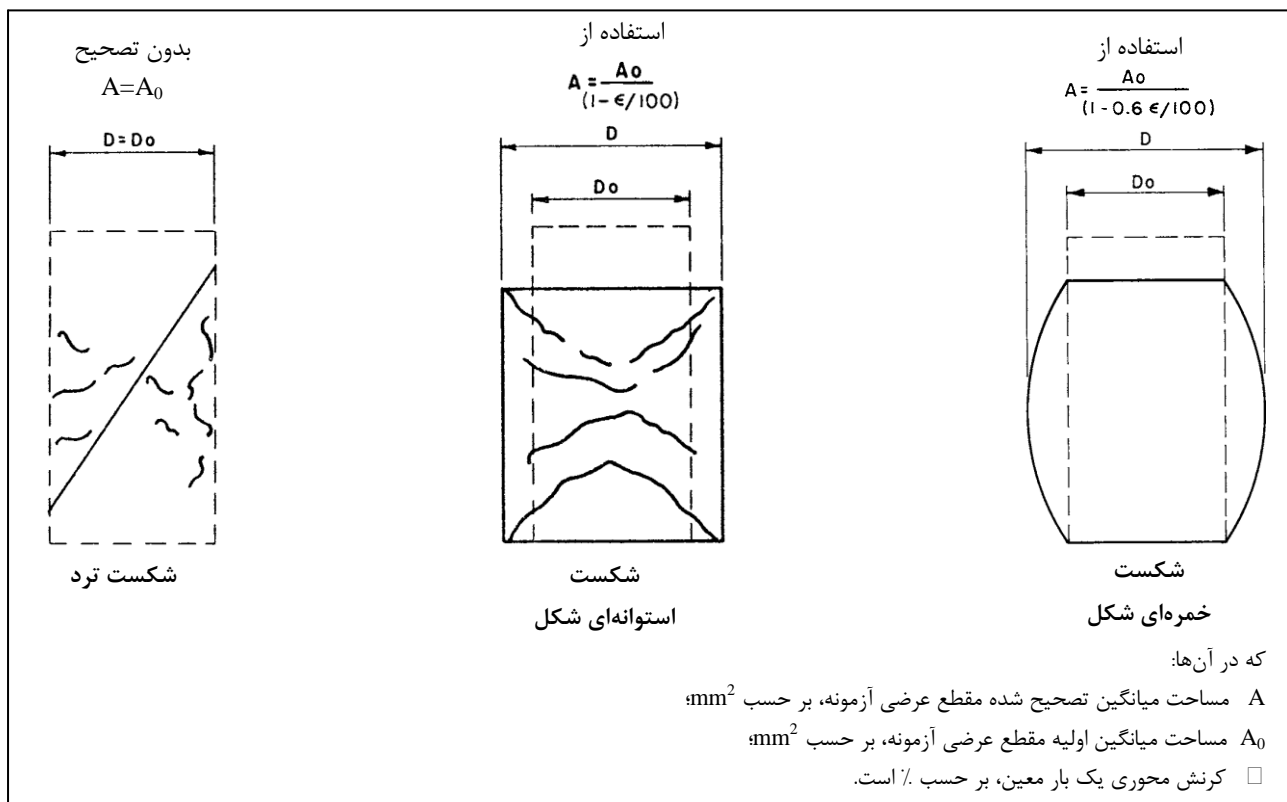
$$A = \frac{A_0}{(1 - \epsilon/100)} \quad (2)$$

که در آن:

A مساحت میانگین تصحیح شده مقطع عرضی آزمون برای نیروی محوری معلوم، بر حسب m^2 ؛

A_0 مساحت میانگین اولیه مقطع عرضی آزمون، بر حسب m^2 ؛

\square کرنش محوری یک بار معین، بر حسب % است.



شکل ۱- تعیین تصحیح مساحت

یادآوری - $\text{m}^2 = \text{mm}^2 \times 10^{-6}$

۱۳-۲-۳ اگر تغییر شکل شعاعی در هنگام آزمون افزایش یابد و آزمون شکل خمره‌ای به خود بگیرد، مساحت میانگین تصحیح شده مقطع عرضی باید به روش زیر محاسبه شود:

$$A = \frac{A_0}{(1 - 0.6 \epsilon/100)} \quad (3)$$

که در آن:

A مساحت میانگین تصحیح شده مقطع عرضی آزمون برای نیروی محوری معلوم، بر حسب m^2 ؛

A_0 مساحت میانگین اولیه مقطع عرضی آزمون، بر حسب m^2 ؛

۰٫۶ ضریب تصحیح مساحت؛

\square کرنش محوری یک بار معین، بر حسب % است.

۱۳-۳ تنش فشاری برای بار محوری اعمال شده معین تا سه رقم اعشار را از معادله زیر محاسبه نمایید:

$$\sigma = P / A \quad (4)$$

که در آن:

σ تنش فشاری، بر حسب kPa ؛

P نیروی محوری اعمال شده به آزمون؛

A متناظر مساحت مقطع عرضی است.

۴-۱۳ نمودار، اگر لازم باشد یک نمودار که نشان دهنده رابطه بین کرنش محوری (محور طولی) و تنش فشاری (محور عرضی) است را می‌توان رسم نمود. ماکسیمم مقدار تنش فشاری یا تنش فشاری در ۵٪ کرنش محوری، هر کدام که ابتدا رخ می‌دهد، را انتخاب نموده و آن را به عنوان مقاومت فشاری محصور نشده (q_u) گزارش کنید. هر زمان که لازم است از آن برای تعبیر صحیح استفاده کرد، نمودار تنش - کرنش شامل بخشی از داده‌های گزارش است.

۱-۴-۱۳ تنش فشاری در ۵٪ کرنش محوری می‌تواند با فرض یک رابطه خطی بین دو اندازه‌گیری محدود به اندازه‌گیری ۵٪ کرنش محوری محاسبه شود.

۱۴ گزارش آزمون

- ۱-۱۴ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛
- ۲-۱۴ مشخصات مخلوط خاک - آهک (درصد آهک، مشخصات نمونه خاک، مشخصات آهک و نوع آهک)؛
- ۳-۱۴ طبقه‌بندی داده‌های آزمون یا طبقه‌بندی ظاهری نمونه‌های خاک (همانند حداقل رنگ، نام‌ها و نماد گروه، به استاندارد بند ۲-۱۱ مراجعه کنید) یا هر دو؛
- ۴-۱۴ تعداد و مشخصات آزمون؛
- ۵-۱۴ روش آماده‌سازی آزمون (A یا B) و جزئیات روش آماده‌سازی؛
- ۶-۱۴ قطر میانگین و ارتفاع آزمون تا سه یا چهار رقم اعشار؛
- ۶-۱۴ قطر میانگین و ارتفاع آزمون تا سه یا چهار رقم اعشار؛
- ۷-۱۴ نسبت ارتفاع به قطر که تاثیر مستقیم بر مقاومت دارد، همان‌طور که در بند ۱ توصیف شده است؛
- ۸-۱۴ مساحت مقطع عرضی آزمون حداقل تا سه رقم اعشار، بر حسب m^2 ؛
- ۹-۱۴ تنظیمات سرعت کرنش بر حسب درصد در هر دقیقه؛
- ۱۰-۱۴ داده‌های تنش - کرنش (مقادیر خوانش شده و محاسبه شده)؛
- ۱۱-۱۴ مقاومت فشاری، بر حسب kPa؛
- ۱۲-۱۴ مقدار کرنش در شکست، بر حسب %؛
- ۱۳-۱۴ سن آزمون (طول مدت عمل‌آوری)؛
- ۱۴-۱۴ جزئیات شرایط عمل‌آوری؛
- ۱۵-۱۴ نمودار تنش - کرنش، اگر آماده شده است؛
- ۱۶-۱۴ عکس یا طرح شکست؛

۱۷-۱۴ نشانه‌گذاری مجدد و یادداشت هرگونه شرایط غیرمعمول که در نتایج آزمون تاثیرگذار است؛

۱۸-۱۴ میزان آب و وزن مخصوص مرطوب یا وزن مخصوص خشک آزمونه، قبل و بعد از عمل‌آوری.

۱۵ دقت و اریبی

۱-۱۵ تکرارپذیری

۱-۱-۱۵ دقت یک آزمایشگاه، انحراف استاندارد برای آزمونه‌های با آماده‌سازی یکسان در آزمایشگاه با میانگین مقاومت افزایش می‌یابد.

۲-۱-۱۵ دقت یک آزمون‌گر و چند آزمایشگاه، دقت داده‌های آزمون که بر اساس دقت آزمون‌گر منفرد و چند آزمایشگاه بر مبنای مواد خاک- آهک طبیعی آزمون شده توسط این روش آزمون ارایه نشده است. این مورد امکان‌پذیر نیست یا در این زمان داشتن ده یا تعداد بیش‌تری آزمایشگاه جهت مشارکت در برنامه آزمون بین آزمایشگاهی، خیلی پرهزینه است. تولید آزمونه‌های دارای ویژگی‌های یکسان فیزیکی نیز امکان‌پذیر نبوده یا بسیار پرهزینه است. هرگونه انحراف مشاهده شده در داده‌ها فقط احتمال دارد که ناشی از انحراف آزمونه بوده که مربوط به آزمون‌کننده یا انحراف آزمون آزمایشگاه است.

۲-۱۵ اریبی، از آن‌جا که مواد مرجع مناسب برای تعیین انحراف در این استاندارد وجود ندارد، میزان انحراف تعیین نشده است.