



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۲۳۰۵-۲

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

12305-2

1st.Edition

2014

بررسی و آزمون ژئوتکنیکی - آزمون
صحرائی قسمت ۲: آزمون نفوذسنجی
دینامیکی

**Geotechnical Investigation and Testing -
Field Testing - Part 2: Dynamic Probing**

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 مؤسسه 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 برای اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند 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 می‌دهد 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 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 پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، 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 می‌تواند 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 استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سامانه‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) و وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) و 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

«بررسی و آزمون ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی قسمت ۲: آزمون نفوذسنجی دینامیکی»

رئیس:

خداپرست، مهدی
(دکتری ژئوتکنیک)

سمت و یا نمایندگی

استادیار و عضو هیات علمی دانشگاه قم

دبیر:

تولائی مهدی
کارشناس ارشد مدیریت اجرایی

کارشناس مسؤل اداره کل استاندارد استان قم

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

جعفری ایوری، سیدعلی
(کارشناس مهندسی عمران)

سمت و یا نمایندگی

کارشناس مسؤل صنایع برق، مکانیک و ساختمان
استاندارد گلستان

خداشناس، سید علی
(کارشناس ارشد عمران - خاک و پی)

کارشناس ارشد آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان قم

خرمی، حسین
(کارشناس ارشد عمران - ژئوتکنیک)

شرکت فردیس سازه شرق

دیرباز، روح الله
(کارشناس مهندسی عمران)

مسؤل آزمایشگاه‌های خاک و مصالح ساختمانی دانشگاه قم

رجبی، علی محمد
(دکتری زمین شناسی مهندسی)

عضو هیات علمی دانشگاه قم

شهبندگان، محمد
(کارشناس زمین شناسی)

مدیر آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان قم

کارشناس کمیته ژئوتکنیک سازمان نظام مهندسی
ساختمان استان قم

عضو هیات علمی دانشگاه قم

مدیر عامل شرکت ژرف آزمای کویر

عضو هیات علمی دانشگاه قم

صادقی، مهرداد
(کارشناس ارشد عمران - خاک و پی)

قریشیان امیری، سیدعلی
(دکتری ژئوتکنیک)

کنگرانی فراهانی، محمد رضا
(کارشناس ارشد عمران - خاک و پی)

معزی، ابوالقاسم
(کارشناس ارشد عمران - خاک و پی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف
۵	۴ وسایل
۵	۴-۱ ابزار کوبش
۶	۴-۲ سندان
۶	۴-۳ مخروط نفوذ
۶	۴-۴ میله‌های نفوذ
۶	۴-۵ دستگاه اندازه‌گیری گشتاور
۶	۴-۶ وسایل اختیاری
۶	۴-۶-۱ شمارنده ضربه
۷	۴-۶-۲ دستگاه اندازه‌گیری طول نفوذ
۷	۴-۶-۳ سامانه تزریق
۷	۴-۶-۴ دستگاه اندازه‌گیری ابعاد مخروط
۷	۴-۶-۵ وسیله‌ای برای کنترل انحراف میله‌های نفوذ از حالت عمودی
۷	۵ روش انجام آزمون
۷	۵-۱ وسایل بررسی و واسنجی
۹	۵-۲ مقدمات و آمادگی آزمون
۹	۵-۳ انجام آزمون
۱۰	۵-۴ عوامل موثر
۱۰	۵-۵ الزامات ایمنی
۱۱	۶ گزارش آزمون

۱۱	۱-۶ ثبت خلاصه مشخصات آزمون
۱۱	۲-۶ ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون
۱۲	۷ کاربرد نتایج آزمون
۱۴	پیوست الف (اطلاعاتی) تأثیر عوامل ژئوتکنیکی و وسایل بر نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی
۳۱	پیوست ب (اطلاعاتی) کتابنامه

پیش گفتار

استاندارد «بررسی و آزمون ژئوتکنیکی- آزمون صحرایی قسمت ۲: آزمون نفوذسنجی دینامیکی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده‌است و در پانصد و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۱/۳۰ مورد تصویب قرار گرفته‌است، 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 می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 22476-2: 2005+A1:2011, Geotechnical Investigation and Testing -Field
Testing -Part 2: Dynamic Probing

مقدمه

این استاندارد یکی از مجموعه استانداردهای ملی ایران به شماره ۱۲۳۰۵ است. دستگاه آزمون نفوذسنجی دینامیکی از اجزای زیر تشکیل شده است.

الف) مجموعه وسایل اعمال ضربه که با توجه به وزن و ارتفاع سقوط چکش امکان نفوذ مخروط را فراهم می کند.

ب) میله‌های نفوذ

پ) مخروط نفوذ

مقاومت در برابر نفوذ به صورت تعداد ضربات مورد نیاز برای فرو بردن مخروط به اندازه‌ی یک طول مشخص تعریف شده و ثبت پیوسته نتایج با توجه به عمق انجام می شود.

چهار نوع متفاوت این آزمون طیف گسترده ای از مقدار کار مخصوص در هر ضربه را (که امکان استفاده از آن را در انواع خاک‌های مختلف فراهم می نماید) پوشش می دهد که شامل نوع سبک^۱ و نوع متوسط^۲ و نوع سنگین^۳ و نوع خیلی سنگین^۴ می باشد.

نتایج این آزمون به طور خاص برای تعیین مشخصات کیفی لایه‌های خاک و به عنوان وسیله‌ای برای مقایسه نسبی مقاومت لایه‌های مختلف به عنوان یکی از آزمون‌های درجا مناسب است. نتایج این آزمون همچنین می تواند برای تعیین مقاومت و مشخصات تغییر شکل خاک، هم در خاک‌های غیرچسبنده و هم در خاک‌های چسبنده و ریزدانه، از طریق روابط تجربی مناسب به کار گرفته شود. ضمناً این نتایج می تواند هم برای تعیین عمق لایه‌های بسیار متراکم سطحی زمین و هم برای تشخیص و عمق خاک‌های بسیار سست و متخلخل و یا خاک دستی به کار گرفته شوند.

یادآوری - در شرایط معمول، امکان اخذ نمونه در این آزمون وجود ندارد.

-
- 1- Dynamic Probing Light (DPL)
 - 2- Dynamic Probing Medium (DPM)
 - 3- Dynamic Probing Heavy (DPH)
 - 4- Dynamic Probing Super Heavy (DPSH)

بررسی و آزمون ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی قسمت ۲: آزمون نفوذسنجی دینامیکی

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون نفوذسنجی دینامیکی به عنوان یکی از آزمون‌های ژئوتکنیکی می‌باشد که امکان تعیین مقاومت خاک در محل را با استفاده از نفوذ دینامیکی یک مخروط فراهم می‌نماید.

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 تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۱-۲ استاندارد ملی ایران به شماره ۳-۱۲۳۰۵-۱۳۸۸: بررسی و آزمون ژئوتکنیک- آزمون صحرایی- قسمت ۳: نفوذ استاندارد روش آزمون

2-2 EN 10204, Metallic products — Types of Inspection Documents

2-3 ISO 22475-1, Geotechnical Investigation and Testing – Sampling Methods and Groundwater Measurements – Part 1: Technical Principles for Execution

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۱-۳

نفوذسنج دینامیکی

شامل مخروط و میله‌های نفوذ می‌باشد.

۲-۳

وسایل نفوذسنجی دینامیکی

شامل نفوذسنج و تمام وسایل لازم برای فرو بردن نفوذسنج می‌باشد (شکل ۱).

۳-۳

سندان یا محل برخورد ضربه چکش

توسط این بخش ضربات چکش و همچنین انرژی آن به میله‌های نفوذ منتقل می‌شود.

۴-۳

بالشتک^۱، ضربه‌گیر^۲

این قطعه به منظور به حداقل رساندن آسیب وسایل، بر سندان قرار داده می‌شود.

۵-۳

چکش

این بخش به منظور تامین انرژی نفوذ مخروط، به صورت متوالی تا یک ارتفاع مشخص بالا برده می‌شود و رها می‌گردد.

۶-۳

میله راهنمای چکش

این میله عامل هدایت چکش بوده و امکان سقوط آن به میزان مشخص را فراهم می‌نماید.

۷-۳

ارتفاع سقوط

میزان سقوط آزاد چکش پس از رها شدن می‌باشد.

۸-۳

وسایل اعمال ضربه

این بخش دستگاه شامل چکش، میله راهنمای سقوط چکش و سندان می‌باشد.

۹-۳

میله‌های نفوذ

به میله‌هایی گفته می‌شود که وسایل اعمال ضربه را به مخروط نفوذ متصل می‌کند.

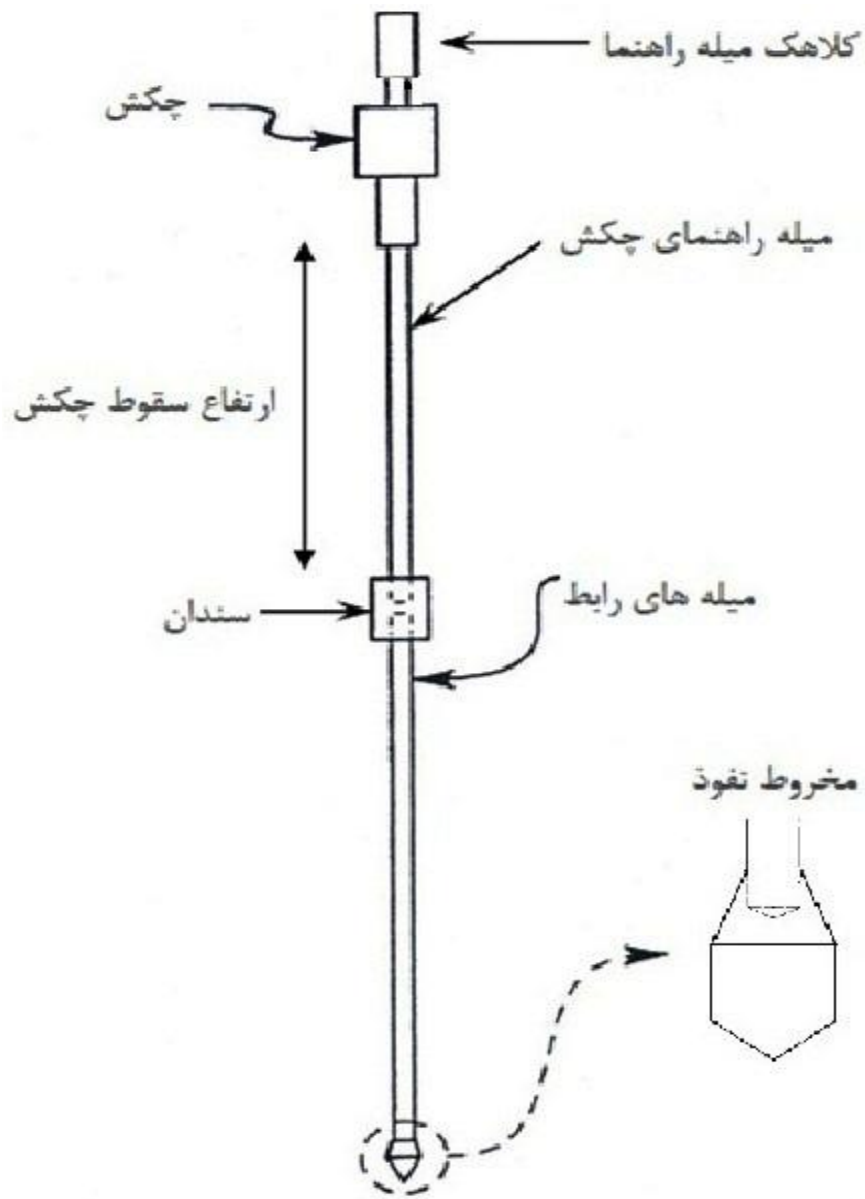
۱۰-۳

مخروط نفوذ

جسم نوک تیز مخروطی شکل با ابعاد استاندارد که برای اندازه‌گیری مقاومت در برابر نفوذ (طبق با جزییات شکل ۲) استفاده می‌شود.

1 -Cushion

2 -Damper



شکل ۱ - وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی

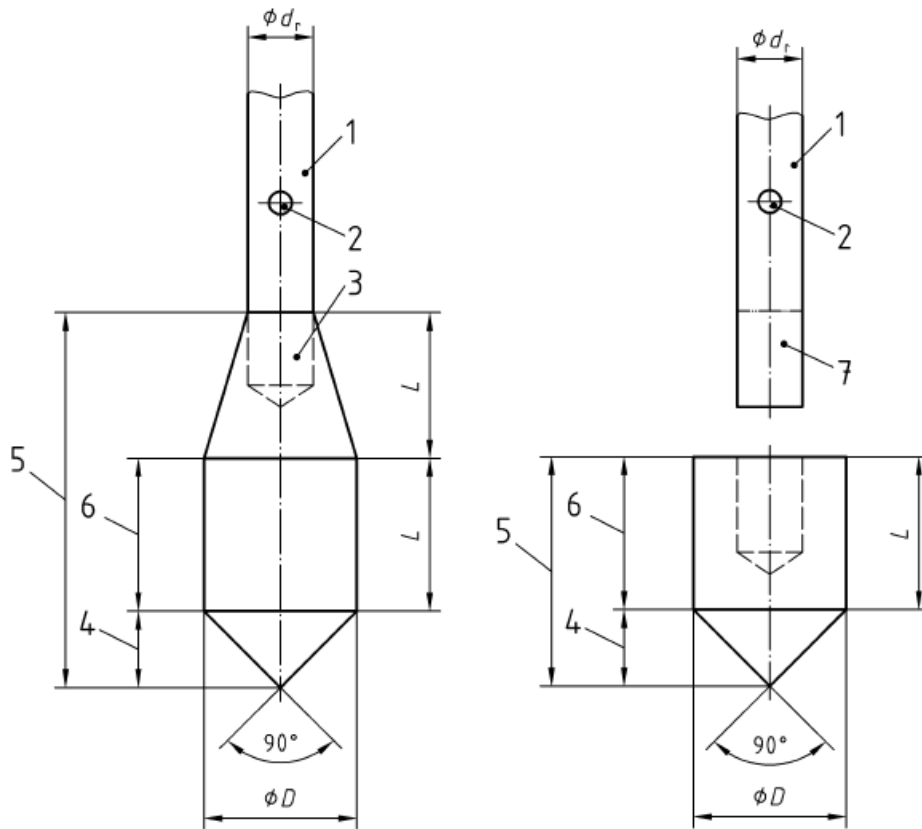
۱۱-۳

انرژی واقعی یا انرژی نفوذ^۱

انرژی مجموعه اعمال ضربه به میله‌های نفوذ که دقیقاً به زیر سندان منتقل می‌شود و در آنجا اندازه‌گیری می‌شود.

1- E_{meas}

یادآوری - روش اندازه‌گیری انرژی در پیوست ب استاندارد بند ۲-۱ ذکر شده است.



الف- مخروط نوع یک با اتصال ثابت به میله نفوذ
(با امکان استفاده مجدد)

ب- مخروط نوع دو با اتصال نقطه ای به میله نفوذ
(یک بار مصرف)

راهنما:

- ۱ میله نفوذ
- ۲ سوراخ تزریق به قطر حدود ۵ میلی‌متر (در صورت نیاز)
- ۳ سر رزوه‌شده میله نفوذ برای اتصال
- ۴ نوک مخروط
- ۵ کل مخروط
- ۶ دیواره مخروط
- ۷ سر میله نفوذ با اتصال نقطه ای
- L طول دیواره مخروط
- D قطر مخروط
- d_r قطر میله نفوذ

شکل ۲- مشخصات انواع مخروط نفوذ در آزمون نفوذسنجی دینامیکی

۱۲-۳

انرژی تئوری (E_{theor})

انرژی محاسبه شده بر اساس مشخصات مجموعه اعمال ضربه که بر اساس معادله (۱) محاسبه شده می‌شود:

$$E_{\text{theor}} = m \times g \times h \quad (۱)$$

که در آن:

m جرم چکش؛

g شتاب گرانش؛

h ارتفاع سقوط چکش است.

۱۳-۳

نسبت انرژی (E_r)

نسبت انرژی واقعی E_{meas} به انرژی تئوری E_{theor} که بر حسب درصد بیان می‌شود.

۱۴-۳

نتیجه آزمون (N_{xy})

تعداد ضربات مورد نیاز برای فرو بردن مخروط نفوذ به اندازه یک طول مشخص x (بر حسب سانتی‌متر) توسط نفوذسنج نوع y است.

۱۵-۳

کار مخصوص در هر ضربه (E_n)

مقدار آن بر اساس معادله (۲) محاسبه می‌شود:

$$E_n = m \times g \times h/A = E_{\text{theor}}/A \quad (۲)$$

که در آن:

m جرم چکش؛

g شتاب ناشی از گرانش؛

h ارتفاع سقوط چکش؛

E_{theor} انرژی تئوری؛

A مساحت مخروط نفوذ که بر اساس قطر آن محاسبه می‌شود.

۴ وسایل

۱-۴ ابزار کوبش

ابعاد و مشخصات اجزای ابزار کوبش در جدول ۱ ارائه شده‌اند. در این رابطه الزامات زیر باید برآورده شود:

الف) چکش در طول سقوط باید به راحتی و بدون هیچ اصطکاک حرکت کند.

ب) مکانیزم رهاشدن چکش باید سقوط آزاد به ارتفاع ثابتی را تضمین کند، به گونه ای که سرعت چکش در هنگام رهاسازی، ناچیز بوده و در میله‌های نفوذ، حرکت‌های لرزشی ایجاد نکند.

پ) سندان و کلاهک میله‌ی راهنما باید به صورت صلب به میله راهنمای چکش متصل شده باشند.

ت) توصیه می‌شود از یک هدایت کننده عمودی و مهار جانبی برای بخشی از میله‌های نفوذ که بالاتر از سطح زمین قرار دارند مورد استفاده قرار گیرد.

از آنجایی که انرژی نفوذ تولید شده به وسیله چکش همیشه قابل اطمینان نیست، هنگامی که از سامانه بادی (با فشار هوا) برای بالا بردن چکش استفاده می‌شود، باید مستندات بازرسی مطابق الزامات استاندارد بند ۲-۲ تهیه گردد.

۲-۴ سندان

جنس سندان باید از فولاد با مقاومت بالا باشد. استفاده از بالشتک یا ضربه‌گیر، بین چکش و سندان مجاز است.

۳-۴ مخروط نفوذ

مخروطی از جنس فولاد که زاویه راس آن باید ۹۰ درجه باشد. ابعاد و رواداری‌های این مخروط در جدول ۱ ذکر شده است.

باید توجه داشت که در صورت استفاده از گل حفاری سوراخ مربوط باید به اندازه کافی از نوک مخروط نفوذ فاصله داشته باشد به گونه‌ای که خاک در معرض نوک مخروط تحت تاثیر قرار نگیرد.

۴-۴ میله‌های نفوذ

جنس میله باید از فولاد با مقاومت بالا با ویژگی‌های مناسب برای آزمون و بدون تغییر شکل و سایش بیش از حد باشد. میله‌ها باید دارای قطعات اتصال و یا ممکن است دارای مهره باشند. تغییر شکل احتمالی آنها باید قابلیت اصلاح شدن داشته باشد به گونه‌ای که انحراف در هر نقطه میله اتصالی نسبت به یک خط مستقیم نباید از ۱ در ۱۰۰۰ (به عنوان مثال یک میلی‌متر در طول یک متر) بیشتر شود. ابعاد و جرم میله‌های نفوذ در جدول ۱ آورده شده است. حداکثر طول هر میله نباید بیش از دو متر باشد.

۵-۴ دستگاه اندازه‌گیری گشتاور

گشتاور لازم برای چرخاندن میله‌های نفوذ با استفاده از گشتاورسنج و یا ابزار مشابه اندازه‌گیری می‌شود. دستگاه باید قادر به اندازه‌گیری گشتاور حداقل ۲۰۰ نیوتن‌متر بوده و درجه‌بندی آن خوانش حداقل ۵ نیوتن‌متر را امکان‌پذیر نماید. استفاده از یک حسگر نیز برای ثبت مقدار گشتاور مجاز است.

۶-۴ وسایل اختیاری

۱-۶-۴ شماره‌دهنده ضربه

دستگاهی برای شمارش تعداد ضربات چکش که می‌تواند بر روی سامانه قرار گیرد.

۴-۶-۲ دستگاه اندازه‌گیری طول نفوذ

طول نفوذ یا با مشاهده و خوانش یک مقیاس روی میله‌ها و یا توسط حسگرهای الکترونیکی اندازه‌گیری می‌شود. باید کیفیت نمایش مقیاس، قابلیت تشخیص حداقل یک‌صدم طول اندازه‌گیری را امکان‌پذیر نماید.

۴-۶-۳ سامانه تزریق

سامانه تزریق شامل موارد زیر است:

- میله‌های توخالی؛
- مخروط نفوذ با نوک صلب؛
- پمپ گل که به زیر سندان متصل می‌شود و برای اطمینان از پرشدن فضای بین خاک دیواره سوراخ و میله‌های نفوذ مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- جریان گل که توسط پمپ ایجاد می‌شود باید به گونه‌ای باشد که همیشه اطمینان حاصل شود که همه فضای خالی بین زمین و میله‌های نفوذ پر گردد. همچنین جریان گل باید در طول عملیات کوبش و حتی در زمان بیرون کشیدن میله‌های نفوذ برقرار باشد.

یادآوری ۱- گل می‌تواند از ترکیب آب و بنتونیت با نسبت وزنی ۵ درصد تا ۱۰ درصد ذرات خشک به آب تهیه شود.

یادآوری ۲- گردش گل به سمت سطح الزامی نیست.

۴-۶-۴ دستگاه اندازه‌گیری ابعاد مخروط

اندازه‌گیری قطر و طول مخروط می‌تواند با استفاده از یک کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر و یا توسط یک سامانه معادل انجام شود.

۴-۶-۵ وسیله‌ای برای کنترل انحراف میله‌های نفوذ از حالت عمودی

این وسیله یک سامانه و یا هدایت‌گر برای بخشی از میله‌های نفوذ بالای سطح زمین می‌باشد که به منظور اطمینان از اینکه آنها در حالت کاملاً عمودی نگهداری شوند به کار گرفته می‌شود.

۵ روش انجام آزمون

۵-۱ وسایل بررسی و واسنجی^۱

قبل از انجام آزمون، باید ابعاد دستگاه را بررسی کرده و اطمینان حاصل کنید که ابعاد وسایل در محدوده مقادیر جدول ۱ می‌باشند. کنترل تاب نداشتن میله‌ها باید حداقل یک بار در هر محل آزمون جدید و یا حداقل پس از

جدول ۱ - مشخصات و ابعاد وسایل چهار نوع متعارف نفوذسنج دینامیکی

نوع	نماد	واحد	سبک (DPL)	متوسط (DPM)	سنگین (DPH)	خیلی سنگین (DPSH)	
						DPSH-A	DPSH-B
جرم چکش	m_h	kg	1.0 ± 0.1	3.0 ± 0.3	5.0 ± 0.5	63.5 ± 0.5	63.5 ± 0.5
ارتفاع سقوط چکش	h	mm	50.0 ± 1.0	50.0 ± 1.0	50.0 ± 1.0	50.0 ± 1.0	75.0 ± 2.0
قطر سندان	d	mm	$50 < d < D_h^a$	$50 < d < D_h^a$	$50 < d < 0.5 D_h^a$	$50 < d < 0.5 D_h^a$	$50 < d < 0.5 D_h^a$
حداکثر جرم سندان (شامل میله هدایت چکش)	m_a	kg	۶	۱۸	۱۸	۱۸	۳۰
قطر مخروط	D	mm	35.7 ± 0.3	43.7 ± 0.3	43.7 ± 0.3	45.0 ± 0.3	50.5 ± 0.5
سطح مقطع مخروط	A	cm ²	۱۰	۱۵	۱۵	۱۶	۲۰
طول دیواره مخروط	L	mm	35.7 ± 1	43.7 ± 1	43.7 ± 1	90.1 ± 2^b	51.0 ± 2
طول نوک مخروط	-	mm	17.9 ± 0.1	21.9 ± 0.1	21.9 ± 0.1	22.5 ± 0.1	25.3 ± 0.4
حداکثر پخ نوک مخروط (ناشی از آسیب)	-	mm	۳	۴	۴	۵	۶
حداکثر جرم میله‌های نفوذ	m_r	kg/m	۳	۶	۶	۶	۸
حداکثر قطر میله‌های نفوذ	d_r	mm	۲۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۵
کار مخصوص در هر ضربه	mgh/A (E_n)	kJ/m ²	۴۹	۹۸	۱۶۴	۱۹۵	۲۳۴

D_h :a قطر چکش می‌باشد و در حالت شکل مستطیلی، بعد کوچکتر معادل با قطر در نظر گرفته می‌شود.

b: فقط مخروط نوع یکبار مصرف

یادآوری - رواداری‌های ارائه‌شده، مربوط به رواداری‌های ساخت است.

۲۰ آزمون نفوذ در یک محل آزمون خاص انجام شود. همچنین پس از هر آزمون، می‌باید بررسی چشمی تاب‌داشتن میله‌ها صورت پذیرد.

از سوی دیگر در هر محل آزمون باید سرعت ضربات، ارتفاع سقوط، اصطکاک ناشی از سقوط آزاد چکش، شرایط مناسب سندان و قطعات مربوط به سقوط آزاد چکش برای انجام قابل قبول آزمون بررسی شوند. علاوه بر این، عملکرد مناسب دستگاه ثبت نتایج در مورد دستگاه‌هایی که از ثبت اتوماتیک نتایج استفاده می‌کنند، باید کنترل شود.

دقت ابزار اندازه‌گیری (اگر مورد استفاده قرار گیرند) باید پس از هر گونه صدمه، اضافه بار، تعمیر و یا حداقل هر شش ماه یکبار بررسی شود، مگر اینکه در کتابچه راهنمای سازنده نیاز به بازرسی فواصل کوتاه‌تر باشد. سوابق واسنجی باید همراه با وسایل نگهداری شود.

برای بررسی دستگاه نفوذسنج دینامیکی که با سامانه بادی (با فشار هوا) کار می‌کند، انرژی ضربه (E_{meas} انرژی واقعی) باید به صورت مستقیم اندازه‌گیری شود. حاصل تقسیم انرژی ضربه بر مساحت مخروط نباید بیش از ۳ درصد از مقدار کار مخصوص در هر ضربه (که در جدول ۱ مشخص شده است)، انحراف داشته باشد. انرژی ضربه باید هر شش ماه یکبار بررسی شود.

تلفات انرژی به عنوان نمونه در اثر ایجاد اصطکاک در میله راهنمای چکش، منجر به کاهش سرعت سقوط در مقایسه با سقوط آزاد می‌شود. بنابراین برای هر یک از وسایل جدید، انرژی واقعی انتقالی به میله‌های نفوذ باید تعیین شود.

۲-۵ مقدمات و آمادگی آزمون

وسایل این آزمون باید به صورت یک نفوذسنج عمودی برای آزمون آماده شود و در طول آزمون نباید جابه‌جا شوند. انحراف وسایل ضربه و میله‌های نفوذ که در سطح زمین قرار دارند، نباید بیش از ۵ درصد از حالت قائم باشد. اگر این شرط رعایت نشود آزمون نفوذسنجی دینامیکی باید متوقف گردد. البته میزان انحراف بیش از ۲ درصد باید گزارش شود.

در حالتی که وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی روی وسیله حمل کننده نصب شده باشد، وضعیت و شرایط وسیله حمل کننده نباید نتایج آزمون را تحت تاثیر قرار دهد.

هنگام انجام آزمون نفوذسنجی دینامیکی در شرایطی که میله‌ها برای حرکت جانبی آزاد هستند، به عنوان نمونه در بالای سطح آب و یا درون گمانه‌ها، میله باید با مهارهای کم اصطکاک در فواصل کمتر از دو متر به منظور جلوگیری از خم‌شدن در طول ضربه‌زدن مهار شوند.

۳-۵ انجام آزمون

در روش انجام آزمون باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرند:

۳-۵-۱ به طور کلی، آزمون نفوذسنجی دینامیکی از سطح زمین انجام می‌شود.

۵-۳-۲ میله‌ها و مخروط نفوذ باید به صورت کاملا عمودی و بدون خم‌شدن بخش بالای سطح زمین، درون خاک کوبیده شوند.

۵-۳-۳ در هنگام بالا بردن چکش نباید هیچ نیروی دینامیکی به سندان و میله‌ها اعمال شود.

۵-۳-۴ نفوذسنج باید به طور پیوسته به داخل زمین هدایت شود. نرخ نفوذ باید بین ۱۵ ضربه تا ۳۰ ضربه در هر دقیقه حفظ شود. البته در خاک‌های شنی و ماسه‌ای نرخ نفوذ تا ۶۰ ضربه در هر دقیقه نیز مجاز می‌باشد. هر نوع توقف بیش از ۵ دقیقه باید ثبت شده و گزارش شود.

۵-۳-۵ در هر یک متر نفوذ میله‌ها باید یک و نیم دور چرخانده شود و حداکثر گشتاور برای این منظور اندازه‌گیری شود. حداکثر گشتاور مورد نیاز برای چرخش میله‌ها باید با استفاده از گشتاورسنج و یا دستگاه معادل آن اندازه‌گیری شده و ثبت شود.

۵-۳-۶ هنگام استفاده از چکش‌های سنگین، باید برای سفت‌شدن اتصالات میله‌های نفوذ بعد از هر ۵۰ ضربه یک و نیم دور چرخانده شود.

۵-۳-۷ برای کاهش اصطکاک می‌توان از گل حفاری و یا آب که از طریق سوراخ‌های افقی در میله‌های توخالی نفوذ در نزدیکی مخروط نفوذ تزریق می‌شود استفاده نمود. گاهی اوقات استفاده از لوله نگه‌دارنده جدار^۱ ممکن است به همین منظور مورد توجه قرار گیرد.

۵-۳-۸ به ازای هر ۱۰۰ میلی‌متر نفوذ (N₁₀) برای انواع DPH، DPM، DPL و DPH تعداد ضربات ثبت شود. همچنین به ازای هر ۱۰۰ میلی‌متر نفوذ (N₁₀) یا ۲۰۰ میلی‌متر نفوذ (N₂₀) در انواع DPH-A و DPH-B تعداد ضربات ثبت شود.

تعداد ضربات متعارف در انجام عملیات برای N₁₀ بین ۳ تا ۵۰ و برای N₂₀ بین ۵ تا ۱۰۰ می‌باشد.

در موارد خارج از این محدوده، زمانی که مقاومت در برابر نفوذ کم است، به عنوان مثال در رس‌های نرم، عمق نفوذ یک ضربه می‌تواند ثبت‌شود. همچنین در خاک‌های سخت یا سنگ‌های نرم، که در آن مقاومت در برابر نفوذ بسیار زیاد است و ضربات بیش از حد متعارف می‌باشد، میزان نفوذ به ازای تعداد ضربات به عنوان جایگزین میزان نفوذ به ازای (۱۰۰ یا ۲۰۰) میلی‌متر نفوذ قابل استفاده است.

۵-۴ عوامل موثر

عوامل مرتبط با شرایط ژئوتکنیکی محل می‌تواند در انتخاب و کاربرد وسایل و نتایج آزمون‌ها مؤثر باشد.

۵-۵ الزامات ایمنی

رعایت مقررات ایمنی بر اساس مقررات ایمنی کشور ضروری می‌باشد، به عنوان نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- لزوم استفاده از وسایل بهداشت فردی و ایمنی؛

- امکان استفاده از هوای کافی و مناسب در فضاهای محدود (نظیر درون گمانه‌ها)؛

- لزوم رعایت نکات مربوط به ایمنی وسایل.

۶ گزارش آزمون

در صورت قابل اجرا بودن آزمون صحرائی گزارش نتایج آزمون در محل آزمون، باید تهیه شود. گزارش نتایج آزمون باید شامل موارد زیر باشد:

۶-۱ ثبت خلاصه مشخصات آزمون

در محل آزمون، اطلاعات زیر برای هر آزمون باید ثبت شود؛

۶-۱-۱ اطلاعات کلی:

۶-۱-۱-۱ نام کارفرما؛

۶-۱-۱-۲ نام شرکت ژئوتکنیک؛

۶-۱-۱-۳ نام و محل پروژه؛

۶-۱-۱-۴ نام و امضای مسؤل آزمون‌ها و کنترل وسایل؛

۶-۱-۱-۵ ارتفاع زمین محل آزمون با اشاره به یک نقطه ثابت؛

۶-۱-۱-۶ عملیات بر روی زمین یا روی سطح آب؛

۶-۱-۲ اطلاعات وسایل استفاده شده در آزمون:

۶-۱-۲-۱ نوع نفوذسنج دینامیکی (DPL, DPM, DPH, DPH-A یا DPH-B)؛

۶-۱-۲-۲ نوع و مشخصات مخروط؛

۶-۱-۲-۳ استفاده و یا عدم استفاده از ضربه گیر؛

۶-۱-۲-۴ پیش حفاری، در صورت نیاز؛

۶-۱-۲-۵ اقدامات صورت گرفته برای از بین بردن اصطکاک میله‌ها (مانند استفاده از لوله نگه‌دارنده جدار^۱، گل

حفاری و ...)

۶-۱-۲-۶ نوع میله نفوذ (سوراخ‌دار یا پُر)؛

۶-۱-۲-۷ پرکردن حفره آزمون پس از انجام آن (در صورت لزوم).

۶-۲ ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون

ثبت نتایج آزمون شامل موارد زیر می‌باشد:

۶-۲-۱ تعداد ضربات در هر ۱۰۰ میلی‌متر نفوذ برای انواع DPH و DPM, DPL و در هر (۱۰۰ یا ۲۰۰)

میلی‌متر نفوذ در انواع DPH-A و DPH-B از تراز شروع آزمون تا عمق نهایی آزمون؛

۶-۲-۲ حداکثر گشتاور مورد نیاز برای چرخش میله‌های نفوذ در هر عمق اندازه‌گیری (نیوتن‌متر)؛

۶-۲-۳ سطح آب‌های زیرزمینی و شرایط آرتزین^۱ (اگر وجود داشته باشد)؛
 ۶-۲-۴ تمام رویدادهای غیرمعمول یا مشاهدات در حین عملیات (به عنوان مثال تعداد ضربه کم، نفوذ بدون ضربات، انسداد موقت، نقص وسایل)؛
 ۶-۲-۵ تمام وقفه‌ها در کار؛
 ۶-۲-۶ دلایل پایان زود هنگام آزمون؛
 در نهایت نتایج آزمون باید به نحوی گزارش شود که برای اشخاص ثالث قابل بررسی و درک باشد.
 لازم به ذکر است که برای تعیین نوع خاک و طبقه بندی آن در هر لایه باید از طریق حفر گمانه دستی یا ماشینی و نمونه برداری اقدام شود.

۷ کاربرد نتایج آزمون

به منظور استفاده از نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی ابتدا می‌بایست اثر اصطکاک بین خاک و میله‌های نفوذ اعمال شود. برای این منظور ملاک عمل مقدار گشتاور مورد نیاز برای چرخش میله‌های نفوذ خواهد بود که می‌بایست بر اساس میزان گشتاور معادل یک ضربه نتایج آزمون اصلاح شود (مقدار N_{10} یا N_{20} باید با توجه به گشتاور اندازه‌گیری شده و محاسبه تعداد ضربات معادل آن کاهش یابد).

برای تعیین مقدار گشتاور معادل یک ضربه می‌توان پس از اندازه‌گیری میزان گشتاور لازم برای چرخاندن میله‌های نفوذ در اعماق مختلف، در مجاورت محل آزمون با تکرار آن با استفاده از میله‌های نفوذ سوراخ‌دار و استفاده از گل حفاری برای از بین بردن اصطکاک، نتایج به دست آمده در دو حالت را مقایسه کرده و میزان گشتاور معادل یک ضربه را تعیین نمود.

یادآوری- نتایج آزمون می‌تواند با استفاده از یکی از راه‌های زیر تفسیر شود:

۷-۱ بر اساس N_{10} برای انواع DPL، DPM و DPH و N_{10} یا N_{20} برای انواع DSSH-A و DSSH-B؛ در این حالت تغییرات N_{10} یا N_{20} در عمق بیانگر تغییرات مقاومت می‌باشد همچنین می‌توان با استفاده از ضریب تبدیل، N_{10} یا N_{20} را به مقدار عدد نفوذ استاندارد معادل، بر مبنای روابط انرژی تبدیل نمود. در این خصوص ضریب تبدیل بین نتایج آزمایش نفوذسنجی دینامیکی و آزمایش نفوذ استاندارد با استفاده از معادله (۳) قابل محاسبه می‌باشد:

$$f = \frac{N_{DP}}{N_{SPT}} = \frac{E_{n,SPT}}{E_{n,DP}} \frac{l_{DP}}{l_{SPT}} \quad (3)$$

که در آن:

l طول نفوذ در هر مرحله از آزمایش (که برای آزمایش نفوذسنجی دینامیکی ۱۰۰ یا ۲۰۰ میلی‌متر و برای آزمایش نفوذ استاندارد ۳۰۰ میلی‌متر می‌باشد)

E_n کار مخصوص در هر ضربه است که مقدار آن برای انواع نفوذسنج‌های دینامیکی در جدول ۱ آمده و مقدار آن برای آزمون نفوذ استاندارد نیز ۲۳۸ کیلو ژول بر متر مربع می‌باشد.

۷-۲ از طریق محاسبه مقاومت دینامیکی مخروط (q_d) با استفاده از معادله‌های (۴):

$$q_d = \left(\frac{m}{m+m'} \right) r_d \quad r_d = \frac{mgh}{Ae} \quad (۴)$$

که در آن:

m جرم چکش بر حسب کیلوگرم؛

g شتاب جاذبه بر حسب متر بر مجذور ثانیه؛

h ارتفاع سقوط چکش بر حسب متر؛

A سطح مقطع مخروط نوک بر حسب متر مربع؛

e متوسط نفوذ در هر ضربه بر حسب متر که مقدار آن برای انواع DPH، DPM، DPL و DPH برابر $0.1/N_{10}$ و برای انواع DPSH-A و DPSH-B برابر $0.1/N_{10}$ یا $0.1/N_{20}$ ؛

m' جرم میله‌ها و مخروط نفوذ، سندان و میله راهنمای چکش بر حسب کیلوگرم.

یادآوری - محاسبه و تعیین پارامتر مقاومت دینامیکی مخروط (q_d) دارای ویژگی‌ها و امتیازاتی می‌باشد. در این خصوص لازم به توضیح است که پارامتر (r_d) بیانگر کار انجام شده برای کوبش مخروط نفوذ در زمین بوده و پارامتر مقاومت دینامیکی مخروط (q_d) نیز با در نظر گرفتن جرم میله‌ها و چکش و سندان و سایر ملحقات، پارامتر r_d را برای انواع نفوذسنج‌های دینامیکی اصلاح می‌کند. به این ترتیب محاسبه پارامتر (q_d) این امکان را فراهم می‌کند که نتایج انواع مختلف نفوذسنج‌های دینامیکی با یکدیگر مقایسه شوند. (توجه شود که در یک خاک مشخص اگر تعداد ضربات خیلی کم باشد باید جرم چکش را کم کرده و اگر خیلی زیاد باشد باید جرم چکش را افزایش داد). بر اساس بررسی‌ها و تحقیقات انجام شده بر روی خاک‌های ریزدانه مناطق مختلف در صورت استفاده از هر یک از انواع مختلف نفوذسنج دینامیکی مقدار پارامتر مقاومت دینامیکی مخروط (q_d) در یک خاک مشخص مقدار ثابتی به دست می‌آید. از سوی دیگر روابط تجربی متعددی بین بسیاری از مشخصات خاک‌ها نظیر پارامترهای مقاومت برشی و وزن مخصوص و نسبت باربری کالیفرنیا و مدول برجهندگی و... با پارامتر مقاومت دینامیکی مخروط (q_d) ارائه شده و این روابط در حال توسعه می‌باشد.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

تأثیر عوامل ژئوتکنیکی و وسایل بر نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی

الف- ۱ مقدمه

الف-۱-۱ کلیات

عوامل زیر می‌تواند بر نتایج آزمون تاثیرگذار باشد:

الف- تاثیرات ژئوتکنیکی که ناشی از مقاومت برشی خاک و میزان تنش قائم در عمق، بر مقاومت نفوذ موثر خواهد بود.

ب- تاثیر وسایل

در انتخاب و کار با وسایل و به منظور جلوگیری از تفسیر نادرست از نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی، عوامل فوق باید در نظر گرفته شود، همچنین یافته‌های تحقیقات دیگر (به عنوان مثال اثر نمونه‌گیری بر اساس استاندارد بند ۲-۳) نیز باید مورد توجه قرار گیرد.

الف-۱-۲ تأثیرات عوامل ژئوتکنیکی

الف-۱-۲-۱ تأثیر نوع خاک، گروه خاک و ویژگی‌های خاک

در خاک‌های درشت‌دانه، به غیر از تراکم، ساختار دانه‌ها، توزیع اندازه دانه‌ها، شکل و زبری دانه‌ها، نوع کانی، درجه سیمانی‌شدن و سطح کرنش در خاک می‌تواند بر نتایج تاثیرگذار باشد. نمونه‌هایی از تأثیر نوع خاک، گروه خاک و ویژگی‌های خاک در شکل‌های الف-۲ تا الف-۴ نشان داده شده است. همچنین یک مثال از تاثیر مرز لایه‌ها در شکل الف-۵ آورده شده است. در خاک‌های ریزدانه، اثر اصطکاک میله‌ها می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر تعداد ضربات ثبت شده داشته باشد. البته استفاده از گل حفاری و آب می‌تواند این اثر را کاهش می‌دهد (شکل الف-۳).

الف-۱-۲-۲ اثر آب زیرزمینی

در خاک‌های درشت‌دانه، در شرایط یکسان در زیر سطح آب زیرزمینی تعداد ضربات کاهش می‌یابد (به ویژه در خاک‌های با مقاومت نفوذ پایین). مثال‌هایی از اثر آب‌های زیرزمینی در شکل‌های الف-۱۳ و الف-۱۴ نشان داده شده است.

البته در خاک‌های ریز دانه سیلتی، در شرایط یکسان در زیر سطح آب زیرزمینی تعداد ضربات برابر بوده و یا افزایش می‌یابد.

الف-۱-۳ تاثیر وسایل

موارد زیر به عنوان اثر وسایل بر مقاومت نفوذ می‌تواند در نظر گرفته شود:

الف- قطر مخروط نفوذ

ب- طول میله‌های نفوذ

پ- میزان انحراف میله‌های نفوذ

ت- مقدار اتلاف انرژی

نمونه‌هایی از اثر وسایل در شکل‌های الف-۱۵ و الف-۱۶ نشان داده شده است.

الف-۲ نمونه‌هایی از نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی در خاک‌های درشت‌دانه

در شکل الف-۱ اثر I_D شاخص وزن مخصوص (وزن مخصوص) بر تعداد ضربات در یک خاک درشت‌دانه همگن (ماسه درشت و متوسط) طبق معادله (۵) نشان داده شده است:

$$I_D = \frac{\gamma_d - \gamma_{d \min}}{\gamma_{d \max} - \gamma_{d \min}} \quad (\text{الف-۱})$$

در خاک‌های درشت‌دانه با فرض ثابت ماندن سایر شرایط موارد زیر قابل ذکر می‌باشد:

الف-۲-۱ مقاومت نفوذ و تعداد ضربات با افزایش شاخص وزن مخصوص خاک خیلی بیشتر از حالت خطی افزایش می‌یابد، بنابراین هرگونه تغییر در شاخص وزن مخصوص به عنوان مثال افزایش تراکم در عمق، را می‌توان توسط آزمون نفوذسنجی دینامیکی شناسایی کرد.

الف-۲-۲ خاک‌های با دانه‌های تیز گوشه و یا زبر دارای مقاومت نفوذ بیشتری نسبت به خاک‌های با دانه‌های گرد گوشه و صاف هستند.

الف-۲-۳ مقاومت نفوذ در خاک‌های بسیار درشت‌دانه (قلوه سنگ) و تخته‌سنگ‌ها به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد.

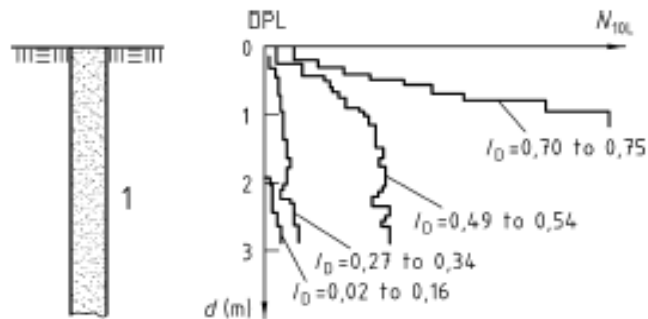
الف-۲-۴ توزیع اندازه دانه‌ها (ضریب یکنواختی و منحنی دانه‌بندی) بر مقاومت نفوذ تاثیرگذار می‌باشد.

الف-۲-۵ عامل سیمانی‌شدن^۱ بین دانه‌ها مقاومت نفوذ را بطور قابل توجهی زیاد می‌کند.

شکل الف-۱ نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی نوع سبک (DPL) را در یک خاکریز نشان می‌دهد.

این آزمون‌ها در یک چاله آزمون انجام شده است که لایه‌های خاک در آن از جنس ماسه متوسط و درشت با مقادیر وزن مخصوص نسبی متفاوت در نقاط مختلف بوده اند.

شکل الف-۲ افزایش مقاومت در برابر نفوذ را در میان لایه‌هایی با ضخامت کم از ریگ و قلوه‌سنگ نشان می‌دهد. البته نباید مقادیر پیک موضعی برای تعیین ظرفیت باربری و مقاومت کل لایه مورد استفاده قرار گیرند.



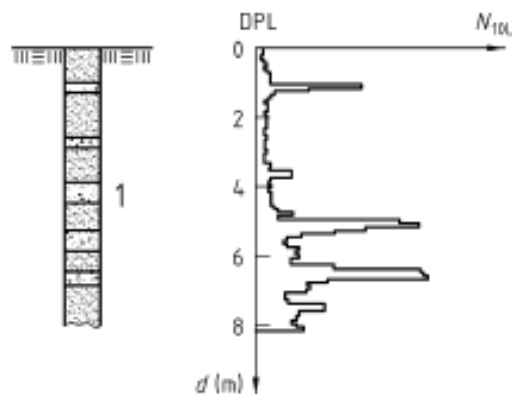
راهنما

۱ خاک ماسه متوسط و درشت

d عمق

I_D شاخص وزن مخصوص

شکل الف-۱ تغییرات مقاومت نفوذ و تعداد ضربات با شاخص وزن مخصوص در یک خاک درشتدانه همگن



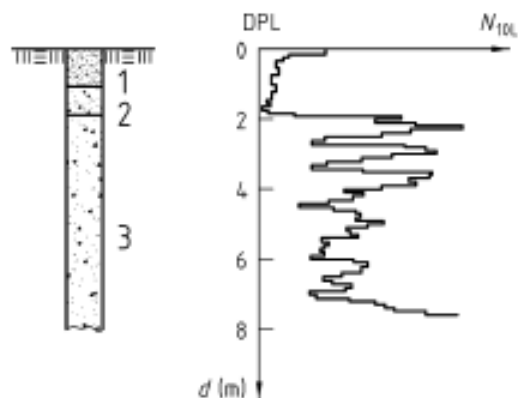
راهنما

۱ خاک لای ماسه دار با میان لایه‌های از قلوه سنگ

d عمق

شکل الف-۲ افزایش مقاومت نفوذ در میان لایه‌های قلوه سنگی

شکل الف-۳ نشان می‌دهد که مقاومت در برابر نفوذ در خاک‌های درشتدانه نسبت به خاک‌های ریزدانه از نوسان بیشتری برخوردار است. همچنین محدوده تغییرات در خاک‌های شنی خیلی بیشتر از ماسه‌ای می‌باشد. همچنین باید توجه شود که تغییرات مطلق مقاومت در برابر نفوذ فقط به علت تفاوت در وزن مخصوص نسبی لایه‌ها نیست بلکه ناشی از جابجایی و یا شکستن ذرات بزرگ‌تر نیز می‌باشد.



راهنما

۱ لای ماسه دار

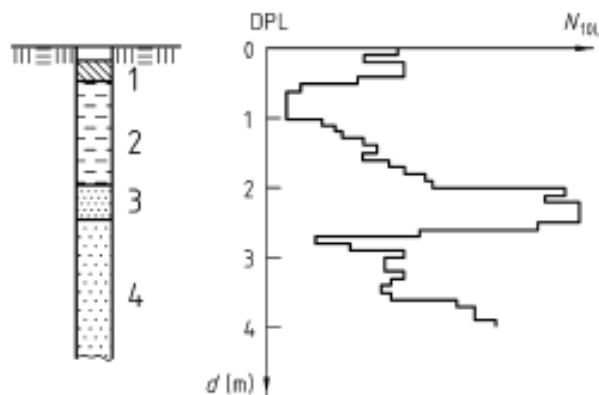
۲ لای

۳ شن

d عمق

شکل الف-۳ تغییرات مقاومت نفوذ در خاک‌های ریزدانه و درشت‌دانه

شکل الف-۴ اثر سیمانی‌شدن بین ذرات یک لایه ماسه‌ای در مقاومت نفوذ را نشان می‌دهد. این نوع از سیمانی شدن ممکن است در حین حفر گمانه قابل شناسایی نباشد. سیمانی شدن اشاره شده در یک چاله آزمونی مشاهده شده است.



راهنما

۱ خاک کشاورزی

۲ رس

۳ ماسه متوسط سیمانی‌شدن

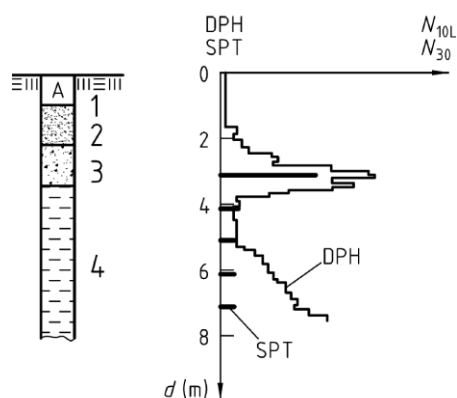
۴ ماسه متوسط

d عمق

شکل الف-۴ تغییرات مقاومت نفوذ در خاک ماسه متوسط سیمانی‌شده

الف-۳ نمونه‌هایی از نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی در خاک‌های ریز دانه

در خاک‌های نرم اصطکاک جانبی در طول میله‌های نفوذ، اثر قابل توجهی بر مقاومت نفوذ دارد. شکل، الف-۵ نتایج آزمون نفوذ استاندارد (SPT) را نشان می‌دهد که بر خلاف نتایج به دست آمده از نفوذسنج دینامیکی نوع سنگین (DPH)، مقاومت نفوذ واقعی را نشان می‌دهد چرا که اصطکاک جانبی در امتداد میله‌های نفوذ در آزمون SPT، به علت انجام آن در یک گمانه حذف شده است.

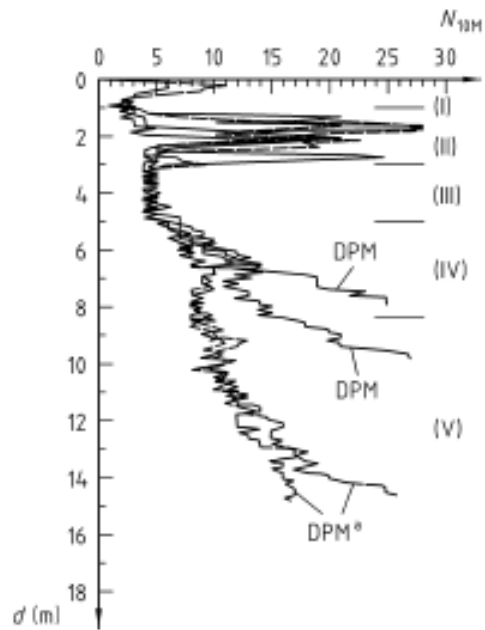


راهنما

- ۱ خاکریز
- ۲ لای ماسه و شن دار
- ۳ شن ماسه دار
- ۴ رس
- d عمق

شکل الف-۵- تغییرات مقاومت نفوذ در خاک ماسه متوسط سیمانی شده

شکل الف-۶ مقطع عرضی نتایج آزمون‌های انجام شده با نفوذسنج دینامیکی نوع متوسط (DPM) با استفاده و بدون استفاده از گل حفاری را نشان می‌دهد. در این خصوص باید توجه داشت که گل حفاری اصطکاک میله‌های نفوذ را کاهش می‌دهد و اجازه نفوذ تا عمق بیشتر را فراهم می‌نماید. البته در شکل مذکور داده‌ها برای اثر اصطکاک با استفاده از گشتاورهای اندازه‌گیری شده اصلاح نشده اند.



راهنما

DPM نفوذسنج دینامیکی نوع متوسط بدون استفاده از گل حفاری

DPM^a نفوذسنج دینامیکی نوع متوسط با استفاده از گل حفاری

I لایه فوقانی

II شن

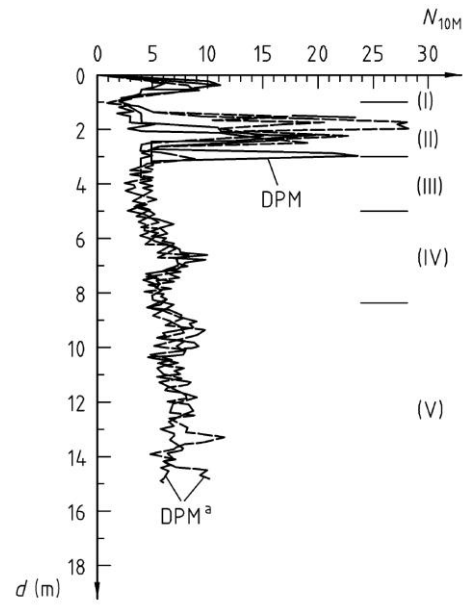
III و IV رس هوازده

V رس هوازده نشده

d عمق

شکل الف-۶- کاهش اصطکاک جانبی با استفاده از گل حفاری

شکل الف-۷ داده‌های آزمون‌های انجام‌شده با نفوذسنج دینامیکی نوع متوسط (DPM) شکل الف-۶ را نشان می‌دهد که با استفاده از خوانش گشتاورهای اندازه‌گیری‌شده، برای اثر اصطکاک میله‌های نفوذ اصلاح شده اند. این اصلاح مقادیر N_{10M} را در اعماق بیشتر کاهش می‌دهد. لازم به ذکر است که اطلاعات بیشتر در خصوص نحوه اصلاح در بند شماره [۱۲] آمده است.



راهنما

DPM نفوذسنج دینامیکی نوع متوسط بدون استفاده از گل حفاری

DPM^a نفوذسنج دینامیکی نوع متوسط با استفاده از گل حفاری

I لایه فوقانی

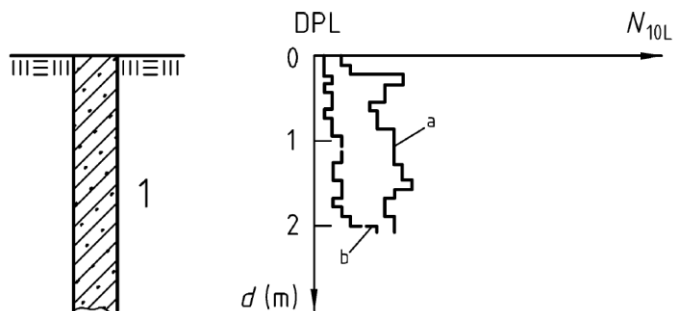
II شن

III و IV رس هوازده

V رس هوازده نشده

d عمق

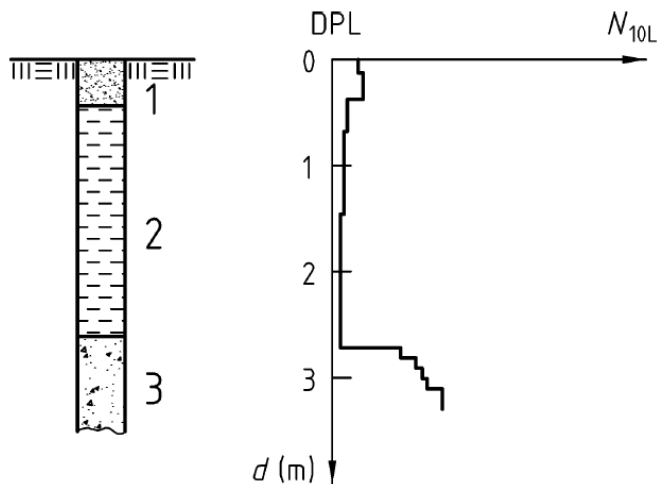
شکل الف-۷-مثالی از اثر اصلاح اندازه‌گیری گشتاور در یک خاک ریزدانه



- راهنما
- a سیلت طبیعی
 - b خاکریز سیلتی
 - ۱ سیلت متوسط با کمی رس
 - d عمق

شکل الف-۸- مقاومت نفوذ در یک خاک سیلت طبیعی و یک خاکریز سیلتی متراکم شده تقریباً با همان وزن مخصوص

شکل الف-۸- نتایج آزمون‌های انجام شده با نفوذسنج دینامیکی نوع سبک (DPL) در یک خاک سیلت طبیعی و یک خاکریز سیلتی متراکم شده تقریباً با همان وزن مخصوص را نشان می‌دهد:



- راهنما
- ۱ رس لای دار
 - ۲ خاک کشاورزی تجزیه شده
 - ۳ رس سیلت دار و ماسه دار
 - d عمق

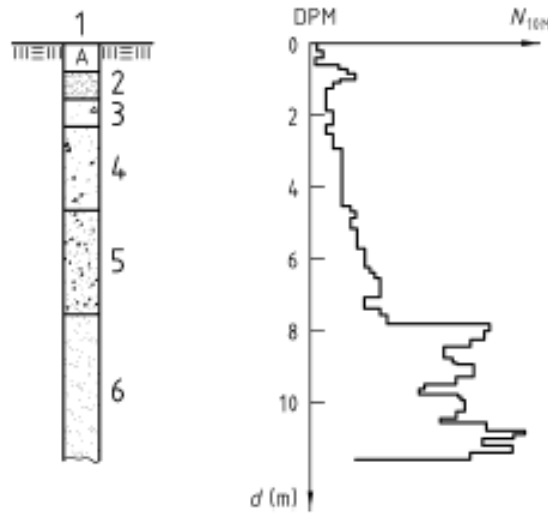
شکل الف-۹- نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی در یک خاک کشاورزی تجزیه شده

شکل الف-۹- نشان می‌دهد که یک خاک کشاورزی تجزیه شده مقاومت نفوذ بسیار کم دارد.

الف-۴ نمونه‌هایی از نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی در خاک‌های مخلوط

از آنجایی که تأثیرات اشاره شده در بخش‌های قبل می‌تواند در خاک‌های مخلوط هم‌پوشانی داشته باشد، بنابراین احتمال تفسیر نادرست نسبتاً زیاد است.

شکل الف-۱۰ نوسانات در مقاومت نفوذ را با استفاده از نفوذسنج دینامیکی نوع متوسط (DPM) در انواع مختلفی از خاک‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود نوسانات در خاک‌های با اندازه دانه مخلوط (ماسه درشت لای دار) نسبت به خاک‌های ریز دانه با ترکیبات آلی (مانند مارن) بیشتر است.



راهنما

- ۱ خاکریز
- ۲ ماسه رس دار با شن و لای
- ۳ خاک کشاورزی
- ۴ مارن با بقایای گیاهی
- ۵ مارن رس دار
- ۶ ماسه درشت لای دار همراه با شن نرم
- d عمق

شکل الف-۱۰- تغییرات مقاومت نفوذ در خاک‌های گوناگون

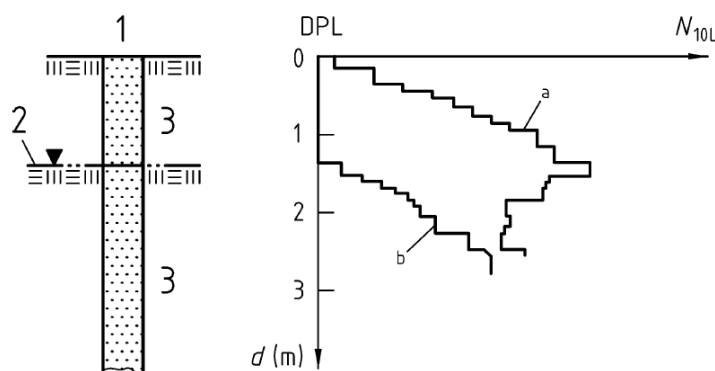
الف-۵ نمونه‌هایی از نتایج مقاومت نفوذ در اعماق سطحی

در خاک‌های درشت‌دانه، عمق بحرانی (۱ متر تا ۲ متر پایین‌تر از سطح زمین) با شاخص وزن مخصوص و قطر مخروط نفوذ زیاد می‌شود. علاوه بر این، مقاومت در برابر نفوذ تا رسیدن به عمق بحرانی به شدت افزایش می‌یابد. اما در زیر عمق بحرانی، مقاومت در برابر نفوذ تقریباً ثابت باقی می‌ماند.

اعمال سربار بر روی لایه (مثلاً خاکریزی) و یا هر نوع بار اضافی بر خاک زیرین (مثلاً فونداسیون) ممکن است مقاومت در برابر نفوذ را افزایش دهد.

شکل الف-۱۱ دو نتیجه از آزمون‌های انجام‌شده با نفوذسنج دینامیکی نوع سبک (DPL) را در یک چاله آزمایشی از جنس ماسه متوسط تا درشت با چگالی مشابه در سراسر عمق، نشان می‌دهد. این آزمون از سطح یک خاکریز انجام‌شد و در آن ابتدا یک افزایش در مقاومت نفوذ با عمق دیده‌می‌شود و سپس تقریباً به یک مقدار ثابت می‌رسد.

پس از برداشتن به اندازه ۱٫۳ متر از ضخامت لایه، آزمون دوم انجام‌شد و نشان داد که با شروع از سطح جدید، ابتدا مقاومت نفوذ در مناطق نزدیک به سطح در مقایسه با آزمون اول، کمتر است اما بعد از یک افزایش تند و زیاد در مقاومت نفوذ، در اعماق بیشتر به همان مقادیر آزمون اول از سطح خاکریز می‌رسد.



راه‌نما

- a آزمون از سطح خاکریز
- b آزمون در کف چاهک
- ۱ سطح خاکریز
- ۲ کف چاهک
- ۳ ماسه متوسط تا درشت متراکم
- d عمق

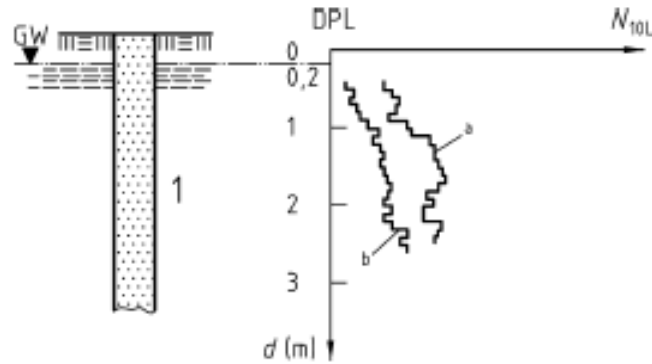
شکل الف-۱۱-مقاومت نفوذ کم در ناحیه ای در نزدیکی سطح یک لایه ماسه متوسط متراکم

الف-۶ نمونه‌هایی از اثر آب زیرزمینی

در خاک‌های درشت‌دانه، با فرض ثابت ماندن سایر شرایط، به علت کمتر بودن تنش قائم موثر مقاومت نفوذ در زیر سطح آب زیرزمینی، کمتر از بالای سطح آب می‌باشد.

اما در خاک‌های ریز دانه، با توجه به اثر مویینگی، مقاومت در برابر نفوذ در زیر سطح آب زیرزمینی، ممکن است برابر و یا بیشتر از بالای سطح آب باشد. در این خصوص لازم به ذکر است که نتایج آزمون نفوذسنجی ممکن است تحت تاثیر فشار آب حفره ای و جریان آب زیرزمینی قرار بگیرد.

نتایج نشان داده‌شده در شکل الف-۱۲ اثر آب‌های زیرزمینی را در خاک‌های درشت‌دانه نشان می‌دهد. بنابراین همانگونه که ذکر شد در زیر سطح آب زیرزمینی، در شرایط شاخص وزن مخصوص یکسان، مقاومت نفوذ کم‌تری اندازه‌گیری می‌شود.



راهنما

a بدون سطح آب زیر زمینی

b سطح آب زیر زمینی در عمق ۲۰ سانتی متری

۱: ماسه متوسط و نرم

d: عمق

شکل الف-۱۲-تأثیر آب زیرزمینی بر تغییرات مقاومت نفوذ در یک لایه ماسه نرم و متوسط

در ادامه مثالی از تأثیر کمی آب زیرزمینی در نتایج آزمون کاوشگر دینامیکی در خاک‌های غیر چسبندگی آورده شده است. آزمایشات مقایسه ای بین نفوذسنج‌های نوع DPL و نوع DPH در یک لایه ماسه بد دانه بندی شده (SP) و با نفوذسنج نوع DPH در یک لایه مخلوط شن و ماسه خوب دانه بندی شده (GW)، تحت شرایط کنترل شده در بالا و در زیر سطح آب زیرزمینی انجام شده است.

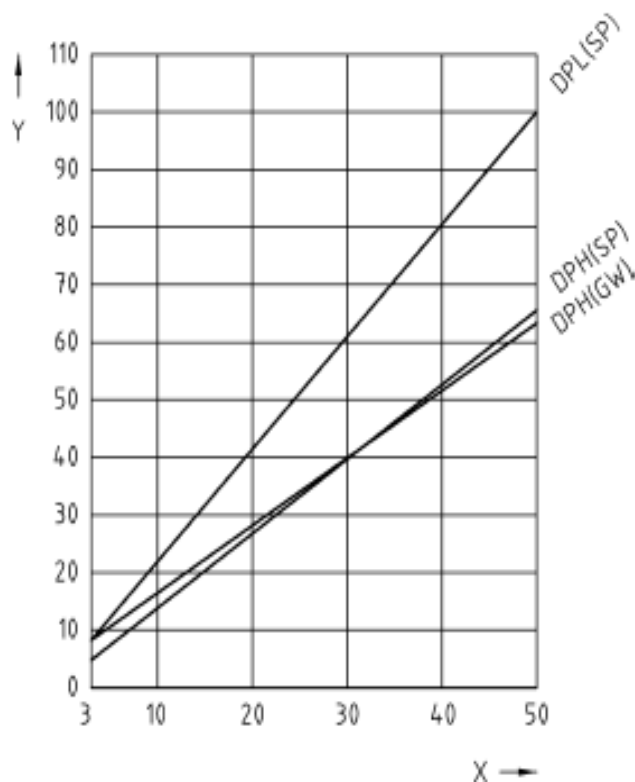
شکل الف-۱۳ ارتباط بین تعداد از ضربات N_{10H} و N_{10L} در بالای سطح آب زیرزمینی و N'_{10H} و N'_{10L} در زیر سطح آب زیرزمینی طبق معادله (۶) نشان می‌دهد.

$$N_{10} = a_1 N'_{10} + a_2 \quad (\text{الف-۲})$$

الف-۷- نمونه‌هایی از تأثیر وسایل

در آزمون نفوذسنجی دینامیکی، مقاومت در برابر نفوذ با افزایش سطح مقطع مخروط نفوذ زیاد می‌شود. همچنین مقاومت نفوذ به نسبت قطر مخروط به قطر میله‌های نفوذ که بر اصطکاک جانبی در طول میله‌های نفوذ موثر است، بستگی دارد. همچنین این اثر به نوع خاک، ترتیب لایه‌ها و عمق نفوذ بستگی دارد. در خاک‌های ریز دانه، هنگامی که نسبت سطح مقطع مخروط به قطر میله‌های نفوذ کوچک است، اصطکاک جانبی در طول میله‌های نفوذ به سرعت زیاد می‌شود.

شکل الف-۱۴ نشان می‌دهد که در لایه‌های نزدیک به سطح، مقاومت نفوذ برای یک قطر میله ثابت، در مخروط نفوذ با قطر بزرگتر نسبت به مخروط نفوذ با قطر کوچکتر، خیلی بیشتر است. اما در لایه‌های عمیق‌تر، تغییرات مقاومت نفوذ بستگی به نوع و شرایط خاک دارد.



طبقه بندی خاک	ضریب یکنواختی $C_U = d_{60}/d_{10}$	ضرایب			
		DPL		DPH	
		a ₁	a ₂	a ₁	a ₂
SP	≤ 3	2.0	2.0	1.3	2.0
GW	≥ 6	-	-	1.2	4.5

راهنما

X تعداد ضربات N'_{10H} و N'_{10L} زیر سطح آب زیر زمینی

Y تعداد ضربات N'_{10H} و N'_{10L} بالای سطح آب زیر زمینی

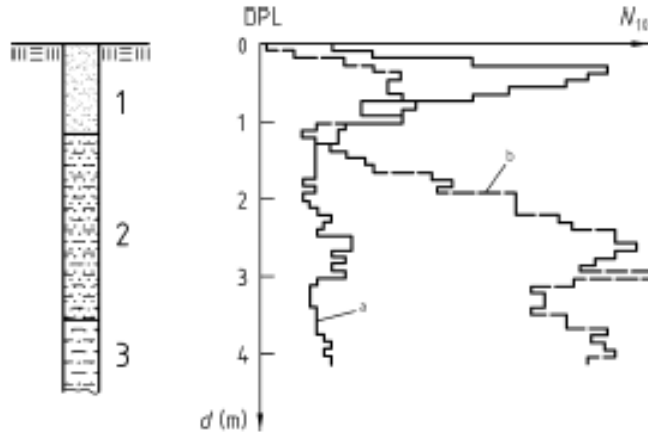
SP ماسه بد دانه بندی شده

GW مخروط شن و ماسه خوب دانه بندی شده

شکل الف-۱۳- مثالهایی از تاثیر آب زیرزمینی بر نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی

بنابراین در استفاده از کاوشگر دینامیکی در لایه‌های سیلتی، مقاومت نفوذ در مخروط با قطر کوچکتر، در مقایسه با مخروط با قطر بزرگتر به علت اصطکاک جانبی بیشتر است.

در مخروط با قطر کوچکتر، اصطکاک جانبی در طول میله‌های نفوذ اثر قابل توجهی بر افزایش مقاومت نفوذ دارد زیرا مخروط فقط کمی عریض‌تر از میله‌ها می‌باشد. در آزمون با کاوشگر دینامیکی، در شرایط یکسان، تعداد ضربات با افزایش طول میله زیاد می‌شود زیرا بازدهی آزمون کاهش می‌یابد.

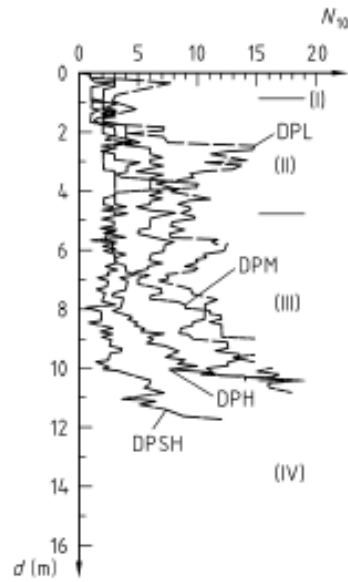


راه‌نما

- a آزمون با مخروط با قطر بزرگتر
- b آزمون با مخروط با قطر کوچکتر
- ۱ شن ماسه دار
- ۲ لای ماسه دار با کمی رس متراکم
- ۳ لای رس دار نرم
- d عمق

شکل الف-۱۴-تاثیر سطح مقطع مخروط نفوذ بر نتایج آزمون نفوذسنجی دینامیکی

شکل الف-۱۵ داده‌های N_{10} به دست آمده از چهار نوع مختلف وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در انواع با چکش سبک‌تر تغییرات بیشتری در نتایج تعداد ضربات در هر یک از لایه‌های خاک وجود دارد ولی در انواع با چکش سنگین‌تر مقادیر N_{10} به هم نزدیک‌تر و یا کم‌تر از حداقل مقدار قابل قبول می‌باشد. شایان ذکر است که گل حفاری استفاده شده اصطکاک میله‌های نفوذ را در همه انواع مختلف وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی کاهش داده و باعث کم شدن تعداد ضربات شده است اما در نوع DPSH مقدار این کاهش قابل توجه می‌باشد.

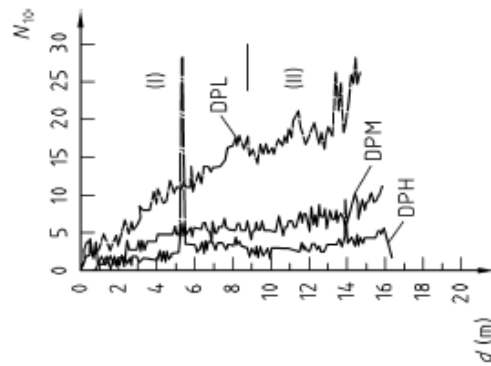
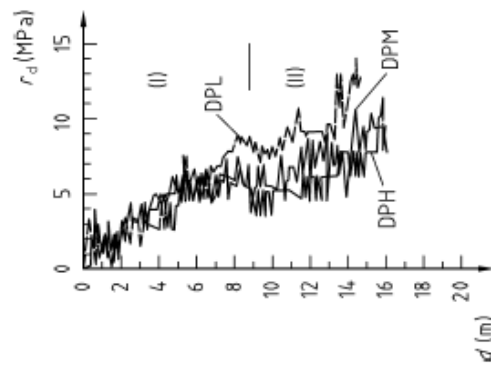
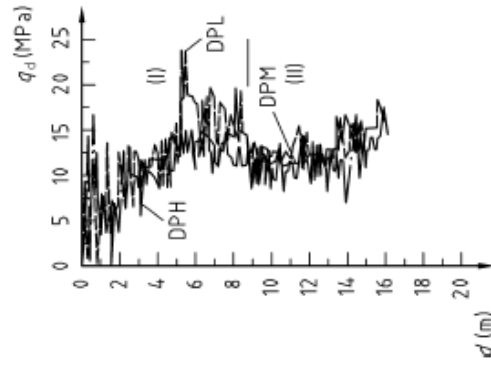


راهنما

- I لایه فوقانی
 - II ریزدانه هوازده از نوع till
 - III ریزدانه هوازده نشده از نوع till
 - IV ماسه لای دار
- d عمق

شکل الف-۱۵- مقایسه انواع مختلف وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی

شکل الف-۱۶ داده‌هایی شامل تعداد ضربات، پارامتر r_d و پارامتر (q_d) مربوط به سه نوع مختلف وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی DPL، DPM و DPH از جنس رس پیش تحکیم یافته را نشان می‌دهد.



راهنما

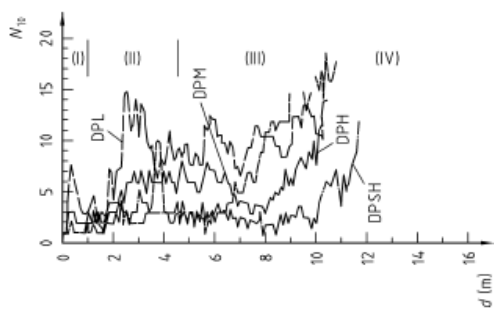
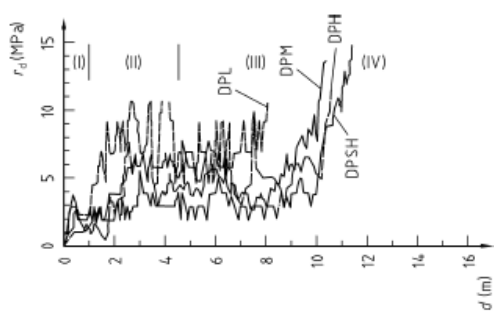
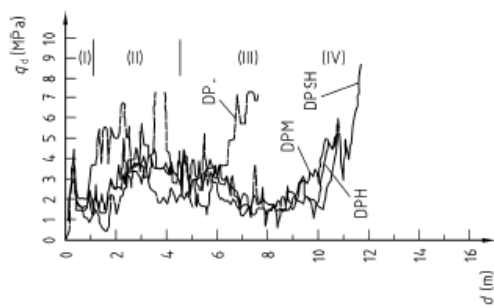
I رس لندن هوازده

II رس لندن هوازده نشده

d عمق

شکل الف-۱۶- نتایج داده‌های سه نوع مختلف وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی DPH، DPM، DPL از جنس

رس پیش تحکیم یافته



راهنما

I: لایه فوقانی

II: ریزدانه هوازده از نوع till

III: ریزدانه هوازده نشده از نوع till

IV: ماسه لای دار

d: عمق

شکل الف-۱۷- نتایج داده‌های چهار نوع مختلف وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی DPH، DPM، DPL و DPSH از جنس ریزدانه پیش تحکیم یافته از نوع till

همچنین شکل الف-۱۷ همان داده‌ها را مربوط به چهار نوع مختلف وسایل آزمون نفوذسنجی دینامیکی DPL، DPM، DPH و DPH نشان می‌دهد
همانطور که در دو شکل اخیر مشاهده می‌شود در همه انواع مختلف نفوذسنج دینامیکی مقدار پارامتر مقاومت دینامیکی مخروط (q_d) مقدار ثابت و مشابهی به دست آمده است.

پیوست ب
(اطلاعاتی)
کتابنامه

- [۱] خداپرست، م.، «توسعه تکنیکهای شناسایی خاک با استفاده از کاوشگرهای دینامیکی»، پایان نامه دکتری، گروه مهندسی عمران دانشکده فنی دانشگاه تهران (۱۳۸۴).
- [۲] خداپرست، م.، فاخرع، «استفاده از نتایج کاوشگرهای دینامیکی در مطالعه خاک‌های ریزدانه و برآورد پارامتر چسبندگی»، مجله علمی پژوهشی عمران مدرس، دوره یازدهم، شماره ۲ (۱۳۹۰) صفحه‌های ۱۰۱ تا ۱۱۰.
- [3] ASTM D 4633-86: Standard test method for stress wave energy measurements for dynamic penetrometer testing systems. - American Society for Testing and Materials, Philadelphia 1986.
- [4] Butler, J.J., Caliendo, J.A., Goble, G.G.: Comparison of SPT energy measurements methods. - Proc. 1st Int. Conf. on Site Characterization, Atlanta 1998, Vol. 2, 901-905.
- [5] Farrar, J.A.: Summary of Standard Penetration Test (SPT) energy measurements experience. - Proc. 1st Int. Conf. on Site Characterization, Atlanta 1998, Vol. 2, 919-926.
- [6] Gonin, H.: Du Pénétrömètre dynamique au battage des pieux. - Revue Française de Géotéchnique No 76, 1996.
- [7] Gonin, H.: La formule des Hollandais ou le conformisme dans l'enseignement. - Revue Française de Géotéchnique No 87, 1999.
- [8] Matsumoto, T; Sekeguchi, H., Yoshida, H. & Kita, K: Significance of two-point strain measurements in SPT. - Soils and Foundations, JSSMFE, Vol. 32, 1992, No 2, pp. 67-82.
- [9] EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design — Part 1: General rules
- [10] EN 1997-2, Eurocode 7: Geotechnical design — Part 2: Ground investigation and testing
- [11] EN ISO 22476-3, Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 3: Standard penetration test (ISO 22476-3:2004)
- [12] ISO 14688 (all parts), Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of soil
- [13] ISO 14689 (all parts), Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of rock
- [14] BUTCHER, A.P., MCELMEEL, K. and POWELL, J.J.M.: Dynamic probing and its use in clay soils. Proc. Int. Conf. on Advances in Site Investigation Practice. ICE London 1995, pp. 383-395