



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۶۶۳۲

چاپ اول

شهریور ۱۳۹۲

INSO

16632

1st.Edition

Sep.2013

خاک - نفوذ مخروط مکانیکی - روش
آزمون

Soil - Mechanical Cone Penetration - Test
Method

ICS:93.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادهای 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 استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

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

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
« خاک - نفوذ مخروط مکانیکی - روش آزمون »

رئیس:

آریز، افشین
(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک شناسی)

دبیر:

بهرمان، حمید رضا
(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک شناسی)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفباء)

آقامحمدی، حمید
(لیسانس مهندسی کشاورزی، گیاه پزشکی)

رئیس اداره زراعت و گیاه پزشکی شرکت
کشت و صنعت حکیم فارابی

اشراقی، شهناز
(لیسانس شیمی)

عضو هیأت مدیره شرکت آبی گستر

امانی، محسن
(لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

مدیر عامل شرکت آبی گستر

بیکدلی، پرینا
(لیسانس فیزیک، حالت جامد)

کارشناس

سراغی، امیر
(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

مدیر مطالعات کاربردی شرکت کشت و
صنعت دعبل خزاعی

شجاعی، محمدطلا
(فوق لیسانس زمین شناسی)

معاون فنی آزمایشگاه مکانیک خاک استان
خوزستان

صفیرزاده، سعید
(فوق لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک شناسی)

کارشناس گروه آب و خاک شرکت کشت و
صنعت حکیم فارابی

قنواتی، رضا
(لیسانس مهندسی عمران)

کارشناس فنی آزمایشگاه مکانیک خاک
استان خوزستان

سرپرست آزمایشگاه آب و خاک شرکت
کشت و صنعت حکیم فارابی

کریمی، رؤیا
(لیسانس مهندسی شیمی)

هیئت علمی دانشگاه شهید چمران

کریمی، رامین
(فوق لیسانس مهندسی زمین شناسی)

کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی استان
خوزستان

عبدالعلی، گیلانی
(دکترای کشاورزی، زراعت)

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

ملکانی‌نژاد، فرزاد
(لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

معاون تحقیقات شرکت کشت و صنعت
کارون

نیک‌فر، داریوش
(لیسانس مهندسی کشاورزی، خاک‌شناسی)

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

هاشمی، اصلا
(لیسانس مهندسی کشاورزی، زراعت)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
ز	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ اصطلاحات و تعاریف
۴	۴ وسایل
۷	۵ روش انجام آزمون
۱۰	۶ تکنیک‌های ویژه و احتیاط‌ها
۱۱	۷ گزارش آزمون
۱۳	۸ دقت و انحراف

پیش گفتار

استاندارد " خاک - نفوذ مخروط مکانیکی - روش آزمون " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد تهیه و تدوین شده است و در چهارصد و یکمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۱۳۹۱/۱۱/۲۸ 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 مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ASTM D 3441:2005, Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil

این استاندارد، داده‌هایی در زمینه مشخصات مهندسی انتخاب شده از خاک، برای کمک به طراحی و ساخت خاک‌ریز و زیر سازی ساختمان‌ها، را فراهم می‌کند.

این روش آزمون، خاک را در محل مورد آزمون قرار می‌دهد و از خاک نمونه‌برداری نمی‌کند. تفسیر نتایج حاصل از این روش آزمون نیازمند آگاهی از انواع خاک‌هایی است که تحت آزمون نفوذ قرار می‌گیرند.

مهندسين معمولاً اطلاعات مربوط به خاک را از روش‌های حفر چاهک‌های موازی و نمونه برداری خاک به‌دست می‌آورند، اما اطلاعات یا تجارب قبلی می‌تواند نیاز برای حفاری چاهک‌ها را محدود کند. آن‌ها معمولاً بین نتایج به‌دست آمده به‌وسیله این استاندارد با آزمون‌های آزمایشگاهی یا انواع دیگر آزمون‌های صحرایی یا نتایج عملی که مستقیماً به‌دست می‌آورند، همبستگی ایجاد می‌کنند. قابلیت کاربرد و اعتبار این قبیل همبستگی‌ها با نوع خاک مورد آزمون، متغیر است. علاوه بر این، مهندسين معمولاً از تجارب محلی برای قضاوت در مورد قابلیت کاربرد و اعتبار این قبیل همبستگی‌ها استفاده می‌کنند.

خاک - نفوذ مخروط مکانیکی - روش آزمون

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

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین اصطکاک جانبی^۱ و انتهایی^۲، مؤلفه‌های مقاوم به نفوذ یک میله نوک تیز در زمان نفوذ یکنواخت و آهسته به داخل خاک می‌باشد. این روش آزمون، با عنوان آزمون مخروط هلندی^۳ یا آزمون نفوذ مخروط^۴ نیز نامیده می‌شود و به طور مخفف، CPT نوشته می‌شود.

این استاندارد برای استفاده از نفوذسنج‌های مخروط مکانیکی و مخروط اصطکاکی کاربرد دارد. این استاندارد برای نفوذسنج‌های الکتریکی و الکترونیکی یا تفسیر اطلاعات آن‌ها کاربرد ندارد.

یادآوری ۱- استفاده از مخروط‌های الکترونیکی و الکتریکی مطابق با استاندارد ASTM D 5778 می‌باشد.

نفوذسنج‌های مکانیکی که در این روش آزمون شرح داده می‌شوند، با استفاده از یک نوک نفوذسنج تلسکوپی و به طور تجمعی به کار می‌روند، در نتیجه هیچ حرکتی از میله‌های فشاری در حین اندازه‌گیری اجزای مقاومت رخ نمی‌دهد. فشارهای طراحی شده برای نفوذسنج‌های مکانیکی مانع از جدا شدن کامل اجزای اصطکاک جانبی و انتهایی می‌شود.

یادآوری ۲- کیفیت نتایج حاصل از این استاندارد بستگی به انطباق اجرایی پرسنلی آن و تناسب وسایل و امکانات مورد استفاده دارد. نهادها (سازمان‌هایی)، که معیارهای استاندارد ASTM D 3740 را بر آورده سازند، عموماً به‌عنوان سازمان‌هایی با توانایی مهارت لازم در انجام آزمون مورد نظر / نمونه برداری / بازرسی / غیره مورد توجه قرار می‌گیرند. به کاربران این استاندارد هشدار داده می‌شود که انطباق استاندارد ASTM D 3740 به تنهایی نتایج قابل اعتماد را تضمین نمی‌کند. نتایج قابل اعتماد بستگی به عوامل بسیاری دارد، استاندارد ASTM D 3740 وسیله ارزیابی بعضی از این عوامل را فراهم می‌کند.

۲ مراجع الزامی

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

-
- 1- Side Friction
 - 2- End Bearing
 - 3- Dutch ConeTest
 - 4- Cone PenetrationTest

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

- 2-1 ASTM D 653, Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids
- 2-2 ASTM D 3740, Practice for Minimum Requirements for Agencies Engaged in the Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design and Construction
- 2-3 ASTM D 5778, Test Method for Performing Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soil
- 2-4 USBR D 7020, Performing Cone Penetration Testing of Soils Mechanical Method

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد ASTM D 653، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌روند:

۱-۳

مخروط

نوک مخروطی شکل نفوذسنج که مقاومت انتهایی روی آن توسعه یابد.

۲-۳

نفوذسنج مخروطی

وسیله‌ای به شکل یک میله استوانه‌ای با نوک مخروطی شکل بوده که برای نفوذ به خاک و سنگ‌های نرم طراحی شده است و برای اندازه‌گیری مؤلفه مقاومت به نفوذ انتهایی، به کار می‌رود.

۳-۳

مقاومت به نفوذ یا مقاومت انتهایی، q_c

مقاومت به نفوذ مخروط، معادل است با نیروی عمودی به کار رفته برای مخروط، تقسیم بر سطح افقی که در آن به کار می‌رود.

۴-۳

فرو فرستادن مخروط^۱

مجموعه کاملی از آزمون‌های نفوذ که در یک محل و با استفاده از یک نفوذسنج مخروطی انجام می‌شود.

۵-۳

نفوذسنج مخروطی - اصطکاکی

نفوذ سنج مخروطی با توانایی اندازه‌گیری مؤلفه اصطکاک جانبی موضعی مقاومت نفوذ است.

۶-۳

فرو فرستادن مخروط اصطکاکی

مجموعه کاملی از آزمون‌های نفوذ که در یک محل و با استفاده از یک نفوذسنج مخروطی اصطکاکی انجام می‌شود.

۷-۳

نسبت اصطکاک، R_f

نسبت مقاومت اصطکاکی به مقاومت مخروطی، f_s/q_c ، را می‌گویند و بر حسب درصد آن را بیان می‌کنند.

یادآوری- نسبت اصطکاکی برای نفوذسنج‌های مکانیکی با نسبت اصطکاکی اندازه‌گیری شده به وسیله نفوذسنج الکتریکی یا الکترونیکی قابل مقایسه نیست (به استاندارد ASTM D 5778 مراجعه کنید). کاربران باید کاربرد تجربی همبستگی‌هایی را، از قبیل آن‌هایی که نوع خاک را از روی R_f پیش بینی می‌کنند، برای تصحیح نفوذسنج گواهی کنند.

۸-۳

مقاومت اصطکاکی، f_s

مقاومت به نفوذی است که به وسیله غلاف اصطکاکی توسعه می‌یابد و معادل با نیروی عمودی به کار رفته به غلاف تقسیم بر سطح مقطع آن است. این مقاومت شامل مجموع اصطکاک و چسبندگی می‌شود.

۹-۳

غلاف اصطکاکی

یک بخش از نوک نفوذسنج است که مقاومت اصطکاکی جانبی روی آن توسعه یابد.

۱۰-۳

میله‌های داخلی

میله‌هایی که به منظور پیشرفت نوک نفوذسنج مکانیکی، به داخل میله‌های فشاری می‌لغزند.

۱۱-۳

نفوذ سنج مکانیکی

یک دستگاه نفوذسنج را می‌گویند که مجموعه‌ای از میله‌های داخلی را برای به کاراندازی نفوذسنج نوک تلسکوپی مورد استفاده قرار می‌دهد و برای انتقال مؤلفه‌های مقاومت نفوذ به سطح برای اندازه‌گیری به کار می‌رود.

۱۲-۳

نوک نفوذسنج

بخش انتهایی نفوذسنج که شامل اجزای فعال و حساس به مقاومت خاک، مخروط، می باشد و در مورد نفوذسنج مخروطی - اصطکاکی، غلاف اصطکاکی است.

۱۳-۳

میله های فشاری

لوله های با دیواره ضخیم یا سایر میله های مناسب که برای پیشرفت نوک نفوذسنج به عمق مورد نیاز برای آزمون به کار می روند، را می گویند.

۴ وسایل

۱-۴ کلیات

۱-۱-۴ مخروط، مخروط باید دارای زاویه نقطه ای^۱، $(50^{\circ} \pm 60^{\circ})$ و قطر قاعده (35.7 ± 0.4) mm، در یک سطح منطقه مورد نظر، 10 cm^2 باشد. شعاع نوک مخروط باید کمتر از ۳ mm باشد.

۲-۱-۴ غلاف اصطکاکی، غلاف اصطکاکی باید دارای قطر خارجی 0.10 mm تا 0.15 mm برابر با قطر قاعده مخروط باشد (به بند ۱-۱-۴ مراجعه کنید). هیچ قسمت از نوک نفوذسنج نباید خارج از قطر غلاف باشد. سطح منطقه تماس غلاف باید $150 \text{ cm}^2 \pm 2\%$ باشد.

۳-۱-۴ فولاد، غلاف اصطکاکی و مخروط باید از جنس فولاد، از نوع و با سختی مناسب، (برای ایجاد پوشش مقاوم) به دلیل احتمال ساییدگی به وسیله خاک، ساخته شده باشد. غلاف اصطکاکی باید دارای زبری^۲ $AA, \pm 50$ بوده و همین زبری نیز در زمان استفاده نگهداری شود.

۴-۱-۴ میله های فشاری، از جنس فولاد مناسب ساخته می شوند، این میله ها باید پایداری کافی را بدون ایجاد پیچش، فراهم کند. برای فرو فرستادن نوک نفوذسنج، به فشار کافی نیاز می باشد. میله های فشاری نباید دارای قطر خارجی بزرگ تر از قطر قاعده مخروط، برای طول حداقل 0.4 m بالای قاعده، یا در مورد نفوذسنج مخروطی - اصطکاکی، حداقل 0.3 m بالای قسمت بالایی غلاف اصطکاکی، باشد. هر میله فشاری باید دارای قطر داخلی ثابت یکسان باشند. این میله ها باید به یکدیگر پیچ شده یا در مقابل هم قرار گرفته و یک ردیف اتصالات صلب محکم با یک محور پیوسته و مستقیم، را تشکیل دهند.

1- Point Angle

2- Roughness

۴-۱-۵ میله‌های داخلی، نفوذسنج‌های مکانیکی نیاز به یک مجموعه‌ی جداگانه از میله‌های داخلی، از جنس آلیاژ فولادی یا سایر فلزات، در داخل میله‌های فشاری، دارند. میله‌های داخلی باید دارای قطر خارجی ثابت با یک زبری کمتر از $3/2 \mu\text{m AA}$ باشند. این میله‌ها باید دارای طول یکسان با میله‌های فشاری $0/1 \text{ mm} \pm$ و سطح مقطع کافی برای انتقال مقاومت، بدون ایجاد پیچش یا سایر خسارات باشند. فاصله بین میله‌های داخلی و میله‌های فشاری باید بین $1/0 \text{ mm}$ و $0/5 \text{ mm}$ باشد (به بند ۶-۸-۱ مراجعه شود).

۴-۱-۶ درستی اندازه‌گیری، از یک وسیله اندازه‌گیری فشار، برای به‌دست آوردن اندازه‌های فشار بین $5\% \pm$ اندازه‌های صحیح، استفاده کنید. وسایل اندازه‌گیری (به بند ۴-۲-۵ مراجعه کنید) توصیه می‌شود با برنامه زمان‌بندی منظم، از قبیل سالیانه یا بعد از تعداد مشخص آزمون تجمعی واسنجی شوند. مثال‌هایی از واسنجی آزمون مخروط مکانیکی را می‌توان در استاندارد USBR D 7020 پیدا نمود.

یادآوری - ممکن است در محیط‌های دریایی، برای اطمینان از درستی و کارکرد مناسب همه سیستم‌های دور از دسترس مورد استفاده، به وسایل ویژه و ترجیحاً تکمیلی، نیاز باشند.

۴-۲ نفوذسنج‌های مکانیکی

۴-۲-۱ مکانیزم لغزش مورد نیاز در نوک نفوذسنج مکانیکی، باید حرکت رو به پایین مخروط در میله‌های فشاری رابه اندازه حداقل $30/5 \text{ mm}$ ، امکان پذیر کند.

یادآوری - در شرایط ویژه‌ای از عمق و مقاومت‌های نوک نفوذسنج فشار الاستیکی میله‌های داخلی ممکن است از فشار رو به پایین (که ماشین فشار می‌تواند به میله‌های داخلی وارد کند)، در مقایسه با میله‌های فشاری، فراتر رود. در این مورد، نوک نفوذسنج پیشرفت نمی‌کند و قرائت‌های فشار به طور الاستیکی به طرف انتهای ماشین افزایش یافته و سپس موقعی که ماشین فشار با میله‌های فشاری تماس می‌یابد، به سرعت تغییر حالت می‌دهد.

۴-۲-۲ طراحی نوک نفوذسنج مکانیکی باید به شکلی باشد که مکانیزم لغزش در مقابل ورود خاک و تحت تأثیر قرار دادن اجزای مقاومت (به بند ۴-۲-۳ و یادآوری ۴ مراجعه کنید) محافظت شود.

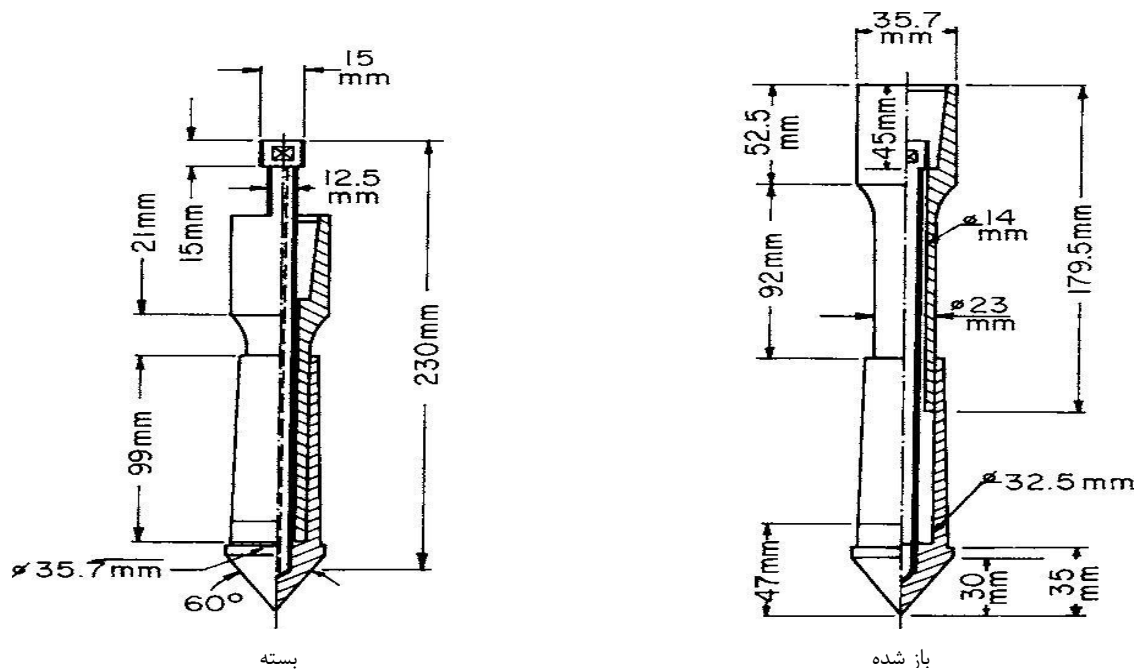
۴-۲-۳ نفوذسنج مخروطی

شکل ۱، طرح و نحوه کارکرد نوک یک دستگاه نفوذسنج مخروطی مکانیکی را نشان می‌دهد. یک غلاف با قطر کاهش یافته، برای به حداقل رساندن احتمال آلودگی خاک در مکانیزم لغزشی، در بالای مخروط متصل می‌شود.

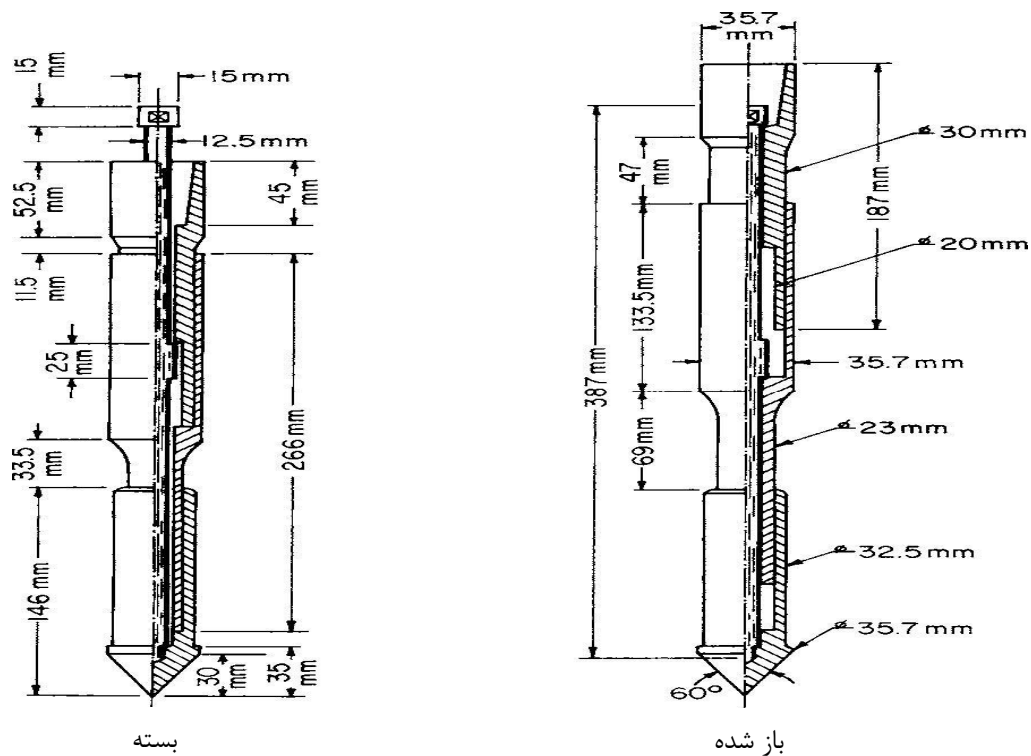
یادآوری - مقدار نامشخصی از اصطکاک جانبی ممکن است در امتداد این پوشش گسترش یافته و به مقاومت مخروط اضافه شود.

۴-۲-۴ نفوذسنج مخروطی اصطکاکی، شکل ۲، طرح و نحوه کارکرد نوک یک دستگاه نفوذسنج مخروطی اصطکاکی مکانیکی تلسکوپی را نشان می‌دهد.

قسمت پایین نوک، شامل پوششی است که به مخروط متصل می‌شود، در ابتدا تا لبه‌های کلاهی غلاف اصطکاکی و سپس به همراه این غلاف توسعه می‌یابد.



شکل ۱- مثالی از نفوذسنج مخروطی مکانیکی (نوع غلاف دار هلندی)



شکل ۲- مثالی از نفوذسنج مخروطی مکانیکی - (نوع مخروطی - اصطکاکی بگمان^۱)

یادآوری – شانه نفوذسنج در قسمت انتهای پایینی غلاف اصطکاکی با مقاومت نوک انتهای روبرو می‌شود. در خاک‌های شنی، به اندازه دوسوم مقاومت غلاف ممکن است شامل سطح اتکا این قسمت (شانه) شود. از این اثر در خاک‌های رسی تا متوسط چشم پوشی می‌شود.

۴-۲-۵ وسایل اندازه‌گیری، مقاومت به نفوذ را در سطح، با یک وسیله مناسب مانند سلول بار^۱ الکتریکی یا هیدرولیکی یا حلقه‌های ثابت^۲ اندازه‌گیری کنید.

۴-۳ دستگاه رانش^۳، این ماشین یک بار پیوسته، ترجیحاً روی یک فاصله بزرگ‌تر از طول یک لوله فشاری ایجاد می‌کند. این ماشین باید نوک نفوذسنج را، در حالی که اندازه فشار مورد نیاز نوسان می‌کند، (به بند ۵-۱-۲ مراجعه کنید)، به مقدار ثابتی به جلو براند.

یادآوری – معمولاً نفوذ عمقی میله‌های نفوذسنج، نیاز به یک ظرفیت فشاری حداقل ۵ تن دارد. بیشتر ماشین‌های امروزی از پیستون‌های هیدرولیکی با ظرفیت فشاری ۱۰ تن تا ۲۰ تن، استفاده می‌کنند.

۴-۴ تجهیزات واکنشی^۴، کارکرد مناسب دستگاه رانش ثابت، نیاز به واکنش پایدار و ثابت دارد.

یادآوری – نوع واکنش می‌تواند مقاومت (های) اندازه‌گیری شده توسط نفوذسنج، به ویژه در لایه‌های سطحی یا نزدیک سطح را تحت تأثیر قرار دهد.

۵ روش انجام آزمون

۵-۱ کلیات

۵-۱-۱ ماشین فشار را در یک جهت فشاری، تا حد امکان نزدیک به جهت عمودی، راه‌اندازی کنید.

۵-۱-۲ مقدار نفوذ، مقدار نفوذ عمقی را بین $25 \pm$ mm/s تا ۲۰ mm/s نگه‌داری کنید.

یادآوری – مقدار ۱۰ mm/s، مدت زمان مناسب برای کاربر جهت خواندن اندازه‌های مقاومت، در موقع استفاده از نفوذسنج مخروطی – اصطکاکی، می‌باشد. مقدار ۲۰ mm/s برای خواندن یک مقاومت، هنگام استفاده از نفوذسنج‌های مخروطی مکانیکی، مناسب است، طبق استاندارد اروپا مقدار ۲۰ mm/s را برای خواندن مقاومت، الزامی است.

۵-۲ نفوذسنج‌های مکانیکی

۵-۲-۱ نفوذسنج‌های مخروطی

۵-۲-۱-۱ نوک نفوذسنج را تا عمق آزمون مورد نیاز، با رانش کافی روی میله‌های فشاری، پیش برانید.

1- Load Cell
2- Proving Ring
3- Thrust Machine
4- Reaction Equipment

۵-۲-۱-۲ فشار کافی روی میله‌های داخلی برای رانش نوک نفوذسنج به کار ببرید (به شکل ۱ مراجعه کنید). مقاومت به نفوذ را در یک نقطه ویژه (به بند ۵-۲-۳ مراجعه شود) در حین حرکت رو به پایین میله‌های داخلی نسبت به میله‌های فشاری ثابت، بدست آورید. بند ۵-۲-۱-۱ را تکرار کنید. فشار کافی روی میله‌های فشاری را برای رانش نوک توسعه یافته آن و جلو بردن آن به عمق جدید آزمون، به کار ببرید. به وسیله تکرار مداوم این چرخه دو مرحله‌ای، اطلاعات مقاومت به نفوذ مخروط را در فواصل عمقی بدست آورید. این افزایش فاصله نباید به طور معمول از ۲۰۳ mm بیشتر شود.

۵-۲-۲ نفوذ سنج مخروطی-اصطکاکی

روش کار مطابق با بند ۵-۲-۱ می‌باشد، اما دو مقاومت را در طی انجام بند ۵-۲-۱-۲، گسترش نوک نفوذسنج بدست آورید (به شکل ۲ مراجعه کنید). ابتدا مقاومت مخروط را در طی فاز اولیه گسترش نفوذسنج بدست آورید. موقعی که بخش پایین نوک نفوذسنج درگیر شده و غلاف اصطکاکی به طرف پایین فشار داده شد، دومین اندازه‌گیری مقاومت کل مخروط به اضافه غلاف را بدست آورید. از اختلاف این دو اندازه‌گیری، مقاومت غلاف بدست می‌آید.

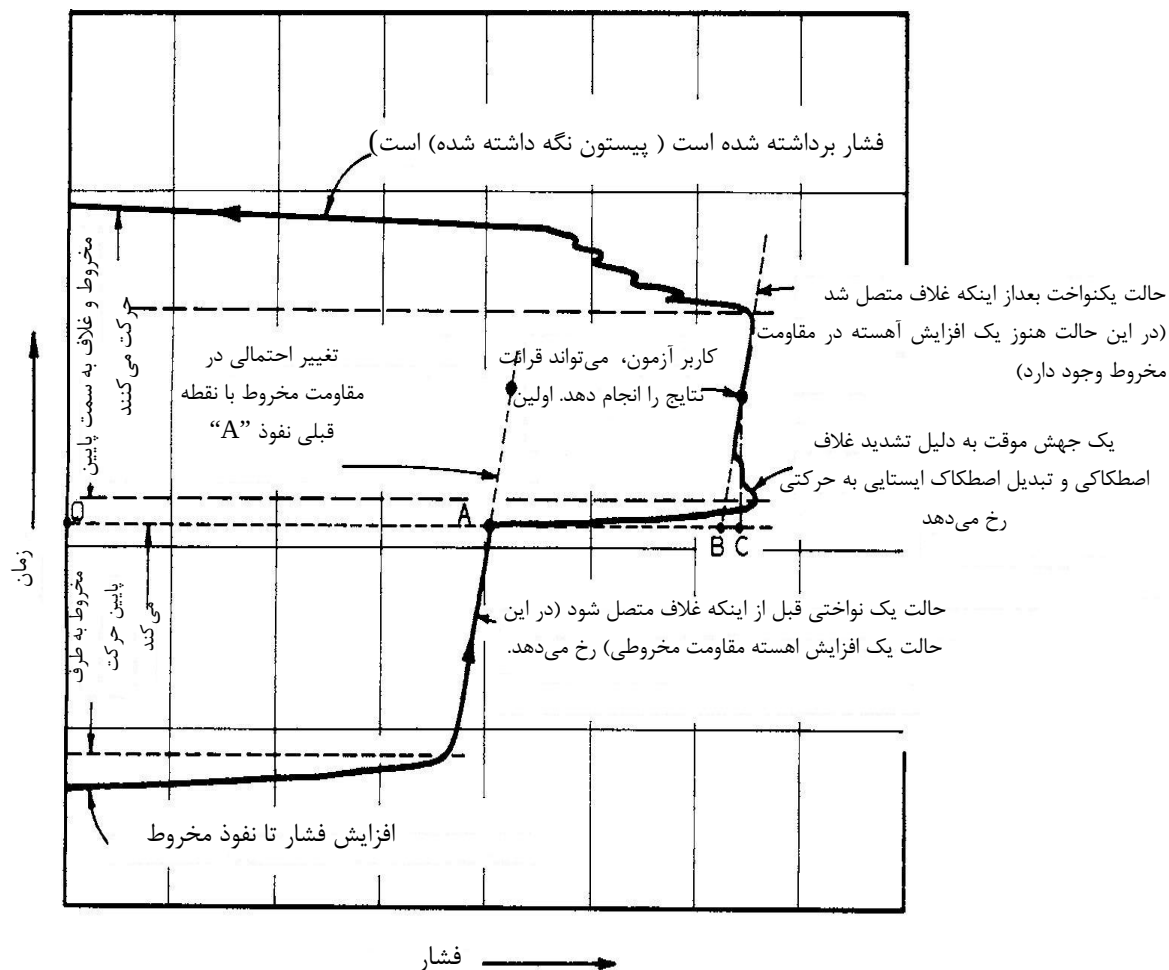
یادآوری ۱- به دلیل نوع لایه‌بندی خاک، ممکن است مقاومت مخروط در حین حرکت رو به پایین نوک، که برای اندازه‌گیری اصطکاک مورد نیاز است، تغییر کند.

یادآوری ۲- اصطکاک خاک در طول غلاف، بار بیش از ظرفیت را روی خاک بالای مخروط ایجاد می‌کند و ممکن است در حین مرحله اولیه گسترش نوک، مقاومت اندازه‌گیری شده مخروط، را به اندازه نامشخص ولی احتمالاً در مقدار کوچک افزایش دهد. در نتایج آزمون از این مقدار، چشم‌پوشی کنید.

۵-۲-۳ **ثبت داده،** برای به‌دست آوردن اطلاعات تجدید پذیر، آزمون مقاومت نفوذ مخروط یا نتایج آزمون مقاومت اصطکاکی و مخروط (موقعی از نوع مخروط - اصطکاکی استفاده می‌شود)، تنها آن قرائت‌های فشاری را که در یک نقطه کاملاً مشخص در موقع حرکت رو به پایین بخش بالایی میله‌های داخلی در ارتباط با بالای میله‌های فشاری رخ می‌دهد، را ثبت کنید.

به دلیل فشار الاستیکی میله‌های داخلی (به یادآوری مراجعه شود) این نقطه معمولاً نباید در کمتر از ۲۵ mm از حرکت نسبی ظاهری میله‌های داخلی، باشد. موقعی که از نفوذسنج مخروطی-اصطکاکی استفاده می‌شود، این نقطه باید قبل از اتصال مخروط به غلاف اصطکاکی باشد.

یادآوری-۳، یک مثال از این که چگونه فشار در سلول بار هیدرولیکی هنگام توسعه، نوک مخروطی-اصطکاکی را نشان می‌دهد. نوسان در فشارسنج را هنگام درگیر شدن با مخروط، غلاف، یادداشت کنید.



یادآوری-O-A، نماینده قرائت صحیح مقاومت مخروط، تنها قبل از تغییر ناگهانی فشار و در تلفیق با درگیر شدن غلاف اصطکاکی، در حین توسعه مداوم رو به پایین نوک، است. در صورتی که A-B، مقاومت اصطکاکی تصحیح شده است، غلاف اصطکاکی فوراً درگیر شود و مقاومت اصطکاکی به علاوه مقاومت مخروط فوراً قرائت شود. با این وجود، کاربر نمی تواند شاخص مدرج فشار سنج را تا زمانی که ثابت شود، برای مثال، در نقطه C، قرائت کند. به وسیله این مدت زمان انتظار اجباری^۱، یک خطای مقاومت اصطکاکی B-C، بروز می کند.

کاربر باید فشارسنج را در اولین فرصت ممکن بعد از بروز نوسان، برای به حداقل رساندن خطا، قرائت کند. تغییرات ناگهانی یا نامنظم در مقاومت مخروط ممکن است خطای غیر قابل قبولی را ایجاد کند.

شکل ۳- حاشیه نویسی نمودار تغییرات فشار در سلول بار هیدرولیکی که فشار روی بخش بالایی میله های داخلی در حین نفوذ فرضی نوک یک نفوذ سنج مخروطی - اصطکاکی مکانیکی را اندازه گیری می کند.

۵-۳-۱ بعد از نوسان، برای اینکه خطای شرح داده شده در شکل ۳ به حداقل برسد، مقاومت - اصطکاکی به علاوه مخروط را بخوانید. به جز مواردی که از روش ثبت پیوسته (به شکل ۳ مراجعه شود)، اگر کاربر به اینکه مقاومت مخروط به طور ناگهانی یا نا منظم تغییر می کند، مشکوک باشد، نباید مقاومت اصطکاکی و مخروطی را ثبت کند.

۶ تکنیک‌های ویژه و احتیاط‌ها

۱-۶ کاهش اصطکاک در طول میله‌های فشاری، هدف از کاهش اصطکاک، افزایش عمق نفوذسنج است و هیچ گونه کاهش اختلاف بین اجزای مقاومت که به وسیله نوک‌های مکانیکی تعیین می‌شوند، (به بند ۱-۳ مراجعه شود)، نیست. کاهش اصطکاک، به وسیله یک میله ویژه با قطر بزرگ شده یا طرح‌های ویژه‌ای به نام کاهنده اصطکاک، درون میله‌های فشاری یا بین میله‌های فشاری و نوک انجام می‌شود. روش مجاز دیگر برای کاهش اصطکاک استفاده از میله‌های فشاری با قطر کمتر از قطر نوک است. هرگونه طراحی یا تغییرات در قطر باید مطابق با بند ۴-۱-۴ باشد.

یادآوری- استفاده از تکنیک‌های غیرمکانیکی برای کاهش اصطکاک، مانند کاربرد گل حفاری در بالای نوک نفوذسنج نیز مجاز هستند.

۲-۶ پیش‌گیری از خم شدن میله در بالای سطح، از یک میله راهنمای لوله‌ای شکل در قاعده ماشین فشاری، با طول کافی برای محافظت از خم شدن میله‌های فشاری (بین ماشین و سطح زمین)، استفاده کنید.

یادآوری- در وضعیت‌های ویژه، مانند موقعی که آزمون در آب انجام می‌شود، برای محدود کردن احتمال پیچش میله‌های فشاری، به سیستم ویژه‌ای از پوشش محکم، نیاز است.

۳-۶ انحراف نوک، برای عمق نفوذ بیش از حدود ۱۲ m، احتمالاً نوک نفوذسنج از امتداد عمودی خارج می‌شود. گاهی حتی در عمق کم، نیز انحراف جدی رخ می‌دهد. با استفاده از میله‌های فشاری که در ابتدا صاف هستند، انحراف را کاهش دهید و از این که مخروط در ابتدا به داخل خاک با فشار جانبی اولیه، به طور ناخواسته درگیر نباشد، مطمئن شوید. از داخل یا کنار موانعی مانند سنگ، تراکم خاک، لایه‌های صخره‌ای نازک، یا لایه‌های چگال مورب، می‌توان نوک نفوذسنج را منحرف کرد و بر انحراف غلبه نمود. هرگونه مشاهده مبنی بر رویارویی با این قبیل موانع را یادداشت کنید و تا حد امکان برای جلوگیری احتمالی بعدی از عملکرد نامناسب نوک نفوذ سنج، به علایم هشداردهنده، توجه کنید.

۴-۶ سایش نوک، نفوذ به داخل خاک‌های فرساینده، موجب فرسایش شده یا نوک نفوذسنج را کنده و از بین می‌برد. نوک یا بخش‌های متعلق به آن، که شکل هندسی یا زبری آن‌ها در اثر فرسایش تغییر می‌کند، را تعویض کنید. خراش‌های کوچک مجاز هستند.

۵-۶ فاصله بین مخروط و غلاف اصطکاکی، مقاومت اصطکاکی غلاف، در بعضی فاصله‌ها در بالای خاک، در جایی که هم‌زمان مقاومت مخروط ایجاد می‌شود، به خاک اعمال می‌شود.

هنگام مقایسه این مقاومت‌ها برای خاک در عمق ویژه، برای مثال موقعی که نسبت‌های اصطکاکی محاسبه می‌شوند یا موقعی که داده‌ها روی منحنی رسم می‌شود، مقدار مناسبی از فاصله عمودی بین قاعده مخروط و ارتفاع میانه غلاف اصطکاکی در نظر بگیرید.

۶-۶ وقفه‌ها^۱، کاربر ممکن است در روند انجام یک آزمون نفوذ ایستا^۲، به دلایلی مانند انتقال نفوذسنج و حفاری در لایه‌ها یا برخورد با موانع بسیار سخت در مقابل نفوذ ثابت نفوذسنج با وقفه‌هایی روبرو شود. اگر نفوذسنج برای رانش پویا بدون ایجاد خسارت به روش اجرایی ثابت آن طراحی شده باشد (نفوذسنج‌هایی که در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده، برای این منظور طراحی نشده‌اند)، کاربر می‌تواند از این لایه‌ها یا موانع عبور کند. تأخیر بیش از ۱۰ دقیقه به دلیل مشکلات پرسنلی یا وسایل باید به‌عنوان وقفه مورد توجه قرار گیرد. ادامه آزمون نفوذ ایستا بعد از یک وقفه مجاز است، مشروط بر این‌که این آزمون اضافی با این روش آزمون مطابقت داشته باشد. داده‌های مربوط به جزء مقاومت بعدی را تنها پس از عبور نوک نفوذسنج از منطقه بهم خورده (منطقه تخمینی کاربر)، که در نتیجه ماهیت و عمق وقفه ایجاد شده، به‌دست آورید. به‌طور جایگزین، ممکن است بدون در نظر گرفتن خواندن اولین نفوذ نوک نفوذسنج، خواندن‌ها ادامه یابد و منطقه بهم خورده از روی این نتایج بررسی شود. بنابراین از اطلاعات درون منطقه بهم خورده چشم‌پوشی می‌شود.

۶-۷ حفره مجاور یا زیرین، فرو فرستادن نفوذسنج مخروطی یا مخروطی اصطکاکی نباید از ۲۵ برابر قطر چاله‌های بدون خاکریزی، بدون پوشش موجود، نزدیک‌تر باشد. موقعی که فرو فرستادن نفوذ سنج در قسمت کف یک سوراخ، محل مته، انجام می‌شود، کاربر توصیه می‌شود عمق زیر سوراخ، محل مته، منطقه بهم خورده را تخمین زده و از داده‌های آزمون نفوذ در این منطقه چشم پوشی کند. عمق ممکن است از یک تا ۵ برابر قطر سوراخ تغییر کند. جایی که کاربر تجربه کافی در زمینه این تغییرات ندارد، عمق توصیه می‌شود حداقل به اندازه ۳ برابر قطر سوراخ محل مته در نظر گرفته شود.

۸-۶ نفوذسنج‌های مکانیکی

۶-۸-۱ اصطکاک میله داخلی، ذرات خاک و خوردگی آن‌ها می‌تواند اصطکاک بین میله‌های داخلی و میله‌های فشاری را افزایش داده، احتمالاً منجر به خطاهای معنی‌دار در اندازه‌گیری اجزای مقاومت شود. میله‌های داخلی را همیشه تمیز و روغن‌کاری کنید.

۶-۸-۲ وزن میله‌های داخلی، برای بهبود درستی در مقادیر کوچک مقاومت مخروط، داده‌های فشاری، شامل وزن تجمعی میله‌های داخلی از نوک نفوذسنج تا بالاترین میله، را تصحیح کنید.

۶-۸-۳ گیر گردن، ذرات خاک بین سطوح لغزنده یا نوک نفوذسنج می‌تواند، کارکرد دستگاه را در بسیاری موارد، شامل توسعه یا رانش نوک مکانیکی تلسکوپي را با مشکل گیر کردن مواجه کنند. فرو کردن نفوذ سنج را به محض اینکه گیر کردن غیر قابل اصلاح رخ دهد، متوقف کنید.

۷ گزارش آزمون

۷-۱ گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

1- Interruptions
2- Static penetration test

۲-۷ **نمودار مقاومت مخروط، q_c** ، هر گزارش مربوط به فرو کردن نفوذسنج مخروطی، اصطکاکی یا مخروطی باید شامل نموداری از تغییرات (تنوع) مقاومت مخروطی (بر حسب تن بر فوت مکعب یا kPa) با عمق بر حسب متر باشد. اندازه‌های آزمون مقاومت مخروطی به‌طور متوالی از نفوذسنج‌های مخروط مکانیکی و مخروط اصطکاکی، معمولاً در فواصل معادل با عمق تعیین می‌شوند و در عمق متناظر با عمق اندازه‌گیری رسم می‌شوند، این اندازه‌ها ممکن است با خطوط راست، به عنوان یک تقریب برای یک نمودار پیوسته، برخورد داده شوند.

۳-۷ **نفوذسنج مخروط، اصطکاکی**

۱-۳-۷ **نمودار مقاومت اصطکاکی، f_s** ، علاوه بر نمودار مقاومت مخروط (به بند ۱-۷ مراجعه شود)، گزارش آزمون ممکن است شامل یک نمودار مجاور یا اضافه شده به مقاومت اصطکاکی یا نسبت اصطکاکی، یا هر دوی آن‌ها، نسبت به عمق باشد. مقیاس عمق مشابه را مطابق با آنچه در بند ۱-۷ توضیح داده شد، به کار ببرید. (به بند ۵-۶ مراجعه شود).

۲-۳-۷ **نمودار نسبت اصطکاکی، R_f** ، اگر گزارش آزمون شامل توصیف تخمینی خاک از داده‌های نفوذسنج مخروطی، اصطکاکی باشد، نمودار تغییرات نسبت اصطکاک با عمق را به آن اضافه کنید. این نمودار را مجاور نمودار مقاومت مخروط قرار داده، مقیاس عمقی مشابه را مورد استفاده قرار دهید (به بند ۵-۶ مراجعه کنید).

۴-۷ نام و نام خانوادگی آزمون‌گر؛

۵-۷ نام محل آزمون؛

۶-۷ تاریخ آزمون؛

۷-۷ مقدار فروفرستادن نفوذسنج؛

۸-۷ ارتفاع سطح آب و خاک (اگر در دسترس باشد)؛

۹-۷ اطلاعات در زمینه هماهنگی محلی؛

۱۰-۷ یک یادداشت که نشان دهنده نوع نوک نفوذسنج مورد استفاده باشد؛

۱۱-۷ نوع دستگاه رانش؛

۱۲-۷ اطلاعات مربوط به واسنجی فشار و نوک نفوذسنج یا هر دوی آن‌ها و هرگونه انحراف- صفر ثبت شده باشد؛

۱۳-۷ روش مورد استفاده برای ایجاد نیروی واکنش، اگر از یک کاهنده اصطکاک استفاده شود؛

۱۴-۷ روش توسعه نوک نفوذسنج؛

۱۵-۷ روش ثبت داده‌ها؛

۱۶-۷ شرایط نوک نفوذسنج و میله‌ها بعد از جداسازی؛

۱۷-۷ هرگونه مشکلات ویژه یا سایر موارد مشاهده‌شده مربوط به کارکرد دستگاه؛

۱۸-۷ انحراف از استاندارد، گزارش آزمون باید بیانگر تطابق روش‌های آزمون با این روش آزمون باشد. هرگونه انحراف از این روش آزمون را به‌طور کامل شرح دهید.

۸ دقت و انحراف

۱-۸ دقت، به دلیل ماهیت این روش آزمون، داده‌هایی درباره دقت آن بیان نمی‌شود. این مطلب که ۱۰ نهاد (سازمان) یا بیشتر، در یک برنامه آزمون برجا در یک محل معین شرکت نمایند، عملی نبوده و یا این که هزینه بر است.

۲-۸ انحراف، از آن‌جا که هیچ نوع اندازه مرجع پذیرفته شده‌ای مربوط به انحراف نتایج برای این روش آزمون وجود ندارد، بنابراین، انحراف از نتایج این روش آزمون را نمی‌توان تعیین نمود.