INSO
20355
1st.Edition
2016

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

استاندارد ملی ایران
۲۰۳۵۵
چاپ اول
۱۳۹۴

خاک – آزمون برش پره‌ای در محل در خاک ریزدانه اشباع‌شده– روش آزمون

Soil-Field Vane Shear Test in Saturated Fine Grained Soil-Test Method

ICS:93.020

سازمان ملی استاندارد ایران

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

صندوق‌پستی: 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.org

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.org

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به‌موجب بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه 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 به‌موجب 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 ابلاغ‌شده است.

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 منصفانهٔ 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 پیشنهادها در کمیتهٔ 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 درکمیتهٔ 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 شمارهٔ ۵ تدوین و درکمیتهٔ 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)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک(IEC) [2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی(OIML) [3] است و به‌عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC) [5] 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 درزمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های 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، گواهینامهٔ 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

«خاک – آزمون برش پره‌ای در محل در خاک ریزدانه اشباع‌شده– روش آزمون»

رئیس:	**سمت و/ یا محل اشتغال:**
ربیعی، علی (کارشناس ارشد و دانشجوی دکتری مهندسی عمران)	عضو هیئت‌علمی دانشگاه ولیعصر رفسنجان و دانشجوی دانشگاه علم و صنعت
دبیر:	
نورمندی پور، فرهاد (کارشناس مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان کرمان
اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
بهرامی، محمد (دانشجوی دکتری مهندسی عمران)	معاونت آزمایشگاه مکانیک خاک استان کرمان
خورشید زاده، محمدمهدی (کارشناس ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد استان کرمان
فرساد، محمد (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت فنی مهندسی فراساختار سمنگان
محمودآبادی، محمد (کارشناس مهندسی عمران)	شرکت فنی مهندسی بتن عرشه
ویراستار:	
عباسی رز گله، محمدحسین (کارشناس مهندسی مواد-سرامیک)	سازمان ملی استاندارد ایران

فهرست مندرجات

عنوان		صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش‌گفتار		ه
مقدمه		و
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۳
۳	اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها	۵
۴	اصول	۸
۵	وسایل	۸
۶	واسنجی	۱۳
۷	روش اجرای آزمون	۱۴
۸	روش محاسبه	۱۶
۹	گزارش آزمون	۱۸
۱۰	دقت و اریبی	۲۰
پیوست الف	(الزامی) اصلاحیه عوامل در آزمون پره	۲۱
کتاب‌نامه		۲۳

پیش‌گفتار

استاندارد «خاک – آزمون برش پره‌ای در محل در خاک ریزدانه اشباع‌شده – روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در ششصد و پنجاهمین اجلاس کمیته ملی استانداردمهندسی ساختمان، مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ۱۳۹۴/۱۲/۱۷ مورد تصویب قرارگرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن‌ماه ۱۳۷۱، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی درزمینهٔ 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 موردتوجه قرار خواهد گرفت؛ بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورداستفاده قرارگرفته به شرح زیر است:

ASTM D2573:2015, Standard Test Method For Field Vane Shear Test In Saturated Fine-Grained Soil

خاک – آزمون برش پره‌ای در محل در خاک ریزدانه اشباع‌شده– 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 کرده و قبل از استفاده محدودیت‌های اجرایی آن را، مشخص کند.

۱ هدف و دامنه کاربرد

۱-۱ هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش آزمون برش در محل جهت تعیین مقاومت برشی زهکشی نشده خاک‌های لای و رس اشباع‌شده است. برای ارزیابی، قابلیت اجرا و تفسیر آزمون برش پره، اطلاع و آگاهی از ماهیت خاک لازم و ضروری است.

۱-۲ این استاندارد برای موارد زیر کاربرد دارد:

- این استاندارد، انجام آزمون درروی زمین و در گمانه‌های حفاری‌شده[1] از روی سطح زمین را به روش‌های حفاری با فشار مداوم[2] یا روش‌های حفاری به‌صورت حفار خودکار[3] مورد خطاب قرار می‌دهد.

- این استاندارد، یک شاخص برای مقاومت برشی زهکشی نشده در محل برای خاک‌های ریزدانه اشباع (لای‌ها و رس‌ها) و یا دیگر مصالح ریزدانه معدنی اشباع‌شده از قبیل خرده‌سنگ‌ها و مواد آلی، فراهم می‌کند.

- این استاندارد، قابلیت استفاده برای تعیین مقاومت برشی زهکشی نشده کمتر از ۲۰۰kPa را دارد.

- این استاندارد، به‌طور گسترده در انواع مختلف اکتشافات ژئوتکنیکی برای ارزیابی مقاومت در برابر بارگذاری سریع در تجزیه‌وتحلیل تنش کل لای و رس ریزدانه اشباع کاربرد دارد. ازآنجایی‌که مقادیر مقاومت برش زهکشی نشده در آزمون برش پره‌ای همیشه بیشتر از مقاومت در محل برای استفاده در تحلیل هستند، لذا اغلب آن‌ها با دیگر روش‌های اندازه‌گیری مقاومت برشی زهکشی نشده بررسی و مقایسه می‌شوند. آزمون نفوذ مخروط (به استاندارد ASTM D5778 مراجعه کنید) و آزمون فشار سه محوری تحکیم نیافته زهکشی نشده (به استاندارد ASTM D2850 مراجعه کنید) اغلب روش‌هایی هستند که برای مقایسه با داده‌های مقاومت برش پره‌ای به کار می‌روند. آزمون فشار ساده (به استاندارد ASTM D2166 مراجعه کنید) نیز می‌تواند مورداستفاده قرار گیرد. ولی

---

1 – Drill holes
2 – Continuous push methods
3 – Self drilling methods

باید به این نکته توجه داشت که آزمون‌های آزمایشگاهی با دست‌خوردگی نمونه‌ها بخصوص در مورد رس‌های ترک‌خورده مواجه می‌شوند. لذا توصیه می‌شود این کار با استفاده از تجربه انجام پذیرد. برای اطلاع بیشتر از اینکه چگونه نتایج این آزمون‌ها در اکتشافات زمین‌های سست و نرم استفاده‌شده است به Ladd and DeGroot,2004 [۱] مراجعه شود.

۱-۳ این روش آزمون برای موارد زیر کاربرد ندارد:

- برای آزمون در دریا و رسوب‌هایی که نیازمند تجهیزات ویژه و مختلفی است.
- برای خاک‌های ماسه‌ای که ممکن است در طول آزمون منجر به زهکشی شوند.
- در خاک اشباع‌نشده یا لای‌های غیر خمیری، ماسه‌ها، شن‌ها یا خاک‌هایی که نفوذپذیری زیادی دارند.

۱-۴ برای فهمیدن شرایط زهکشی خاک (نفوذپذیری[1]) نمونه‌برداری از خاک مورد آزمون، قبل و بعد از آزمون بسیار اهمیت دارد.

۱-۵ همچنین این روش آزمون توسط دستگاه برش پره دستی در عمق کم نیز انجام می‌گیرد. اگرچه هنگام استفاده از تجهیزات دستی ممکن است به علت مشکلی که در نگه‌داشتن میله پره به‌صورت ثابت و قائم وجود دارد، از دقت کمتری برخوردار باشند.

۱-۶ وجود لایه‌های نازک[2] با نفوذپذیری زیاد در بارگذاری سریع می‌تواند موجب زهکشی نسبی یا کامل شود و اتساع[3] یا متلاشی شدن توده خاک را به دنبال داشته باشد و این امر ایجاد فشار آب منفذی[4] مثبت یا منفی می‌نماید که در فرایند برش امکان دارد محو شود یا اینکه باقی بماند.

۱-۷ برای دستیابی به اطلاعات بیشتر در مورد آزمون برش در محل مورداستفاده در اکتشافات دریایی به استاندارد ASTM STP1014 مراجعه گردد.

۱-۸ این استاندارد در اغلب موارد با استاندارد حفاری دورانی توسط سیال ASTM D5783، استاندارد حفاری توسط مته‌های دسته توخالی ASTM D6151، استاندارد نفوذ مخروط ASTM D5778 مرتبط است.

---

1 – Permeability
2 – Sand lenses
3 – Dilate
4 – Pore pressures

۱-۹ برخی از دستگاه‌ها دارای پره جمع شونده هستند که در پایه‌ای امن و محافظت‌شده برای پیشبرد آزمون‌های حفاری قرار دارند.

۱-۱۰ نمونه‌برداری که توسط روش لوله‌های جداره نازک (به استاندارد ASTM D1587 مراجعه شود) انجام می‌گیرد اغلب با روش آزمون برش پره ترکیب می‌گردد.

۱-۱۱ شناسایی ژئوتکنیکی لایه‌های زیر سطح زمین مطابق با استاندارد ASTM D5434 انجام می‌گیرد.

۱-۱۲ همچنین مقاومت برشی و حساسیت خاک‌های چسبنده زهکشی نشده را می‌توان با استفاده از استاندارد ملی ایران شماره ۱۸۶۵۱ یا استاندارد ASTM D2166 و استاندارد آزمون پره آزمایشگاهی یا ASTM D4648 اندازه‌گیری کرد.

یادآوری ۱- کیفیت نتایج به‌دست‌آمده از این استاندارد بستگی به شایستگی و کفایت و تخصص شخص انجام دهنده آن و مناسب بودن تجهیزات و امکانات دارد. به استفاده‌کنندگان از این استاندارد هشدار داده می‌شود نتایج قابل‌اطمینان به عوامل زیادی بستگی دارد که در استاندارد ASTM D3740 به آن‌ها اشاره شده است.

یادآوری ۲- این استاندارد مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها را برای انجام یک یا چند عملیات ویژه پیشنهاد می‌کند؛ بنابراین، نمی‌تواند جایگزین تجربه یا آموزش شده و به‌کارگیری آن باید با قضاوت حرفه‌ای همراه باشد. همه جنبه‌های این استاندارد نمی‌تواند در همه شرایط قابل کارکرد باشد، بلکه باید با توجه به جنبه‌های منحصربه‌فرد پروژه، به‌کار رود.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده‌شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

درصورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده‌شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن موردنظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده‌شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها موردنظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۱۸۶۵۱، خاک – تعیین مقاومت فشاری محدود نشده خاک چسبنده – روش آزمون

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۸۷۳۷، خاک – توصیف و شناسایی خاک‌ها (روش چشمی – دستی) – آیین کار

2-3 ASTM D653: 2014, Terminology Relating to Soil, Rock, and Contained Fluids

2-4 ASTM D1587: 2012, Practice for Thin-walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes

2-5 ASTM D2488: 2012, Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)

2-6 ASTM D2850: 2013, Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils

2-7 ASTM D3740: 2012, Practice For Minimum Requirements For Agencies EngagedIn Testing and/or Inspection of Soil and Rock as Used in Engineering Design andConstruction

2-8 ASTM D4648: 2013, Test Method for Laboratory miniature vane shear Test for Saturated Fine – Grained Clayey Soil

2-9 ASTM D5434: 2012, Standard Guide for Field Logging Of Subsurface Explorations Of Soil and Rock

2-10 ASTM D5778:2012, Test Method for Electronic Friction Cone and Piezo Cone Penetration Testing of Soils

2-11 ASTM D5783: 2012, Standard Guide for Use of Direct Rotary Drilling with Water-Based Drilling Fluid for Geoenvironmental Exploration and the Installation ofSubsurface Water-Quality Monitoring Devices

2-12 ASTM D6151: 2008, Standard Practice for Using Hollow-Stem Augers forGeotechnical Exploration and Soil Sampling

2-13 Recommended StandardforFieldVaneShearTest, Swedish Geotechnical Society, SGF Report2: 93E, Swedish Geotechnical Institute, Linköping: www.swedgeo.se

2-14 EuroCode7, Geotechnical Design– Part3: Design Assisted by Field Testing ENV1997-3: 1999E,CEN

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و کوته‌نوشت‌ها

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین‌شده در استاندارد بند ۲-۵، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود:

۱-۳

مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده

remolded undrained shear strength

مقاومت برشی خاک ریزدانه[1] اساساً زهکشی نیافته در برابر فشار آب منفذی پس از بارگذاری سریع و شکست ساختار اولیه خاک و شکل‌گیری مجدد ساختار آن.

یادآوری- مقاومت برشی برحسب *کیلو پاسکال*[2] است.

۲-۳

مقاومت برشی زهکشی نشده

undrained shear strength

مقاومت برشی خاک ریزدانه (عمدتاً در رس‌ها و لای‌های خمیری) در شرایط بارگذاری سریع و الزاماً بدون زهکشی فشار آب منفذی.(به استانداردهای ASTM D2166 و ASTM D4648 مراجعه شود)

۳-۳

پره

vane

دستگاهی با چهار تیغه فلزی، تخت و مسطح و نازک که با زاویه ۹۰ درجه کنار یکدیگر ثابت شده‌اند و در خاک فرو می‌رود و سپس حول محور قائم خود برای انجام آزمون برش پره دوران داده می‌شود.

---

1 – Fine grained
2 – Kilo pascal

۴-۳

غلاف (حفاظ)[1] پره

vane shoe

بخشی از انتهای پوشش مته است که پره می‌تواند در طول حفاری در داخل آن عقب و جلو رود و جمع شود.

۵-۳

مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه $(S_u)_{fv}$

peak undrained shear strength

مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه اندازه‌گیری شده در اولین چرخش پره در آزمون برش پره.

یادآوری– مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه در آزمون برش پره‌ای معمولاً در تحلیل ژئوتکنیکی اصلاح می‌شود. موسسه یا سازمان درخواست‌کننده باید اطلاعات آزمون را جهت تعیین کاربرد تحلیل مقاومت آن بیان کند. این فراتر از اهداف استاندارد است که کاربرد و کارایی آزمون برش پره‌ای را برای تحلیل‌های ژئوتکنیکی توصیه نماید. برای اطلاعات بیشتر درباره ضرایب اصلاحی به پیوست الف مراجعه شود.

۶-۳

مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده $(S_{ur})_{fv}$

remolded undrained shear strength

مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده خاک، اندازه‌گیری شده بعد از ۵ تا ۱۰ دور چرخش پره در یک آزمون برش پره.

۷-۳

نسبت مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه خاک به مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده $S_{T\,fv}$

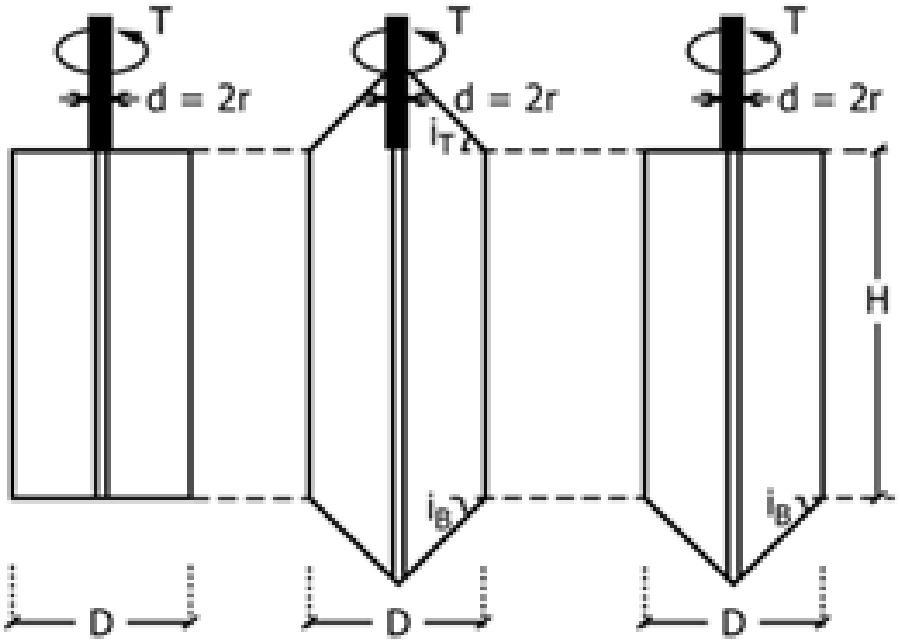
the ratio of peak undrained shear strength to remolded undrained shear strength –$S_{T\,fv}$

نسبت مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه خاک به مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده اندازه‌گیری شده در آزمون برش پره در محل است: $S_{T\,fv}=(S_u)_{fv}/(S_{ur})_{fv}$. مقاومت برشی بازسازی‌شده در کرنش‌های برشی بزرگ اندازه‌گیری می‌گردد.

---

1 – Vane shoe

یادآوری- استانداردهای قبلی و فعلی مقادیر متفاوت تعداد چرخش را از (۵ تا ۲۵) دور برای اندازه‌گیری مقاومت بازسازی‌شده تعیین کرده‌اند. اگر حساسیت گزارش شود، تعداد دورها نیز باید گزارش گردد. همچنین حساسیت می‌تواند از طریق آزمون تک‌محوری محدود نشده (به استاندارد ASTM D2166 مراجعه شود) و آزمون برش پره‌ای آزمایشگاهی (به استاندارد ASTM D4648 مراجعه شود) اندازه‌گیری شود.



راهنما:

T گشتاور اندازه‌گیری شده بیشینه (T_{max}) یا گشتاور باقی‌مانده (T_R)

D قطر پره

H ارتفاع پره

r شعاع میله پره

i_T زاویه نوک‌تیز شدن در بالای پره

i_B زاویه نوک‌تیز شدن در پایین پره

شکل ۱- شکل و ابعاد هندسی آزمون برش پره‌ای در محل

۸-۳

لنگر پیچشی T

tarque -T, (FL)

لنگر پیچشی (گشتاور) اندازه‌گیری شده موردنیاز برای دوران پره.

۹-۳

لنگر پیچشی باقی‌مانده TR

tarque –TR, (FL)

لنگر (گشتاور) پیچشی باقی‌مانده اندازه‌گیری شده موردنیاز برای دوران پره بعد از ۵ تا ۱۰ دور چرخش

۱۰-۳

نسبت مساحت پره (V_A)

vane area ratio

نسبت مساحت سطح مقطع پره به مساحت دایره‌ای که در اثر دوران و چرخش پره ایجاد می‌شود و با درصد (٪) بیان می‌شود (در شکل ۲ نشان داده‌شده است).

۴ اصول

۴-۱ آزمون برش پره عبارت است از قرار دادن ۴ تیغه پره در خاک بکر[1] و چرخاندن آن از سطح زمین به‌منظور تعیین گشتاور پیچشی موردنیاز برای ایجاد یک برش استوانه‌ای[2] شکل از خاک توسط پره، سپس این لنگر یا گشتاور با استفاده از تحلیل تعادل حدی[3] تبدیل به واحد مقاومت برشی شکست سطح می‌شود.

۴-۲ برای تعیین گشتاور اعمال‌شده به پره باید اصطکاک بین میله پره و دستگاه به هنگام خواندن ارقام یا توسط پوشش ویژه‌ای به حداقل برسد یا یک مقداری برای آن در نظر گرفته و از مجموع گشتاور کل کم شود.

۵ وسایل

۵-۱ پره، از چهار تیغه تشکیل یافته که در شکل ۱ نشان داده‌شده است. پره‌ها معمولاً از فولاد یا آلیاژ متفاوتی از فولاد از قبیل نیکل، کروم یا فولاد فرآوری شده (از قبیل سخت کردن) ساخته می‌شوند که این امر باعث کاهش ضخامت تیغه‌ها می‌شود. انتهای پره‌ها ممکن است صاف یا نوک‌تیز باشد. ابعاد پره‌ها در شکل ۱ نشان داده‌شده است.

1- Intact soil
2- Cylindrical
3- Equilibrium analysis

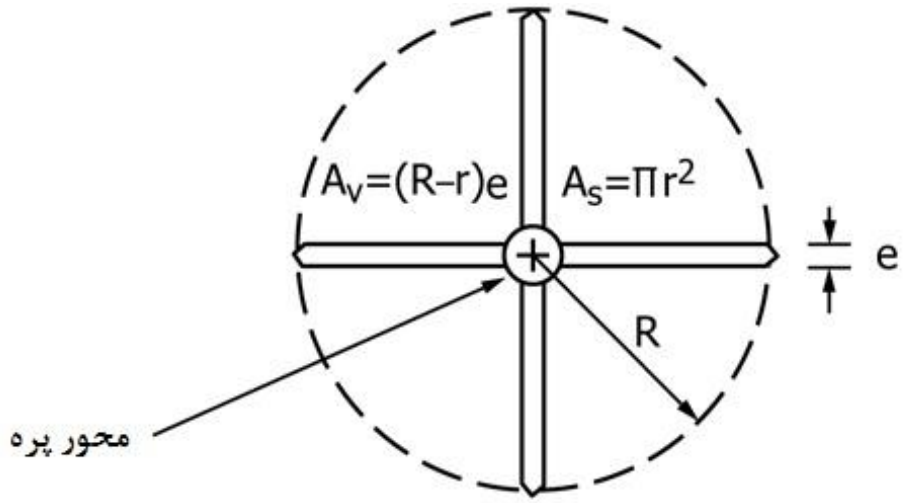
قطر پره (D) بین (۳۵ تا ۱۰۰) میلی‌متر،

قطر محور پره (d) بین (۱۲/۵ تا ۱۶/۵) میلی‌متر،

ارتفاع پره (H) بین D تا 2.5D ($D \leq H \leq 2.5D$) و

زاویه (i) معمولاً ۰ درجه (برای انتهای مستطیلی) یا ۴۵ درجه (برای انتهای نوک‌تیز) در نظر گرفته می‌شود.

ابعاد برحسب میلی‌متر است.



$$V_A = \frac{4(R-r)e + \pi r^2}{\pi R^2}$$

راهنما:

V_A نسبت سطح مقطع

R شعاع سیلندر شکست

r شعاع میله پره

e ضخامت تیغه پره

یادآوری- r شعاع میله مرکزی است.

شکل ۲- تعریف نسبت مساحت پره (به استاندارد ASTM D 4648 مراجعه شود)

۵-۱-۱ برای مواجه با بعضی شرایط، ابعاد و اندازه پره باید به حد کافی بزرگ پیش‌بینی گردد. قطر و ابعاد انتخاب‌شده پره رابطه مستقیم با شرایط قوام خاک مورد آزمون دارد. برای خاک‌های نرم‌تر، اندازه‌های بزرگ‌تر یعنی بین (۷۵ تا ۱۰۰) میلی‌متر نتیجه بهتری می‌دهند و برای خاک‌های سخت‌تر جهت جلوگیری از آسیب دستگاه اندازه‌گیری، پره‌های کوچک‌تر یعنی بین (۳۵ تا ۵۰) میلی‌متر بهتر است. درزمانی که آزمون در گمانه حفاری‌شده انجام می‌گیرد، حداکثر اندازه پره بستگی به قطر داخلی گمانه یا غلاف دارد.

۵-۱-۲ ضخامت تیغه (e) باید بین (۰٫۸ تا ۳) میلی‌متر باشد و حد متوسط آن باید ۲ میلی‌متر باشد. لبه‌های تیغه و یا قطر تیغه که در شکل ۲ نشان داده‌شده است می‌تواند باریک (نوک‌تیز)[1] شود تا در هنگام قرار گرفتن آن در خاک دست‌خوردگی به وجود نیاید.

۵-۱-۳ مزیت استفاده از یک پره با لبه تیغه باریک شکل (نوک‌تیز) این است که هنگام عقب کشیدن، پره به جدار بیرونی (غلاف) دستگاه گیر نمی‌کند.

۵-۱-۴ پره با لبه فوقانی باریک دارای این مزیت است که هنگامی عقب کشیده می‌شود پره به جداره بیرونی گیر نمی‌کند.

۵-۱-۵ لبه‌های تیغه‌ها و قسمت ماهیچه‌ای میله محوری پره که جوش شده‌اند باید به‌قدر کافی کوچک باشند تا در زمان فروبردن پره در خاک با کمترین دست‌خوردگی مواجه شود.

۵-۱-۶ لبه پائینی تیغه‌های پره می‌تواند نوک‌تیز شود تا نفوذ در خاک تسهیل گردد. لبه‌های تیغه‌ها را می‌توان تیز و اریب[2] درست کرد تا چرخش برخلاف اصطکاک انجام گیرد.

۵-۱-۷ قطر محور پره (d) همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده‌شده است در قسمت بالای تیغه‌های پره باید کمتر از ۲۰ میلی‌متر باشد. قطر محور پره (d) نباید در مرکز پره از ۱۴ میلی‌متر بیشتر باشد.

۵-۱-۸ نسبت[3] یا ثابت مساحت پره (VA) همان‌طور که در جزئیات شکل ۲ نشان داده‌شده است باید کمتر از ۱۰٪ باشد.

۵-۱-۹ فاصله لبه بالای پره از دستگاه اعمال کننده گشتاور (طول میله محوری گشتاور l) جهت افزایش گشتاور میله محوری پره برابر با 5d است که d قطر محور پره در قسمت بالای پره است. اگر قطر سطح تماس اتصال و یا محور دوران استوانه‌ای استفاده‌شده زیاد باشد، فاصله (l) برابر با ۱۵۰ میلی‌متر است.

۵-۲ دستگاه اندازه‌گیری گشتاور[4]، گشتاور باید از میله محوری به پره اعمال شود. این کار با یک وسیله نگه‌دارنده و دستگاه اعمال کننده گشتاور که در بالای محور نصب‌شده انجام می‌گیرد. دقت خواندن گشتاور در هنگام محاسبه مقاومت برشی تولیدشده نباید از$\pm 1kPa$ تجاوز کند.

---

1 – Tapered
2 – Sharpened
3 – Ratio
4 – Torque measurement device

۵-۲-۱ بهتر است اعمال گشتاور به پره توسط یک جعبه‌دنده[1] (چرخ‌دنده محرک) انجام شود. در غیاب یک جعبه‌دنده، اعمال گشتاور به‌صورت دستی یا با آچار مشابه آن قابل‌قبول است. اگر گشتاور با دست ایجاد شود به روی نتایج تنش برشی باید علامت ستاره گذاشته شود و عبارت «گشتاور وارده دستی[2]» نیز باید اشاره شود. در مدت‌زمان آزمون باید الزامات بند ۷-۵-۴ رعایت گردد.

۵-۲-۲ برخی از دستگاه‌های اندازه‌گیری گشتاور قابلیت ذخیره کردن سوابق تغییر مکان‌ها را روی حافظه و یا گزارش رایانه‌ای آن‌ها رادارند. سایر دستگاه‌ها به‌صورت دستی سامانه حلقه گشتاور و عقربه فشارسنج را می‌خوانند. دستگاه‌های خودکار مزایایی نسبت به دستگاه‌های دستی دارند، چراکه خطای کاربر کم می‌شود.

۵-۳ میله گشتاور، پره باید به‌وسیله میله فولادی به سطح رویه متصل شود. عموماً قطر میله در محدوده (۱۸ الی ۳۶) میلی‌متر است.

۵-۳-۱ این میله محور باید قطر مناسبی داشته باشد تا درزمانی که پره به تنش مجاز (آخرین حد ظرفیت خود) می‌رسد میله از حد الاستیک تجاوز نکند.

۵-۳-۲ پره و میله باید طوری به یکدیگر وصل شوند که وقتی نر و مادگی آن‌ها به یکدیگر می‌رسند از هرگونه احتمال چفت شدن نر و مادگی درزمانی که گشتاور در طول آزمون اعمال می‌شود جلوگیری به عمل آید.

۵-۳-۳ بیشتر میله‌های گشتاور پیچشی فولادی که الزامات این استاندارد است در طول آزمون دچار پیچ‌وتاب و پیچ‌خوردگی می‌شوند. به همین دلیل اگر میزان چرخش پره تعیین شود میله گشتاور نیاز به اصلاح دارد.

یادآوری- اگر منحنی‌های گشتاور- دوران تعیین شود میله محور را می‌توان واسنجی کرد. مقدار واحد پیچش میله درجه بر متر بر واحد گشتاور بنانهاده شده است. این اصلاحات همان‌طور که عمق آزمون افزایش می‌یابد به‌تدریج بسیار اهمیت پیداکرده و باید حداقل در عمق بیشینه آزمون یک واسنجی پیش‌بینی گردد. پیچش میله می‌تواند بر اساس مشخصات میله محور محاسبه شود. اگر پیچش محاسبه شود فرضیاتی که برای خواص مواد در نظر گرفته‌شده باید بیان گردد.

۵-۴ پوشش محافظ و غلاف پره[3]، در هنگام استفاده از روش‌های حفاری معمولی، میله محوری گشتاور می‌تواند در یک غلاف با قطر کم پوشانده شود تا اصطکاک آن کاهش یابد. اگر از یک حفاظ یا غلاف برای پوشش میله گشتاور استفاده شود میله‌های گشتاور باید مجهز به یاتاقان‌های[4] روغن‌کاری شده[5] در بین میله محوری و بدنه

---

1 – Geared drive
2 – Hand torqued
3 – Protective casing and vane shoe
4 – Bearings
5 – Lubricated

غلاف باشند. برای این یاتاقان‌ها باید درپوشی تهیه شود تا از ورود خاک به داخل آن‌ها جلوگیری به عمل آید. ممکن است غلاف برای تهویه به فشار آب زیادی نیاز داشته باشد. میله گشتاور باید دقیق هدایت شود تا از افزایش اصطکاک مابین میله گشتاور با دیواره غلاف و یا خستگی بین آن‌ها ممانعت به عمل آید.

۵-۴-۱ اندازه‌گیری اصطکاک میله محور در شرایط بدون بار تنها در صورتی می‌تواند با استفاده از میله توخالی به‌جای پره‌ها انجام گردد که گشتاور به‌کاررفته توسط یک لنگر متعادل، باعث فشار به کناره‌ها نشود. اگرچه برخی کارشناسان برای اندازه‌گیری اصطکاک میله در شرایط بدون بار استفاده از پره‌ای که اجازه دوران و چرخش آزاد میله قبل از بارگذاری را می‌دهد را پیشنهاد می‌کنند ولی این روش توصیه نمی‌شود. همان‌طور که گشتاور در طول مدت آزمون بیشتر می‌شود فشار کناره‌ها در دستگاه باعث افزایش اصطکاک می‌شود که در خواندن اولیه بدون بار محسوب نمی‌شود. استفاده از دستگاه‌هایی که باعث فشار و ضربه به کناره می‌شوند، مجاز نیست.

۵-۵ مفصل اصطکاکی (لغزشی)[1]، اتصال بین پره و میله محور ممکن است توسط بخشی به نام مفصل اصطکاکی یا مفصل لغزشی صورت گیرد. این بخش از یک محور در جایی که پره ممکن است از مزیت لایه محافظ برخوردار باشد تشکیل‌شده است. این دستگاه طوری طراحی‌شده است که تا زمانی که پره به مقدار چرخش معین‌شده‌ای نرسد کار نمی‌کند. معمولاً برای تعیین اصطکاک میله قبل از آزمون تنظیم دستگاه روی ۱۵ درجه مجاز است. جهت تعیین اصطکاک میله ترجیح داده می‌شود از این مفصل به‌جای میله توخالی استفاده گردد، چراکه اندازه‌گیری مستقیماً در خاک مورد آزمون انجام می‌گیرد.

۵-۶ هدایت‌کننده‌ها یا نگه‌دارنده‌های محوری (سنترالایزرها[2]**)**، زمانی که این آزمون در گمانه‌های حفاری‌شده انجام می‌گیرد، برای اطمینان از اعمال نیروی قائم به میله گشتاور و ممانعت از کمانش آن، به‌کارگیری میله گشتاور به همراه نگه‌دارنده‌های محوری بسیار ضروری است. نگه‌دارنده‌های محوری طوری طراحی‌شده‌اند که برای به حداقل رساندن اصطکاک هر میله در هنگام انحراف از آن پشتیبانی کنند. نگه‌دارنده‌های محوری باید قطری کوچک‌تر از قطر سوراخ مته داشته باشند. لذا باید طوری طراحی شوند که اجازه گذر سیال از حفره را بدهند.

۵-۷ دستگاه پیشروی[3]، زمانی که دستگاه پیش‌رونده برای گمانه‌های حفاری‌شده استفاده می‌شود سر جلوبرنده[4] و قابلیت پایین آوردن دکل حفاری می‌تواند پره‌ها را به ته گمانه فشار دهد. برخی از دستگاه‌ها برای

---

1 – Friction coupling
2 – Centralizers

(به زبان انگلیسی است)

3 – Advancement equipment
4 – Drive head

فشار دادن به پره‌ها از سطح زمین طراحی‌شده‌اند. اعمال فشار قائم و مستقیم به پره‌ها بسیار اهمیت دارد. برای اطمینان از اعمال فشار محوری قائم می‌توان از نگه‌دارنده‌های محوری در بالای گمانه و همچنین هدایت‌کننده‌های محوری میله‌ها در طول غلاف محافظ استفاده کرد.

۵-۸ غلاف عکس‌العمل[1]، در گمانه‌های از پیش حفاری‌شده، وقتی‌که سر میله گشتاور با پوشش درگیر می‌شود، برای اطمینان از مهار گشتاور ممکن است استفاده از یک پوشش حفاظ بال‌دار شعاعی[2] (حفاظی با پره‌های جهت مهار کردن دستگاه لنگر پیچشی) لازم و ضروری باشد. به‌طورمعمول لوله توخالی (به استاندارد ASTM D6151 مراجعه شود) مهار کافی برای سر میله گشتاور را بدون پره فراهم می‌کند. نیاز به غلاف عکس‌العمل را می‌توان با لغزش‌های محفظه و یا مته حلزونی[3] در طول تکرار آزمون گریز از مرکز در گشتاور تعیین کرد. اگر لغزش و نوسانی مشاهده شود، درنتیجه کم‌کاری در تمیزکاری پوشش پره یا مته حلزونی است.

۵-۹ غلاف یا پوشش پره[4]، بعضی از سامانه‌های پره‌ای به‌گونه‌ای طراحی شدند تا تیغه‌های پره را در یک حفاظ جمع کند (چهار تیغه). سیال می‌تواند از طریق تیغه در گردش باشد. وقتی مایع به عمق گمانه رسید، پره می‌تواند تحت‌فشار داخل گمانه آزمون گردد.

۶ واسنجی

۶-۱ دستگاه اندازه‌گیری گشتاور با قرار دادن یک میله با یک چرخ در آن واسنجی می‌شود. میزان وزن میله (W) که از چرخ آویزان است را شعاع تنظیم می‌کند (R_W) و سپس با اندازه‌گیری گشتاور به‌دست‌آمده و مقایسه آن با گشتاور به‌کاررفته ($T=WR_W$) دستگاه واسنجی می‌گردد.

۶-۲ دستگاه اندازه‌گیری گشتاور باید طبق یک برنامه تضمین کیفی نظام‌مند و با یک برنامه زمانی منظم یا یک‌میزان استفاده از دستگاه که از قبل تعیین‌شده توسط شرکتی که آزمون را انجام می‌دهد واسنجی گردد. سوابق واسنجی هر ابزاری باید نگه‌داری شود و در طول انجام آزمون قابل‌دسترس برای بررسی باشد.

۶-۳ اگر دستگاه اندازه‌گیری گشتاور آسیبی ببیند و یا تعمیر شود واسنجی جدید باید صورت گیرد.

۶-۴ گزارش باید شامل اطلاعات دقیق واسنجی، تاریخ واسنجی و یادداشتی درباره میزان استفاده از دستگاه بعد از آخرین واسنجی باشد.

---

1 – Reaction casing
2 – Upper finned
3 – Augers
4 – Vane housing/casing

۷ روش اجرای آزمون

۷-۱ قرار دادن دستگاه پیش‌رونده در بالای محل انجام آزمون می‌تواند در یک سوراخ که با اعمال فشار از سطح زمین یا توسط محافظ پره از قبل ایجادشده انجام شود.

۷-۲ درصورتی‌که نیاز باشد، باید یک حفاظ واکنشی برای تنظیم انتقال نیروها به سر محل اعمال گشتاور بدون هیچ‌گونه پیچ‌وتاب و لغزشی در نظر گرفته شود.

۷-۳ زمانی که حفاری انجام می‌شود، حفاری در عمقی که نوک پره به خاک دست‌نخورده رسیده باشد و در عمقی حداقل برابر با ۵ برابر اندازه قطر خارجی حفره گمانه متوقف می‌شود. در مواردی که از یک حفاظ پره استفاده می‌شود، میزان فرورفتن حفاظ باید عمقی برابر با حداقل ۵ برابر قطر حفاظ پره و کمتر از عمق مطلوب از نوک پره باشد.

۷-۴ پره‌ها باید از پایین حفره پیش رفته و یا محافظ پره باید تا عمقی که آزمون انجام می‌شود فرورود. پره باید بدون اعمال نیروی لرزشی و یا چرخشی پایین‌رود. در مدت نفوذ هیچ‌گونه لنگر و یا گشتاوری نباید به میله محور اعمال شود.

۷-۵ تعیین اصطکاک

۷-۵-۱ اصطکاک ناشی از مفصل فنری[1]

برای پره‌ای که به مفصل فنری مجهز شده پس از اعمال فشار به پره گشتاور، اعمال لنگر و نیروی لازم برای به گردش درآوردن میله گشتاور که در بالای مفصل فنری نصب‌شده امکان‌پذیر خواهد بود. برای ثبت میزان اصطکاک ناشی از میله به همان نسبت که نیرو در بارگذاری واقعی پره اعمال می‌شود و در بند ۷-۵-۴ ذکرشده، اعمال نیرو انجام می‌گیرد.

۷-۵-۲ آزمون اصطکاک میله توخالی[2]

در مواردی که خاک در تماس با میله گشتاور بوده و مفصل لغزشی وجود ندارد تعیین اصطکاک بین خاک و میله توسط وسایل آزمون گشتاور با همان میله و در عمق مشابه بدون الصاق پره‌ها صورت می‌گیرد. این آزمون‌ها

1 – Friction from slip couplings
2 – Blank rod friction test

می‌توانند مابین آزمون‌های پره صورت گیرند. آزمون اصطکاک میله در هر موقعیت برای یکسری از گشتاورهای آزمون با عمق‌های مختلف انجام می‌شود.

۷-۵-۳ زمانی که از دستگاهی استفاده می‌کنیم که میله محوری گشتاور را به‌طورکلی از خاک جدا می‌کند (سامانه حفاری با فشار حفاظ پره[1]) آزمون توسعه پیداکرده و منافع بیشتری را سبب می‌گردد. وقتی‌که پره به محدوده آزمون رسید از طرف حفاظ به پره به‌اندازه (۳۵ الی ۵۰) سانتی‌متر عکس‌العمل فشار اعمال می‌شود و پره جمع می‌شود. اصطکاک میله پره در این حالت به حد ناچیزی می‌رسد.

۷-۵-۴ از پایان نفوذ پره تا شروع دوران نباید بیش از ۵ دقیقه زمان ببرد. برای اعمال گشتاور به پره آماده‌به‌کار می‌توان از سرعت ۶ درجه بر دقیقه استفاده کرد. محدوده تغییرات مجاز سرعت از (۳ الی ۷) درجه بر دقیقه است. به‌طورکلی برای ایجاد گسیختگی در خاک به زمان (۲ الی ۵) دقیقه‌ای نیاز است به‌جز در خاک‌های رسی نرم که ممکن است زمانی بیش از (۱۰ الی ۲۰) دقیقه برای گسیختگی نیاز باشد. در مصالح سفت‌تر گسیختگی در مقدار تغییر شکل کوچک اتفاق می‌افتد که نشان‌دهنده کاهش درجه جابجایی است؛ بنابراین به‌دست آوردن و تعیین ویژگی‌های تنش و کرنش منطقی به نظر می‌رسد. در طول دوران، پره باید در یک ارتفاع‌ثابت نگه‌داشته شود. حداکثر گشتاور ایجادشده توسط ابزاری که به‌صورت دستی درجه را خوانش کرده باید ثبت گردد. اگر شرایط اجازه دهد مطلوب‌ترین زمان ثبت مقادیر میانگین گشتاور و لنگر پیچشی ۱۵ ثانیه و یا کمتر از آن است. به همه رخدادها و اتفاقات غیرعادی در طول آزمون از قبیل لغزش و لرزش و یا شکل منحنی بارگذاری باید توجه گردد.

۷-۵-۵ پس از تعیین حداکثر گشتاور پیچشی، باید سرعت پره را از حداقل سرعت دور ۵ به‌سرعت ۱۰ افزایش یابد. تعیین گشتاور باقی‌مانده (T_R) باید بلافاصله بعد از اتمام چرخش سریع و در کمتر از ۱ دقیقه پس از فرایند شکل‌گیری مجدد خاک آغاز گردد. (یادآوری) تکرار روش آزمون مطابق بند ۷-۵-۴ باید مجدداً انجام شود.

یادآوری- در بسیاری از خاک‌های رسی حساس، مقاومت باقی‌مانده و یا مازاد با یک الی دو چرخش یا کمتر به دست می‌آید. اگر چنین خاکی مورد آزمون قرار گیرد، توصیه می‌شود برای تائید و تطبیق نهایی تعداد مختلفی از مقاومت تغییر شکل یافته را با (۵ الی ۱۰) چرخش استاندارد به دست آورید. اگر تفاوت اساسی در مقاومت تغییر شکل یافته مشاهده نشد، برای به دست آوردن مقاومت‌های تغییر شکل یافته ممکن است کمتر از (۵ تا ۱۰) چرخش نیاز باشد.

۷-۵-۶ هنگامی‌که روش حفاری دورانی استفاده می‌کنیم ممکن است به‌کارگیری نمونه‌گیرهای جدار نازک و یا نمونه‌گیر دوجداره مزیت و برتری داشته باشند. نمونه‌گیری زیاد منجر به بازرسی و بازبینی خاک در منطقه مورد

---

1 – Vane shoe push/drill system

آزمون می‌شود. اغلب شواهد و نشانه‌هایی از مناطق برشی را در نمونه می‌توان یافت. اگر نمونه خاک دست‌خورده بود یا منطقه برشی در آن مشخص شود، لازم است توصیف خاک محل مورد آزمون که چه شرایطی دارد، انجام شود (به استاندارد ASTM D2488 مراجعه شود).

۷-۵-۷ زمانی که شرایط محیطی اجازه آزمون پره را می‌دهد، آزمون‌های برش پره خاک تغییر شکل یافته باید در فواصلی که کمتر از (۰/۵ تا ۰/۷۵) متر نباشد، در تمام مقطع خاک صورت پذیرد. آزمون پره را در هر خاکی که در طول مدت آزمون برش پره زهکشی می‌شود یا در خاک‌هایی از قبیل رس‌های سفت، ماسه یا ماسه لای دار، یا خاک‌هایی که برخورد سنگ یا پوسته درون آن با پره باعث تأثیر در نتایج آزمون می‌شود، نباید انجام شود. اطلاعات نامعتبر از طریق منحنی گشتاور پیچشی یا نمونه‌برداری‌های بعدی از محل آزمون می‌تواند ارزیابی شود.

یادآوری- این فاصله‌گذاری در گمانه‌زنی تنها توسط مهندس مسئول، برنامه‌ریزی و تغییر داده می‌شود.

۸ روش محاسبه

۸-۱ مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه

محاسبه مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه $(S_u)_{fv}$ از خواندن بیشترین گشتاور پیچشی گزارش‌شده که از اولین بارگذاری آزمون پره حاصل می‌گردد.

یادآوری ۱- مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه حاصل از آزمون پره برای ارائه کیفیت مقاومت برشی زهکشی منطقه مورد آزمون (su) و استفاده در تحلیل‌های ژئوتکنیکی نیاز به یک ضریب تصحیح پره (μ) دارد. در گزارش‌های آزمون تشخیص تفاوت بین نتایج خام و اولیه با داده‌های اصلاح‌شده ضروری است. (به پیوست الف-۱ مراجعه شود)

یادآوری ۲- مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه حاصل از آزمون پره جهت تعیین تحلیل‌های ژئوتکنیکی مقاومت زهکشی نشده معمولاً اصلاح می‌شود. موسسه درخواست‌کننده باید اطلاعات آزمون را جهت تعیین کاربرد تحلیل مقاومت آن بیان کند. این فراتر از اهداف استاندارد است که کاربرد و کارایی آزمون پره را برای تحلیل‌های ژئوتکنیکی توصیه نماید. برای اطلاعات عمومی استفاده از ضرایب اصلاحی در پیوست الف-۱ بیان‌شده است.

۸-۱-۱ معادله برای پره مستطیلی (نسبت ارتفاع به قطر پره H/D برابر با ۲ باشد):

$$(S_u)_{fv} = \frac{6T}{7\pi D^3} \qquad (۱)$$

که در آن:

$(S_u)_{fv}$ مقاومت برشی زهکشی نشده حاصل از آزمون پره [kpa]؛

T مقدار گشتاور اندازه‌گیری شده بیشینه (T_{max}) یا گشتاور باقی‌مانده (T_R) اصلاح‌شده برای اصطکاک دستگاه و میله برحسب [N.m]؛

D قطر پره برحسب [mm](به شکل ۱ مراجعه شود)؛

K در سامانه SI برابر است با: $۱۰^{۶}$ □ ۱.

۸-۱-۲ معادله کلی برای پره‌های مستطیلی یا دو طرف نوک‌تیز (ذوزنقه‌ای)، فقط پایین نوک‌تیز مانند لوزی با هر زاویه‌ای:

$$(S_u)_{fv} = \frac{12T}{\pi D^2(\frac{D}{\cos(i_T)}+\frac{D}{\cos(i_B)}+6H)} \quad (۲)$$

که در آن:

$(S_u)_{fv}$ مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه حاصل از آزمون پره [kPa]؛

T مقدار گشتاور اندازه‌گیری شده بیشینه (T_{max}) یا گشتاور باقی‌مانده (T_R) اصلاح‌شده برای اصطکاک دستگاه و میله برحسب [N.m]؛

D قطر پره (به شکل ۱ مراجعه شود)[mm]؛

H ارتفاع پره (به شکل ۱ مراجعه شود)[mm]؛

i_T زاویه نوک‌تیز شدن در بالای پره؛

i_B زاویه نوک‌تیز شدن در پایین صفحه است.

K در سامانه SI برابر است با: $۱۰^{۶}$ □ ۱.

۸-۱-۳ برای خواندن گشتاور ممکن است دستگاه نیاز به واسنجی در اندازه‌گیری گشتاور داشته باشد.

۸-۲ مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده $(s_{ur})_{fv}$

محاسبه مقاومت برشی بازسازی‌شده مطابق با بند ۸-۱ بعد از دوران پره به مقدار مشخص بند ۷-۵-۵ و اندازه‌گیری گشتاور باقی‌مانده (T_R) صورت می‌گیرد. تنش برشی بازسازی‌شده می‌تواند به‌عنوان مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده گزارش گردد $(s_{ur})_{fv}$

۸-۳ حساسیت S_T

طبق فرمول زیر میزان حساسیت خاک محاسبه می‌گردد:

$$S_{T\,fv} = (S_u)_{fv}/(S_{ur})_{fv} \quad (۳)$$

که در آن:

$S_{T\,fv}$ حساسیت (بدون بعد)؛

$(S_u)_{fv}$ مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه [kPa]؛

$(S_{ur})_{fv}$ مقاومت برشی زهکشی نشده بازسازی‌شده [kPa]؛

۹ گزارش آزمون

۹-۱ روش مورداستفاده که مشخص می‌کند چگونه اطلاعات و داده‌های آزمون در صفحات و برگه‌های آزمایشگاهی بایگانی شوند به شرح ذیل است. (به بند ۵-۱ مراجعه شود)

۹-۲ ثبت و بایگانی حداقل برداشت‌ها از اطلاعات کلی آزمون:

۹-۲-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۹-۲-۲ تاریخ آزمون؛

۹-۲-۳ مشخصات و تعداد افراد انجام دهنده آزمون؛

۹-۲-۴ شماره گمانه؛

۹-۲-۵ اندازه و شکل پره (دو طرف نوک‌تیز، یک‌طرف نوک‌تیز یا مستطیلی)؛

۹-۲-۶ عمق نفوذ نوک پره، نزدیک‌ترین مقدار به ۵۰ میلی‌متر؛

۹-۲-۷ عمق نفوذ نوک پره در زیر قسمت ساکن دستگاه یا در انتهای گمانه، نزدیک‌ترین مقدار به ۵۰ میلی‌متر؛

۹-۲-۸ مدت‌زمان از پایان نفوذ پره تا آغاز دوران پره؛

۹-۲-۹ شرح تجهیزات آزمون و روش اجرای آن؛

۹-۲-۱۰ شرح روش به‌کارگیری و اندازه‌گیری گشتاور؛

۹-۲-۱۱ ثبت و یادداشت میزان مقاومت در برابر فشار پره

۹-۲-۱۲ اطلاعات واسنجی دستگاه اندازه‌گیری گشتاور؛

۹-۳ نتایج آزمون به شرح ذیل ثبت گردد:

۹-۳-۱ خوانش بیشترین مقدار گشتاور و چنانچه برای آزمون در خاک بکر انجام می‌شود، متوسط خوانش‌ها با سه رقم معنی‌دار انجام گردد؛

۹-۳-۲ مدت‌زمان طی شده تا گسیختگی خاک؛

۹-۳-۳ مقاومت برشی زهکشی نشده بیشینه $(S_u)_{fv}$، نزدیک‌ترین عدد به دو رقم معنی‌دار به‌دست‌آمده مطابق با بند ۸-۱؛

۹-۳-۴ مقاومت بازسازی‌شده، تعداد دورهای چرخش مطابق با بند ۷-۵-۵؛

۹-۳-۵ نسبت بازسازی شدن خاک؛

۹-۳-۶ بیشترین گشتاور باقی‌مانده خوانده‌شده برای آزمون‌های بازسازی‌شده، نزدیک‌ترین عدد به سه رقم معنی‌دار به‌دست‌آمده؛

۹-۳-۷ مقاومت بازسازی‌شده $(S_{ur})_{fv}$ مطابق بند ۸-۲، نزدیک‌ترین عدد به دو رقم معنی‌دار به‌دست‌آمده؛

۹-۳-۸ اندازه‌گیری اصطکاک؛

۹-۳-۹ حساسیت، $S_{T\ fv}$ برای تعیین حساسیت به بند ۸-۳ مراجعه گردد، نزدیک‌ترین عدد به دو رقم معنی‌دار به‌دست‌آمده؛

۹-۳-۱۰ ثبت و یادداشت تمام موارد انحراف از روش استاندارد آزمون؛

۹-۳-۱۱ رسم نمودار گشتاور - دوران؛

۹-۳-۱۲ محاسبات انجام‌شده، شامل اندازه‌گیری اصطکاک میله؛

۹-۴ علاوه بر این، ثبت اطلاعاتی که ممکن است در دفترچه راهنمای ASTM D5434 برای ثبت وقایع و شناسایی خاک و سنگ لایه‌های زیرسطحی زمین موردنیاز است. این راهنما برای ثبت تحقیقات حاصل از حفاری و نمونه‌برداری استفاده می‌شود. برخی از نمونه‌های اطلاعاتی شامل:

۹-۴-۱ محل و موقعیت؛

۹-۴-۲ نمودار گمانه، نوع و شرایط خاک؛

۹-۴-۳ تراز ارتفاعی مبنای اندازه‌گیری عمق آزمون؛

۹-۴-۴ روش حفاری؛

۹-۴-۵ نام سرکارگر حفاری؛

۹-۴-۶ نام مهندس ناظر؛

۱۰ دقت و اریبی

۱۰-۱ دقت، داده‌های آزمون بر اساس دقت برای ماهیت این روش آزمون ارائه نشده است. همچنین امکان انجام یا همکاری بیشتر شرکت‌ها در محل برای انجام آزمون میسر نیست و نیز پرهزینه است.

۱۰-۲ اریبی، داده کافی برای بیان فاصله از مقادیر صحیح وجود ندارد.

پیوست الف

(الزامی)

فاکتور اصلاح پره

الف-۱ اصلاح مقاومت به‌دست‌آمده از آزمون برش پره‌ای در آنالیز مقاومت و پایداری سدها بر روی زمین نرم، ظرفیت باربری و گودبرداری در رس‌های نرم اهمیت زیادی دارد. مقاومت برشی اصلاح شده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$\tau_{mobilized} = \mu_v (S_u)_{fv} \qquad \text{(الف- ۱)}$$

که در آن:

μv ضریب اصلاح تجربی که به نشانه خمیری (PI) و یا حد روانی (LL) و یا سایر پارامترهای دیگری که بر اساس محاسبات گذشته و سوابق گسیختگی پروژه‌های کامل بنانهاده شده‌اند، بستگی دارد. حساسیت خاک S_T بر اساس نسبت حداکثر مقاومت تغییر شکل یافته اندازه‌گیری شده اولیه و اصلاح‌نشده است.

الف-۲ یک ضریب اصلاح پیشنهادی برای داده‌های آزمون پره در محل در زیر آمده است. روش‌های اصلاحی دیگری نیز پیشنهادشده است. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به مراجع و منابع رجوع کرد. اجرا و به‌کارگیری این ضرایب اصلاحی باید توسط یک شخص واجد شرایط و حرفه‌ای انجام گیرد. کمیته استاندارد ASTM روش‌های انفرادی برای تنظیم داده‌ها را پیشنهاد یا تصدیق نمی‌کند. این اطلاعات برای جلب‌توجه به این واقعیت که ضرایب اصلاحی برخی از روش‌ها به‌طورمعمول برای داده‌های اولیه و اصلاح‌نشده برش پره موردنیاز است، تهیه و آماده می‌شوند.

الف-۲-۱ بر اساس یک بررسی گسترده ضرایب و رابطه مؤثر بر اندازه‌گیری برش پره در خاک رس و سیلت با PI بزرگ‌تر از ٪۵ فرمول زیر توصیه می‌شود:

$$\mu_v = 1.05 - b(PI)^{0.5} \qquad \text{(الف-۲)}$$

که در آن پارامتر b عامل نسبی است که به زمان شکست (t_f برحسب دقیقه) در گسیختگی واقعی (نه در آزمون در محل) بستگی دارد و به‌صورت زیر است.

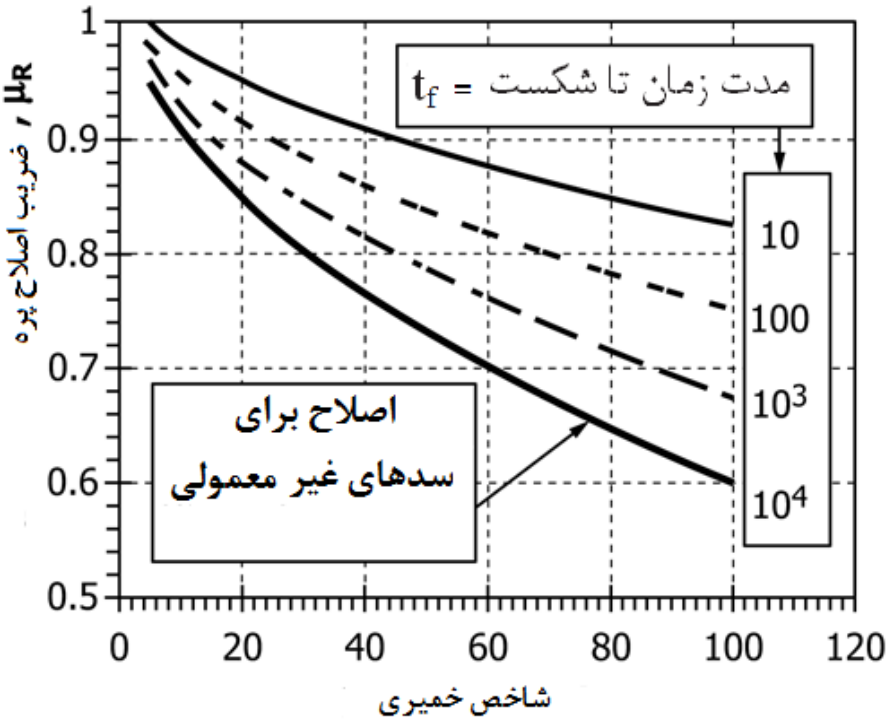
$$b = 0.015 + .0075 \log t_f \qquad \text{(الف- ۳)}$$

ترکیب روابط در شکل الف-۱ نشان داده است. برای راهنمایی، سدهایی که بر روی خاک نرم ساخته می‌شوند به‌طورمعمول با t_fدر دستور 10^4 دقیقه در ارتباط است چراکه زمان دخیل در ساخت‌وساز با استفاده از تجهیزات بزرگ است. برای این امر معادله الف-۲) چنین است:

$$\mu_v = 1.05 - 0.045\ (PI)^{0.5} \qquad \text{(الف-۴)}$$

الف ۲-۲ جالب‌توجه است که مدت زیادی است که مشاهده‌شده نسبت مقاومت اصلاح‌نشده پره (S_{uv}/σ'_{vo})همراه با شاخص خمیری افزایش می‌یابد، برعکس، ضرایب اصلاحی (μ_v) همراه با PI کاهش می‌یابد. نتیجه خالص این است که مقاومت محاسبه‌شده در سوابق گسیختگی در سدها، پی‌سازی، حفاری و گودبرداری در رس‌های نرم اساساً مستقل از شاخص خمیری است. یک روش اصلاح که (S_{uv}/σ'_{vo}) به‌عنوان متغیر مستقل از PI پیشنهادشده استفاده‌شده است.

الف ۲-۳ ضرایب اصلاحی جایگزین بر اساس تلفیقی از محاسبه شکست دوباره پی و سد خاکی و حفاری، آزمون بارگذاری در محل، داده‌های آزمایشگاهی، ملاحظات پایداری سه‌بعدی، اطلاعات برش آزمایشگاهی، اطلاعات و داده‌های دستگاه آزمایش تحکیم همچنین تجزیه‌وتحلیل مؤثر است.



شکل الف ۱-ضرایب اصلاحی پیشنهادی برای آزمون اصلاح‌نشده در محل از شاخص خمیری

کتاب‌نامه

[1] Ladd, C. and DeGroot, D, *Recommended Practice for Soft Ground Site Characterization: Arthur Casagrande Lecture*, 12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Cambridge, MA, 2004.

[2] Bjerrum, L, *Embankments on soft ground. Performance of Earth and Earth-Supported Structures*, Vol. II, (Purdue Conference), Reston, ASCE, VA, 1972, 1-54.

[3] Bjerrum, L, *Problems of soil mechanics & construction on soft clays, Proceedings*, 8th International Conference on Soil Mechanics & Foundation Engineering, Vol, 3, Moscow, 1973, Session 4, 111-159.

[4] Chandler, R.J, *The in-situ measurement of the undrained shear strength of clays using the field vane*, Vane Shear Strength Testing in Soils: Field & Lab Studies, STP 1014, ASTM, West Conshohocken, 1988, PA, 13-44.

[5] Skempton, A.W, *Vane tests in the alluvial plain of River Forth near Grangemouth*, Geotechnique Vol, 1 (2), 1948, 111-124.

[6] Mesri, G, *A re-evaluation of suv using laboratory shear tests*, Canadian Geotechnical Journal 26 (1), 1989, 162-164.

[7] Aas, G., Lacasse, S., Lunne, T., and Hoeg, K., "*Use of In Situ Tests for Foundation Design on Clay*," Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering, S.P., Clemence, Ed., GSP 6, American Society of Civil Engineers, New York, 1986, pp. 1-30.

[8] Larsson, R, *Undrained shear strength in stability calculation of embankments & foundations on clays*. Canadian Geotechnical Journal 17 (4), 1980, 591-602.

[9] Azzouz, A., Baligh, M. and Ladd, C.C, *Corrected field vane strength for embankment design*, Journal of Ge6technical Engineering 109 (5), 1983, 730-734.

[10] Mayne, P.W. and Mitchell, J.K, *Profiling of overconsolidation ratio in clays by field vane*, Canadian Geotechnical Journal 25 (1), 1988, 150-157.

[11] Morris, P.H. and Williams, D.J, *A new model of vane shear strength testing in soils*, Geotechnique 43 (3), 1993, 489-500.

[12] Morris, P.H. and Williams, D.J, *Effective stress vane strength correction factor correlations*, Canadian Geotechnical Journal 31 (3), 1994, 335-342.