INSO
18650
1st.Edition
2014

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

استاندارد ملی ایران
۱۸۶۵۰
چاپ اول
۱۳۹۳

خاک- آزمون فشاری سه‌محوری زهکشی-نشده-تحکیم نیافته بر روی خاک‌های چسبنده - روش آزمون

Soil - Unconsolidated – Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils - Test Method

ICS:93.020

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- آزمون فشاری سه‌محوری زهکشی‌نشده-تحکیم‌نیافته بر روی خاک‌های چسبنده- روش آزمون »

رییس :	**سمت و/ یا نمایندگی**
حسام ، دهقان‌خلیلی (دکترای مهندسی خاک و پی)	دانشکده مهندسی عمران دانشگاه تهران و مدیرفنی شرکت عمران ایستا
دبیر :	
مصطفی‌زاده ، سیدحجت (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	مدیر موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ترابی‌زاده ، محمدرضا (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس آزمایشگاه مصالح ساختمانی اداره کل استاندارد هرمزگان
ذاکری ، ایمان (دکترای مهندسی عمران)	مدیرعامل شرکت آزمایشگاهی خاک بتن آزمای پارسه خلیج فارس
رهبر رنجی، احمد (دکترای مهندسی کشتی‌سازی)	دانشیار دانشگاه پلی تکنیک تهران، کارشناس حقیقی تدوین استانداردهای ملی ایران
طیبی ، سعیده (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	کارشناس بخش سازه موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا
ظهرابی ، مصطفی (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	کارشناس فنی حوزه معاونت فنی و عمرانی شهرداری شیراز
کامجو ، بهمن (کارشناس مهندس عمران)	کارشناس‌بخش‌سازه موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا

عذباشی ، فرهاد (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	هییت علمی گروه مهندسی عمران دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس
مجتبوی ، سید علیرضا (کارشناس مهندسی مواد)	کارشناس اداره کل نظارت بر صنایع غیر فلزی ملی استاندارد ایران
مصفا ، مسعود (کارشناس ارشد مهندسی خاک و پی)	عضو اصلی هییت‌مدیره سازمان نظام مهندسی ساختمان هرمزگان
مصطفی زاده ، سیدمحسن (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس فنی شرکت آزمایشگاهی همکار آزما سازه کاوان

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		ه
مقدمه		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف	۲
۴	وسایل	۴
۵	آزمونه‌های آزمون	۶
۶	روش	۸
۷	محاسبات	۱۰
۸	گزارش آزمون	۱۲
۹	دقت و اریبی	۱۳

پیش گفتار

استاندارد « خاک - آزمون فشاری سه‌محوری زهکشی‌نشده - تحکیم نیافته بر روی خاک‌های چسبنده - روش آزمون » که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط موسسه تحقیقات و پژوهش‌های علمی بنیادین پایدار سازه آریا تهیه و تدوین شده است و در پانصد و سومین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۲/۰۹ 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 D2850: 2007, Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils

خاک - آزمون فشاری سه‌محوری زهکشی‌نشده - تحکیم‌نیافته بر روی خاک‌های چسبنده- روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد، تعیین مقاومت و روابط تنش - کرنش یک آزمونه استوانه‌ای از خاک چسبنده دست‌نخورده یا بازسازی‌شده است. آزمونه‌ها در معرض فشار سیال محصورکننده، در یک محفظه سه محوری قرار می‌گیرند. زهکشی آزمونه در مدت زمان انجام آزمون، مجاز نیست. آزمونه، تحت فشار، برش می‌خورد بدون اینکه در یک نرخ ثابت از تغییر شکل محوری (کرنش کنترل‌شده)، زهکشی شود.

۱-۲ این استاندارد، داده‌هایی را برای تعیین خصوصیات مقاومتی زهکشی‌نشده و رابطه تنش - کرنش را برای خاک‌ها، ارائه می‌کند. این استاندارد، برای اندازه‌گیری تنش‌های نهایی اعمال شده بر آزمونه (تنش‌هایی که برای فشار آب منفذی، تصحیح نشده‌اند) کاربرد دارد.

یادآوری – تعیین مقاومت فشاری تک‌محوری خاک‌های چسبنده، توسط بند ۲-۶، انجام می‌شود.

یادآوری – تعیین مقاومت زهکشی‌نشده - تحکیم‌نیافته در خاک‌های چسبنده، با اندازه‌گیری فشار منفذی، توسط استاندارد بند ۲-۱۴، انجام می‌شود..

۱-۳ در این استاندارد، مقاومت فشاری یک خاک، برحسب تنش نهایی بدست می‌آید. بنابراین، مقاومت به‌وجود آمده، به فشار افزایش‌یافته سیال در حین انجام آزمون، بستگی دارد. در این استاندارد، جریان سیال از روی آزمونه خاک یا درون آن، هنگامی‌که بار اعمال می‌شود، مجاز نیست. بنابراین، فشار منفذی بوجود آمده و مقاومت بعد از آن، با فشار منفذی و مقاومت افزایش یافته با حالتی که زهکشی می‌تواند انجام شود، متفاوت است.

۱-۴ اگر آزمونه‌ها، ۱۰۰درصد اشباع شده باشند، تحکیم یافتگی می‌تواند در هنگامی که فشار همه‌جانبه اعمال می‌شود یا در حین برش آزمونه، در محلی که زهکشی مجاز نیست، رخ دهد. بنابراین اگر چندین آزمونه از مواد یکسان، آزمون شوند، و اگر همه آن‌ها در هنگام انجام آزمون، محتوای آب و نسبت فضای خالی یکسانی داشته باشند، آزمونه‌ها تقریبا مقاومت برشی زهکشی‌نشده یکسانی دارند. اگر آزمونه‌ها کاملا اشباع باشند، پوش شکست موهر[1]، برای تمام محدوده تنش‌های همه‌جانبه اعمالی، بصورت یک خط صاف افقی است.

۱-۵ اگر آزمونه‌ها بطور جزئی اشباع شده باشند یا آزمونه‌ها فشرده شده باشند، در جایی که درجه اشباع شدگی ۱۰۰درصد نیست، تحکیم می‌تواند در هنگامی که فشار همه‌جانبه رخ می‌دهد و در مدت زمان برش، حتی وقتی که زهکشی مجاز نیست، اتفاق افتد. بنابراین اگر چندین آزمونه از یک ماده یکسان که بطور جزئی اشباع شده‌اند،

1- Mohr

در تنش‌های همه‌جانبه مختلف، آزمون شوند، مقاومت برشی زهکشی نشده متفاوتی خواهند داشت. بنابراین، پوش گسیختگی موهر، برای آزمون‌های سه‌محوری زهکشی‌نشده تحکیم نیافته بر روی خاک‌هایی که اشباع-شدگی جزئی دارند، معمولا بصورت منحنی است.

۱-۶ مقاومت سه‌محوری زهکشی‌نشده تحکیم نیافته برای موقعیت‌هایی کاربرد دارد که فرض می‌شود، بارگذاری سریع رخ دهد و زمان کافی برای پراکنده سازی فشار آب منفذی القایی و تحکیم در مدت زمان دوره بارگذاری (که زهکشی اتفاق نمی‌افتد)، وجود نداشته باشد.

۱-۷ مقاومت‌های فشاری تعیین شده با استفاده از این روش، ممکن است در مواردی که شرایط بارگذاری در کارگاه، بطور قابل توجهی با شرایط بارگذاری در این استاندارد، متفاوت است، به‌کار نروند.

یادآوری – علی‌رغم اینکه این استاندارد، شامل بیان دقت و اریبی نمی‌شود، دقت این روش آزمون استاندارد، به شایستگی و صلاحیت عملکرد پرسنل و تناسب تجهیزات و تسهیلات استفاده شده، بستگی دارد. شرکت‌هایی که مطابق با معیارهای استاندارد بند ۲-۹ عمل می‌کنند، عموما قابلیت فنی و عملی آزمون، آزمونه‌گیری، بازرسی و بازبینی را بررسی و ملاحظه می‌کنند. کاربران این روش آزمون متوجه هستند که مطلوبیت این استاندارد بند ۲-۹ به تنهایی ضامن اعتبار آزمون نیست. آزمون معتبر به چندین عامل بستگی دارد؛ استاندارد بند ۲-۹ ارزیابی متوسطی از برخی از این عامل‌ها را فراهم کرده است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن ها ارجاع داده شده است . بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می شود .

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 آن ها ارجاع داده شده است ، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه های 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 653, Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
2-3 ASTM D 854, Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
2-4 ASTM D 1587, Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes
2-5 ASTM D 2166, Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil
2-6 ASTM D 2216, Test Methods for Laboratory Determination of (Water Moisture) Content of Soil and Rock by Mass
2-7 ASTM D2487, Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
2-8 ASTM D 2488, Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
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 4220, Practices for Preserving and Transporting Soil Samples
2-11 ASTM D 4318, Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
2-12 ASTM D 4753, Guide for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Standard Masses for Use in Soil, Rock, and Construction Materials Testing
2-13 ASTM D 4767, Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils
2-14 ASTM D 6026, Practice for Using Significant Digits in Geotechnical Data

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد، علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد بند ۲-۲، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۱-۳

گسیختگی

شرایط تنش در لحظه گسیختگی برای یک آزمونه گسیخته‌شده، معمولا مطابق با بیشترین اختلاف تنش اصلی (تنش انحرافی)، یا اختلاف تنش اصلی (تنش انحرافی) در۱۵درصد از کرنش محوری بدست می‌آید که هرکدام از این‌ها، نخست در مدت زمان عملکرد یک آزمون، بدست می‌آیند.

۲-۳

مقاومت فشاری زهکشی نشده تحکیم‌نیافته

مقدار اختلاف تنش اصلی (تنش انحرافی) در لحظه گسیختگی.

۴ وسایل

۴-۱ دستگاه بارگذاری محوری

دستگاه بارگذاری محوری باید حلقه بار[1] را توسط یک موتور الکتریکی از طریق انتقال یک چرخ‌دنده (یک دستگاه بارگذاری هیدرولیکی) یا هر دستگاه فشاری دیگری با ظرفیت کافی، هدایت و کنترل کند تا نرخ بارگذاری تعیین شده در بند ۶-۵، فراهم شود. نرخ پیشرفت دستگاه بارگذاری، نباید بیش از ۵± درصد با مقادیر انتخابی، مغایرت داشته باشد. لرزش‌هایی که در هنگام کار دستگاه بارگذاری بوجود می‌آیند، باید به اندازه کافی کم باشند تا از تغییرات ابعادی آزمونه، جلوگیری شود.

یادآوری - اگر در هنگامی که دستگاه با سرعت تعیین شده برای آزمون، کار می‌کند، امواج قابل مشاهده‌ای در لیوان آبی که بر روی صفحه بارگذاری قرار دارد، وجود نداشته باشد، شاید بتوان گفت که لرزش‌ها به اندازه‌کافی، کم هستند.

1- Load ring

۴-۲ دستگاه اندازه‌گیری بار محوری، یک دستگاه اندازه‌گیری بار محوری باید یک حلقه بار، سلول بار الکترونیکی، سلول بار هیدرولیکی، یا هر دستگاه اندازه‌گیری بار دیگری که قابلیت اندازه‌گیری بار محوری تا درستی ۱درصد بار محوری در لحظه گسیختگی را داشته باشد و ممکن است که بخشی از دستگاه بارگذاری محوری باشد.

۴-۳ محفظه فشاری سه‌محوری، محفظه سه‌محوری باید متشکل از یک صفحه بالایی و یک صفحه تحتانی است که توسط یک سیلندر از هم جدا شده‌اند. سیلندر باید از موادی ساخته شود که قابلیت پایداری در برابر فشار بکار برده شده را داشته باشد. بهتر است که از مواد شفاف استفاده شود و یا از سیلندری با بخش‌های قابل رویت استفاده شود تا بتوان رفتار آزمونه را مشاهده کرد. صفحه بالایی باید یک دریچه داشته باشد که هوای پر شده بتواند با اعمال نیرو از آن خارج شود. صفحه تحتانی باید یک دهانه داشته باشد تا از طریق آن، فشار مایع به محفظه، فراهم شود.

۴-۴ پیستون بار محوری، پیستون از بالای محفظه عبور می‌کند و درزگیر آن، باید طوری طراحی شود که لرزش بار محوری در نتیجه اصطکاک، از ۰٫۱درصد بار محوری در لحظه گسیختگی که در بند ۷-۲، اندازه‌گیری شده‌است، تجاوز نکند. بنابراین خم‌شدگی جانبی جزئی در پیستون در مدت زمان بارگذاری وجود دارد.

یادآوری۱- استفاده از دو عایق ساچمه‌ای خطی برای هدایت پیستون توصیه شده‌است تا اصطکاک را به حداقل برساند و امتداد را حفظ کند.

یادآوری۲- در بیشتر آزمایشگاه‌ها برای کاهش خم‌شدگی جانبی، از پیستونی با حداقل قطری برابر با یک ششم قطر آزمونه، استفاده می‌شود.

۴-۵ دستگاه کنترل فشار، دستگاه کنترل فشار محفظه‌ای باید توانایی اعمال و کنترل فشار محفظه‌ای را درون ۲±کیلوپاسکال برای فشارهای کمتر از ۲۰۰کیلوپاسکال و درون ۱± درصد برای فشارهای بیشتر از ۲۰۰کیلوپاسکال داشته باشد. دستگاه می‌تواند از یک مخزن متصل به محفظه سه محوری باشد که بطور جزئی با سیال محفظه (معمولا آب) پر می‌شود، بالاترین بخش مخزن، به یک منبع گاز فشرده شده، متصل می‌شود، فشار گاز توسط یک تنظیم‌کننده فشار کنترل می‌شود و با یک فشارسنج، اندازه‌گیری می‌شود، مبدل فشار الکترونیکی، یا هر دستگاه دیگری با قابلیت اندازه‌گیری تا دامنه تغییرات تعیین شده، تشکیل شده است. اگرچه می‌توان از یک سیستم هیدرولیکی که فشار درون آن توسط عملکرد بار ساکن روی پیستون، کنترل می‌شود یا هرگونه دستگاه اندازه‌گیری و حفظ فشار با قابلیت اعمال و کنترل فشار محفظه‌ای تا دامنه تغییرات تعیین شده در این بند، استفاده کرد.

۴-۶ کف و درپوش آزمونه، برای جلوگیری از زهکشی آزمونه باید از یک کف و در پوش محکم غیرقابل نفوذ، استفاده کرد. که باید از مواد نفوذناپذیر غیرخورنده ساخته شده باشند و هرکدام از آن‌ها باید دارای یک صفحه

مدور در سطح تماس با آزمونه و یک سطح مقطع مدور، باشند. وزن درپوش آزمونه باید تنش محوری کمتر از ۱کیلونیوتن بر مترمربع را بر روی آزمونه ایجاد کند. قطر درپوش و کف، باید مساوی با قطر اولیه آزمونه باشد. کف آزمونه باید به محفظه فشاری سه‌محوری، متصل باشد تا از واژگون شدن و حرکت جانبی، جلوگیری شود. و درپوش آزمونه باید طوری طراحی شود که گریز از مرکز پیستون در تماس با درپوش نسبت به محور عمودی آزمونه از ۱٫۳میلی‌متر، تجاوز نکند. انتهای پیستون و ناحیه سطح تماس درپوش آزمونه، باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که واژگونی درپوش آزمونه در مدت زمان انجام آزمون به حداقل برسد. سطح استوانه‌ای درپوش و کف آزمونه که در تماس با غشاء، ایجاد یک درزگیر (آب‌بند) می‌کنند، باید صاف و و عاری از خراشیدگی باشند.

۴-۷ شاخص تغییر شکل، تغییر شکل عمودی آزمونه باید با دقت حداقل ۰٫۰۳درصد از ارتفاع آزمونه، اندازه-گیری شود. شاخص آزمونه باید دارای محدوده حداقل ۲۰درصد از ارتفاع آزمونه داشته باشد و می‌تواند یک شاخص مدرج، (مبدل دیفرانسیلی متغیر خطی)[1] ، کشش‌سنج (انبساط‌سنج) یا دستگاه‌های اندازه‌گیری دیگری که ارائه کننده ملزومات دقت و حدود باشند.

۴-۸ غشاء لاستیکی، غشاء لاستیکی که برای پوشاندن آزمونه استفاده می‌شود، باید محافظت قابل اطمینانی در برابر نشت را به وجود آورد. غشاءها را باید قبل از استفاده به دقت بررسی کرد تا اگر شواهدی از درز یا سوراخ کوچکی وجود داشته باشد، باید لایه را بیرون انداخت. برای ارائه کمترین محدودیت برای آزمونه، قطر غشاء بدون کش‌آمدگی، باید بین ۹۰درصد تا ۹۵درصد از قطر بدون کش‌آمدگی آزمونه باشد. ضخامت غشاء نباید از ۱درصد قطر آزمونه تجاوز کند. آب‌بندی غشاء نسبت به درپوش و کف آزمونه، باید با حلقه‌های آب‌بندی لاستیکی انجام شود برای مواردی که قطر داخلی، ۷۵درصد و ۸۵درصد ار قطر درپوش یا کف است یا توسط هر روش دیگری که ایجاد آب‌بندی موثر است، انجام شود. یک معادله برای تصحیح کردن اختلاف تنش اصلی (تنش انحرافی) برای تاثیر صلبیت غشاء، در بند ۷ - ۷، آمده است.

۴-۹ بیرون‌آور آزمونه، بیرون‌آورنده آزمونه باید قابلیت خارج کردن مغزه خاک از درون لوله‌آزمونه‌برداری در جهت مسیری که آزمونه به داخل وارد شده است را با کمترین دست‌خوردگی آزمونه، داشته باشد. اگر مغزه خاک، بطور عمودی خارج نمی‌شود باید از تاثیر تنش‌های خمشی بر آزمونه در نتیجه گرانش، جلوگیری شود. شرایط زمان برداشت آزمونه، ممکن است جهت برداشت را تحمیل کند اما اهمیت اصلی این است که دست-خوردگی آزمونه در کمترین درجه، حفظ شود.

۴-۱۰ دستگاه‌های تعیین اندازه آزمونه، دستگاه‌هایی که برای اندازه‌گیری ارتفاع و قطر آزمونه‌ها استفاده می-شوند باید قابلیت اندازه‌گیری مطلوب ابعاد آزمونه را درون ۰٫۱درصد از طول واقعی را داشته باشند و باید طوری ساخته شوند که استفاده از آن‌ها باعث بهم‌ریختگی آزمونه نشود.

1-linear variable differential transformer (LVDT)

یادآوری – استفاده از نوارهای اندازه‌گیری پیرامونی بیشتر از کولیس برای اندازه‌گیری ابعاد آزمونه، توصیه شده‌اند.

۴-۱۱ زمان سنج، یک ابزار زمان‌گیری که زمان سپری شده از انجام آزمون را با تقریب ۱ثانیه، نشان می‌دهد باید برای تعیین سرعت کرنش کاربردی که در بند ۶- ۵، تعیین شده است، استفاده شود.

۴-۱۲ ترازوها، یک ترازو یا یک مقیاس، مطابق با استاندارد بند ۲-۱۳ با قابلیت قرائت تا ۰٫۱درصد از وزن آزمونه یا دقیق‌تر از آن.

۴-۱۳ ابزار متفرقه، ابزار برش و قطع زائده‌های آزمونه، شامل یک اره سیمی، خط‌کش فولادی، ماشین تراش عمودی، ابزاری برای آماده‌سازی آزمونه‌های متراکم شده، ابزار قالب‌گیری دوباره، قوطی‌های محتوی آب، و فرم-های اطلاعاتی را باید فراهم کرد.

۵ آزمونه‌ها

۵-۱ اندازه آزمونه، آزمونه‌ها باید به صورت استوانه‌ای و با حداقل قطر ۳٫۳سانتی‌متر باشند. نسبت ارتفاع به قطر باید بین ۲ و ۲٫۵ باشد. اندازه بزرگترین ذره باید کوچکتر از یک ششم قطر آزمونه باشد. اگر بعد از اتمام آزمون، مشخص شود که بر اساس مشاهدات چشمی، ذراتی با اندازه بیش از حد وجود دارند، این اطلاعات را در گزارش آزمون، ارائه دهید (بند ۸- ۲ - ۱۲ را ببینید).

یادآوری – اگر بعد از انجام آزمون، ذراتی با اندازه بزرگتر در آزمونه پیدا شدند، می‌توان یک آنالیز دانه‌بندی مطابق با استاندارد بند ۲-۱۱ انجام داد تا مشاهدات تصویری را تایید کند و نتایج همراه با گزارش آزمون ارائه شوند (بند ۸ - ۲ - ۴ را ببینید).

۵-۲ آزمونه‌های دست‌نخورده، آزمونه‌های دست‌نخورده‌ای را از آزمونه‌های دست‌نخورده بزرگ یا از آزمونه‌هایی که مطابق با استاندارد بند ۲-۴، تهیه شده‌اند و یا دیگر روش‌های آزمونه‌برداری لوله‌ای دست‌نخورده قابل قبول دیگر، آماده‌سازی کنید. حفظ و انتقال آزمونه‌ها باید مطابق با استاندارد برای گروه C در بند ۲-۱، انجام شود. آزمونه‌های بدست آمده از لوله آزمونه‌گیری را می‌توان بدون برش دادن زوائد، آزمون کرد مگر سطوح تحتانی که نسبت به محور طولی آزمونه، افقی یا عمودند، که ویژگی‌های خاک فراهم شده، طوری است که هیچ بهم‌ریختگی مهمی در آزمونه را بوجود نمی‌آورد. برای به حداقل رساندن آشفتگی، تغییرات برش عرضی و تغییرات محتوای آب، آزمونه‌ها را با دقت توسط دست، انتقال دهید. برای جلوگیری از فشردگی یا هر گونه آشفتگی قابل توجه در نتیجه ابزار خروجی، لوله آزمونه را از درازا، جدا کنید یا به بخش‌های مناسب برش دهید تا انتقال آزمونه با سهولت و با حداقل بهم‌ریختگی انجام شود. آزمونه‌های برش خورده را در محیطی مانند اتاق رطوبت بالا و کنترل شده‌ای آماده کنید تا تغییر در محتوای آب خاک به حداقل برسد. در جایی‌که انتقال قلوه‌سنگ‌ها یا فروریختگی-

های ناشی از برش، باعث بوجود آمدن حفراتی بر روی سطح آزمونه شوند، حفرات را با خاک‌های بدست‌آمده از برش، بادقت پر کنید. هنگامی که شرایط آزمونه‌ها اجازه می‌دهد، می‌توان برای کم کردن قطر آزمونه تا اندازه مورد نیاز، از ماشین تراش برش‌دهنده عمودی، استفاده کرد. هنگامی که قطر مورد نیاز بدست آمد، آزمونه‌ها را در یک جعبه فارسی قرار دهید و با اره سیمی یا هر وسیله مناسب دیگری، آن‌ها را تا ارتفاع نهایی، برش بزنید. سطوح را با خط‌کش فولادی، صاف کنید. ارزیابی محتوای آب مواد جداشده از آزمونه را مطابق با استاندارد بند ۲-۶، یک یا تعداد بیشتر، انجام دهید. وزن و ابعاد آزمونه را با استفاده از ابزاری که در بندهای ۴-۱۰ و بندهای ۴-۹، توصیف شده است، تعیین کنید. برای تعیین میانگین ارتفاع و قطر آزمونه، حداقل سه اندازه‌گیری ارتفاع (۱۲۰درجه‌ای) و حداقل سه اندازه‌گیری قطر در نقاط یک چهارم از ارتفاع، را انجام دهید.

۵-۳ آزمونه‌های متراکم‌شده، خاک مورد نیاز برای آزمونه‌های متراکم باید بطور کامل با آب کافی، مخلوط شود تا محتوای آب مطلوبی را ایجاد کند. اگر آب به خاک اضافه می‌شود، مواد را حداقل ۱۶ساعت قبل از تراکم، در ظرف پوشش‌دار نگه‌دارید. آزمونه‌های متراکم را می‌توان با استفاده از مواد متراکم‌کننده در حداقل ۶ لایه با استفاده از قالب شکاف‌دار با مقطع عرضی دایره‌ای که ابعادی مطابق بند ۵-۱، دارد، آماده‌سازی کرد. آزمونه‌ها را می‌توان به طرق زیر تا چگالی مطلوب، متراکم کرد:

الف- هر لایه را فشرده کنید یا محکم بکوبید تا زمانی که وزن جمع‌شونده خاکی که در قالب قرار گرفته است، تا حجم مشخصی برسد؛ یا

ب- با استفاده از تطبیق دادن تعداد لایه‌ها، تعداد کوبش و نیروی هر کوبش، آزمونه را متراکم کنید. سطح هر لایه را باید قبل از اضافه کردن مواد برای لایه بعدی، تمیز کنید. قطر کوبه‌ای که برای متراکم کردن مواد استفاده می‌شود باید مساوی یا کمتر از نصف قطر آزمونه باشد. بعد از اینکه آزمونه درست شد، بصورت عمود با محور طولی، قالب را بردارید و وزن و ابعاد آزمونه را با استفاده از ابزاری که در بندهای ۴-۱۱ و ۴-۹، توصیف شده‌اند، تعیین کنید. ارزیابی محتوای آب مواد اضافی استفاده شده برای آماده‌سازی آزمونه را مطابق با استاندارد بند ۲-۶ یک یا تعداد بیشتر، انجام دهید.

یادآوری – کاهش وزن واحد آزمونه بعد از جداشدن از قالب نسبت به مقدار آن بر اساس حجم قالب، طبیعی است که بر اثر تورم آزمونه بعد از حذف محدودیت جانبی قالب، اتفاق می‌افتد.

۶ روش انجام آزمون

۶-۱ غشاء را بر روی منبسط کننده غشاء قرار دهید یا اگر بر روی آزمونه پیچانده شده است، غشاء را بر درپوش یا کف، قرار دهید. غشاء لاستیکی را در اطراف آزمونه قرار دهید و آن را در درپوش و کف، با واشرهای حلقوی یا

دیگر مواد مناسب، در هر دو طرف، درزگیری کنید. استفاده از یک پوشش گریس سیلیکونی بر روی سطوح عمودی درپوش یا کف، به درزبندی غشاء کمک می‌کند.

۶-۲ با آزمونه قرار گرفته در غشاء لاستیکی که نسبت به درپوش و کف آزمونه، درزگیری شده و در محفظه قرار گرفته است، محفظه سه محوری را مونتاژ کنید. پیستون بار محوری را چندین بار در تماس با درپوش آزمونه قرار دهید تا تعیین محل نشستن و هم‌ترازی ترجیحی پیستون با درپوش، مجاز شود. هنگامی که پیستون برای آخرین بار در تماس با درپوش قرار داده می‌شود، قرائت روی شاخص تغییر شکل را تا سه رقم معنی‌دار، ثبت کنید. در مدت زمان این روش، مراقب باشید که هیچ تنش محوری که متجاوز از تقریبا ۰٫۵درصد مقاومت فشاری برآورد شده باشد، بر روی آزمونه به‌کار نرود. اگر وزن آزمونه برای بکار بردن تنش محوری که متجاوز از تقریبا ۰٫۵درصد مقاومت فشاری برآورد شده باشد، کفایت می‌کند، پیستون را در جای خود در بالای آزمونه، بعد از بررسی محل نشستن و هم‌ترازی، قفل کنید و تا زمان کاربرد فشار محفظه، قفل شده نگه دارید.

۶ - ۳ محفظه را در دستگاه بارگذاری محوری، در محل مناسب قرار دهید. مراقب باشید که دستگاه بارگذاری محوری، دستگاه اندازه‌گیری بار محوری و محفظه سه محوری، تنظیم باشند (در یک امتداد باشند) تا از عملکرد یک نیروی جانبی بر روی پیستون در مدت زمان انجام آزمون، جلوگیری شود. دستگاه اندازه‌گیری و حفظ فشار را متصل کنید و محفظه را با یک مایع محدود کننده، پر کنید. دستگاه اندازه‌گیری و حفظ فشار را تا فشار محفظه مطلوب، تنظیم کنید و فشار را بر مایع محفظه اعمال کنید. در حدود ۱۰دقیقه بعد از اعمال فشار محفظه منتظر بمانید تا آزمونه تحت فشار محفظه، قبل از اعمال بار محوری تثبیت شود.

یادآوری۱- در برخی از موارد، قبل از قرار دادن محفظه درون دستگاه بارگذاری محوری، محفظه پر خواهد شد و فشار محفظه بکار می‌رود.

یادآوری۲- قبل از اعمال فشار محفظه، مطمئن شوید که پیستون قفل شده است یا با دستگاه بارگذاری محوری، در محل خود نگه‌داشته شده است.

یادآوری۳- ممکن است لازم باشد که زمان انتظار را برای خاک‌های نرم یا خاک‌هایی که بطور جزئی اشباع شده‌اند، افزایش دهید.

۶-۴ اگر دستگاه اندازه‌گیری بار محوری در بیرون از محفظه سه‌محوری قرار گرفته باشد، فشار محفظه، یک نیروی رو به بالا را بر روی پیستون ایجاد می‌کند که برعکس دستگاه بارگذاری محوری عمل می‌کند. در این مورد، در لحظه شروع آزمون، پیستون را اندکی بالای درپوش آزمونه قرار دهید و قبل از اینکه پیستون در تماس با درپوش آزمونه قرار گیرد:

الف- اصطکاک اولیه پیستون را تا سه رقم معنی‌دار، اندازه‌گیری و ثبت کنید و فشار پیستون تولید شده توسط فشار محفظه را به سمت بالا ببرید و نهایتا بار محوری اندازه‌گیری شده را تصحیح کنید؛

ب- یا اینکه دستگاه اندازه‌گیری بار محوری را تنظیم کنید تا برای اصطکاک و بار جانبی، خنثی شود. اگر دستگاه اندازه‌گیری بار محوری، درون محفظه قرار گرفته باشد، نیازی به تصحیح یا خنثی کردن آن برای نیروی رو به بالا عمل کننده بر روی دستگاه بارگذاری محوری یا برای اصطکاک پیستون نیست. در هر دو مورد، قرائت اولیه بر روی شاخص تغییر شکل در هنگامی که پیستون با درپوش آزمونه برخورد دارد را ثبت کنید.

۶-۵ بار محوری را اعمال کنید تا کرنش محوری در نرخ تقریبا ۱درصد بر دقیقه برای مواد خمیری و ۰٫۳درصد بر دقیقه برای مواد شکننده بوجود آید که تنش انحرافی بیشینه تقریبا در کرنش (۳ تا ۶) درصدی به دست آید. در این نرخ‌ها، زمان سپری شده تا رسیدن به تنش انحرافی بیشینه، تقریبا (۱۵ تا۲۰) دقیقه است. بارگذاری را تا ۱۵درصد کرنش محوری ادامه دهید، در غیر اینصورت بارگذاری می‌تواند در هنگامی که تنش انحرافی افزایش می‌یابد و سپس ۲۰درصد افت می‌کند یا کرنش محوری به ۵درصد از کرنشی که بیشینه تنش انحرافی رخ داده است، متوقف می‌شود.

۶-۶ مقادیر بار و تغییر شکل را تا سه رقم معنی‌دار، در کرنش‌های حدود ۰٫۱درصد، ۰٫۲درصد، ۰٫۳درصد، ۰٫۴درصد و ۰٫۵درصد، ثبت کنید. سپس در افزایش‌های ۰٫۵درصد کرنش تا ۳درصد؛ و پس از آن، در هر ۱درصد کرنش، مقادیر را ثبت کنید. قرائت‌های کافی را برای تعریف منحنی تنش - کرنش، انجام دهید، بنابراین، ممکن است به قرائت‌های بیشتری در هر مرحله از آزمون و همان‌طوری که به گسیختگی نزدیک می‌شود، نیاز باشد.

یادآوری - می‌توان از فواصل متناوب برای قرائت‌ها، استفاده کرد تا نقاط کافی برای تعریف منحنی تنش ـ کرنش، بدست آیند.

۶-۷ بعد از انجام آزمون، آزمونه‌ها را از درون محفظه بردارید. محتوای آب آزمونه را مطابق با استاندارد بند ۲-۶، با استفاده از همه آزمونه‌ها، اگر ممکن است، تعیین کنید.

۶-۸ قبل از اینکه آزمونه (یا بخشی از آن) را برای خشک شدن در گرم‌خانه قرار دهید، تصویری از آن را ترسیم کنید یا از آن عکسی بگیرید که نشان‌دهنده روش گسیختگی باشد (صفحه برش، تورم و غیره).

۷ روش محاسبه

۷-۱ اندازه‌گیری‌ها و محاسبات باید شامل سه رقم معنی‌دار باشند.

۷-۲ کرنش محوری، □ (به صورت اعشاری بیان می‌شود)، را برای بار محوری اعمالی، از معادله (۱) محاسبه کنید:

$$\varepsilon = \Delta H/H_o \qquad (۱)$$

که در آن:

ΔH تغییر در ارتفاع آزمونه که از شاخص تغییر شکل، خوانده می‌شود؛

H_0 ارتفاع اولیه آزمونه آزمونی منهای هرنوع تغییری در طول قبل از بارگذاری.

۳-۷ میانگین مساحت برش عرضی، A، را برای بار محوری اعمالی، از معادله (۲) محاسبه کنید:

$$A = A_o/(1 - \varepsilon) \quad (۲)$$

که در آن:

A_0 میانگین مساحت برش عرضی اولیه آزمونه است؛ و

□ کرنش محوری، برای بارمحوری انجام شده (به صورت اعشاری بیان می‌شود).

یادآوری - در مواقعی که اعمال فشار محفظه باعث تغییر در طول آزمونه شود، A_0، بهتر است تصحیح شود تا این تغییر را در حجم انعکاس دهد. عمدتا این فرض انجام می‌شود که کرنش‌های جانبی مساوی با کرنش‌های عمودی هستند. مقدار قطر بعد از تغییر حجم، از رابطه $D = D_0 (1-\Delta H/H)$ به دست می‌آید.

۴-۷ اختلاف تنش اصلی (تنش انحرافی)، □3 - □1 ، برای یک بار محوری اعمالی، را از معادله (۳) محاسبه کنید:

$$\sigma_1 - \sigma_3 = P/A \quad (۳)$$

که در آن:

P بار محوری اعمالی اندازه‌گیری شده (تصحیح شده برای بالابری و اصطکاک پیستون، اگر لازم باشد بند ۶-۴ را ببینید)؛

A معادل مساحت برش عرضی میانگین.

۵-۷ منحنی تنش – کرنش، نموداری که نشان‌دهنده ارتباط بین اختلاف تنش اصلی (تنش انحرافی) و کرنش اطلی است را آماده کنید. تنش انحرافی را بر محور عرضی و کرنش اصلی (به درصد) را بر محور طولی، ترسیم کنید. مقاومت فشاری و کرنش اصلی را مطابق با تعاریف بندهای ۳-۲ و ۳-۱، انتخاب کنید.

۷-۶ تصحیح برای غشاء لاستیکی، با فرض اینکه واحدها ثابت باشند، باید از معادله زیر برای تصحیح اختلاف تنش اصلی یا تنش انحرافی برای تاثیر غشاء لاستیکی اگر خطا در اختلاف تنش اصلی در نتیجه سخت شدگی غشاء، متجاوز از ۵درصد باشد، استفاده کرد:

$$\Delta(\sigma_1 - \sigma_3) = 4E_m t_m \varepsilon_1 / D \qquad (۴)$$

که در آن:

$\Delta(6_1 - 6_2)$ تصحیحی که باید از اختلاف تنش اصلی اندازه‌گیری شده، کم شود؛

D $= \sqrt{4A/\pi}$ = قطر آزمونه؛

E_m ضریب یانگ برای مواد غشاء؛

t_m ضخامت غشاء؛

ε_1 کرنش محوری.

۱-۶-۷ برای تعیین ضریب یانگ مواد غشاء، یک نوار پهن ۱۰میلی‌متری از غشاء را بر یک میله نازک آویزان کرده و میله دیگری را به ته نوار غشاء قرار دهید و نیرو بر واحد کرنش بدست آمده از کش‌آمدگی غشاء را اندازه-گیری کنید. مقدار ضریب را می‌توان از معادله (۵)، در صورتی که واحدها یکسان باشند، بدست آورد:

$$E_m = FL/A_m \Delta L \qquad (۵)$$

که در آن:

E_m ضریب یانگ مواد غشاء؛

F نیروی اعمالی برای کشش غشاء؛

A_m دو برابر ضخامت اولیه غشاء ضربدر عرض غشاء نواری؛

L طول غشاء قبل از کش‌آمدگی؛

ΔL تغییر در طول غشاء در نتیجه کشش؛

مقدار E_m برای غشاء لاستیکی $۱۴۰۰ Kn/m^۲$ است.

یادآوری- معمولا تاثیر سخت شدگی غشاء بر روی تنش جانبی را ناچیز فرض می‌کنند.

یادآوری- تصحیح برای غشاء لاستیکی بر اساس فرضیات ساده شده درباره رفتارشان در مدت زمان برش است. رفتار واقعی آن‌ها پیچیده است و توافقی بر تصحیحات کاملتر وجود ندارد.

۷-۷ تنش‌های اصلی نهایی بیشتر و کمتر را در گسیختگی، به صورت زیر محاسبه کنید:

□3 تنش اصلی نهایی کمتر برابر فشار محفظه؛ و

□1 تنش اصلی نهایی بیشتر برابر تنش انحرافی در گسیختگی به‌علاوه فشار محفظه.

۸-۷ درجه اشباع شدگی اولیه آزمونه را با استفاده از وزن و ابعاد اولیه، محاسبه کنید.

یادآوری - اگر برای محاسبه اشباع شدگی به وزن مخصوص نیاز باشد، آن را مطابق با استاندارد بند۲-۳، تعیین کنید. می‌توان از یک وزن مخصوص فرضی استفاده کرد اما باید در گزارش آزمون، یادآوری شود که از مقدار فرضی استفاده شده است.

۸ گزارش آزمون

گزارش آزمون حداقل باید شامل اطلاعات زیر باشد:

۸-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۸-۲ روش‌شناسی استفاده شده برای چگونگی ثبت داده‌ها بر روی ورقه‌ها یا فرم‌های اطلاعاتی، مطابق زیر آمده، در بند ۱-۳، ارائه شده‌اند.

۸-۳ اطلاعات کلی زیر (داده‌ها) را به عنوان حداقل، ثبت کنید:

۸-۳-۱ داده‌ها و توصیفات چشمی را شناسایی کنید (مطابق با استاندارد بند ۲-۷)، یا اگر اطلاعات آزمونه موجود است، (مطابق با استاندارد بند ۲-۸)، شامل طبقه‌بندی خاک، و اینکه آیا آزمونه، دست‌نخورده، متراکم شده است یا طور دیگری آماده سازی شده است را شناسایی کنید.

۸-۳-۲ اگر مقادیر حد خمیری و حد مایع تعیین شده‌اند، مطابق با استاندارد بند ۲-۱۱؛

۸-۳-۳ مقادیر وزن مخصوص خاک‌ها را اگر مطابق با استاندارد بند ۲-۳، تعیین شده‌اند، و یا اگر فرض شوند؛

۸-۳-۴ آنالیزهای اندازه دانه را اگر مطابق با استاندارد بند ۲-۱، تعیین شده‌اند.

۸-۳-۵ ارتفاع و قطر اولیه آزمونه.

۸-۳-۶ واحد وزن خشک اولیه آزمونه، نسبت فضای خالی، محتوای آب و اشباع. (تعیین کنید که محتوای آب از برش‌ها بدست آمده است یا از مواد اضافی یا از همه آزمونه).

۸-۳-۷ نرخ کرنش محوری، بر حسب درصد بر دقیقه.

۸-۳-۸ تنش محوری در گسیختگی، درصد.

۸-۳-۹ مقدار مقاومت فشاری و مقادیر تنش‌های اصلی بیشتر و کمتر در گسیختگی، (اشاره دارد به هنگامی که مقادیر برای اثرات غشاء، تصحیح شده‌اند).

۸-۲-۱۰ منحنی تنش- کرنش، مطابق بند ۷-۵.

۸-۲-۱۱ طرح یا عکس گسیختگی در آزمونه.

۸-۲-۱۲ علائم و نشانه‌های مربوط به هرگونه شرایط نامعمول مانند گسل، لایه‌بندی، پوسته‌ها، قلوه‌سنگ‌ها، ریشه‌ها و غیره. یا اطلاعات دیگری که برای تفسیر کامل نتایج بدست آمده لازم است مانند هر گونه انحراف از روش طراحی‌شده.

۹ دقت و اریبی

۹-۱ دقت، داده کافی برای بیان دقت وجود ندارد.

۹-۲ اریبی، داده کافی برای بیان اریبی وجود ندارد.