INSO
12305-4
1st.Edition
2014

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

استاندارد ملی ایران
۱۲۳۰۵-۴
چاپ اول
۱۳۹۳

تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی- آزمون صحرائی- قسمت ۴: آزمون فشارسنجی منارد

Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 4: Ménard pressuremeter test

ICS: 93.020

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

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

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان ، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود . پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب ، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود . بدین ترتیب ، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)[1] ،کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5]در کشور فعالیت می کند . در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت های علمی ، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون ، برای حمایت از مصرف کنندگان ، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی ، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی ، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور ، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید . همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره ، آموزش ، بازرسی ، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی ، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم ، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند . ترویج دستگاه بین المللی یکاها ، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش ، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است .

1- International Organization for Standardization
2 - International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)
4 - Contact point
5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی- آزمون صحرائی- قسمت ۴ : آزمون فشارسنجی منارد»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
رواء افشین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی
دبیر:	
پورابابا، مسعود (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	شرکت کیفیت آفرینان آذر
اعضاء : (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
ادریسی، نازیلا (کارشناسی ارشد معماری)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد سردرود
ارشد شبخانه، بهمن (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	اداره کل استاندارد آذربایجان‌شرقی
پورابابا، مسعود (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه
تبریزی، آذر (کارشناسی مهندسی عمران)	شرکت کیفیت آفرینان آذر
زمان‌پور، اصغر (کارشناسی مهندسی عمران)	مجتمع مس سونگون
عدالتی، حسین (کارشناسی ارشد مهندسی عمران)	شرکت بتن خاوران

قدیمی کلجاهی، فریده
(کارشناسی ارشد شیمی)
اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

متذکر، نسیبه
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)
اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

مشاور، عاطف
(کارشناسی مهندسی عمران)
شرکت تکین ساز آزما

پیش گفتار

استاندارد " تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی- آزمون صحرائی- قسمت ۴ : آزمون فشارسنجی منارد" که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط شرکت کیفیت آفرینان آذر تهیه و تدوین شده است و در پانصد و نهمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۲/۲۷، 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 می‌شود.

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

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

ISO 22476-4:2012, Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 4: Ménard pressuremeter test

تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی- آزمون صحرائی- قسمت ۴ – آزمون فشارسنجی منارد[1]

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات تجهیزات، انجام و گزارش آزمون فشارسنج منارد است.

یادآوری۱- این استاندارد الزامات آزمون فشارسنج منارد را به عنوان قسمتی از تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی مطابق با استانداردهای EN1997-1 و EN1997-2 بیان می کند.

این استاندارد روش هدایت آزمون فشارسنج منارد در خاک‌های طبیعی خاکریزهای حفاظت شده و حفاظت نشده و سنگ‌های سست و زمین یا ساحل را در برمی‌گیرد.

نتایج آزمون فشارسنج این استاندارد برای تعیین کیفی مقاومت زمین و پارامترهای تغییر شکل مورد مطالعه قرار می‌گیرد و ممکن است اطلاعات مربوط به سنگ‌شناسی را ارایه کنند. همچنین می‌توان این نتایج را با تحقیقات مستقیم (مانند نمونه‌برداری طبق استاندارد1-ISO 2245) یا مقایسه با آزمون‌های صحرایی (به استاندارد EN1997-2:2007 مراجعه شود) ترکیب کرد.

آزمون فشارسنج منارد با گسترش شعاعی از میله سه سلولی قرار گرفته در زمین انجام می‌شود (به شکل ۱ مراجعه شود). طی تزریق مایع در میله، تورم سه سل نخست پوشش بیرونی را در تماس با دیواره حفره قرار می-دهد و در اثر جابجایی خاک آن‌ها را می‌فشارد. فشار اعمالی و انبساط حجم توام میله اندازه‌گیری و ثبت می‌شود تا روابط تنش- کرنش خاک مورد آزمون به دست آید.

همراه با نتایج تحقیقات استاندارد ISO 22475-1 موجود، یا حداقل با شناسایی و توصیف زمین مطابق استانداردهای ISO 14688-1 و ISO 14689-1 حاصل از آزمون فشارسنج، نتایج آزمون این استاندارد برای تعیین کیفیت نیمرخ زمین برای موارد زیر مناسب می‌باشد:

الف- مدول منارد E_M؛

ب- فشار حدی منارد P_{LM} ؛

پ- فشار خزش منارد P_{fM} .

در این استاندارد کاوشگر توصیف شده با نوع G، ۶۰mm به کار می‌رود. این استاندارد به عمق آزمون ۵۰ m و فشار آزمون MPa محدود می‌شود.

1-Ménard

یادآوری۲ – آزمون فشارسنج منارد با کاوش‌گرهایی با قطرهای دیگر و ابعاد حفره مانند جدول زیر نیز انجام می‌شود:

کاوشگر		قطر حفاری(mm)	
نام	قطر(mm)	min	max
AX	۴۴	۴۶	۵۲
BX	۵۸	۶۰	۶۶
NX	۷۰/۷۴	۷۴	۸۰

دو روش اندازه‌گیری جایگزین عبارتند از:

روش الف: ثبت دستی داده‌ها؛

روش ب: ثبت خودکار داده‌ها.

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

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است :

2-1 ISO 14688-1, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of soil - Part 1: Identification and description

2-2 ISO 14689-1, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of rock - Part 1: Identification and description

2-3 ISO 22475-1, Geotechnical investigation and testing - Sampling methods and groundwater measurements -Part 1: Technical principles for execution

2-4 ENV 13005:1999, Guide to the expression of uncertainty in measurement

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها، اختصارات و یکاها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود:

۳-۱-۱

فشارسنج

کلیه تجهیزاتی که برای آزمون فشارسنجی منارد به کار می‌رود و شامل وسایل ضروری برای جاگذاری کاوشگر فشارسنج در زمین است.

یادآوری۱- یک فشارسنج شامل کاوشگر فشارسنج، واحد کنترل حجم و فشار که CU [1] نامیده می‌شود، خطوطی برای تماس کاوشگر با CU و برای روش ب، ثبات داده‌ها که یا در داخل CU جاگذاری شده یا به آن متصل است، می‌باشد.

یادآوری۲- به شکل ۲ مراجعه شود.

۳-۱-۲

حفره آزمون فشارسنج

گودال استوانه‌ای مدور ایجاد شده در زمین برای وارد کردن کاوشگر فشارسنج

۳-۱-۳

گمانه[2] فشارسنج

گمانه فشارسنجی با سطح مدور ساخته شده در زمین به طوری که کاوشگر فشارسنج درداخل آن قرار می‌گیرد.

۳-۱-۴

آزمون فشارسنجی

فرآیندی که طی آن کاوشگر فشارسنج در داخل زمین متورم شده و درنتیجه حفره متورم شده برحسب حجم به عنوان تابعی از زمان و افزایش فشار مطابق برنامه تعریف شده اندازه‌گیری می‌شود.

یادآوری- به شکل ۴ و بند ۴-۱ مراجعه کنید.

۳-۱-۵

عمق‌یاب فشارسنج

کل مجموعه عمل کننده متوالی ضروری برای انجام آزمون فشارسنج منارد در محل مشخص، یعنی حفرات آزمون فشارسنجی ایجاد شده و آزمون‌های فشارسنجی انجام شده بر آن، می‌باشد.

یادآوری- به بند ج-۲ مراجعه کنید.

۳-۱-۶

قرائت فشار فشارسنج

P_r

فشار P_r که از ارتفاع مایع CU در مرکز سل اندازه‌گیری قرائت می‌شود.

1-Control unit
1-Borehole

۳-۱- ۷

کاهش فشار

اختلاف بین فشار داخل کاوشگر و فشار اعمال شده به دیواره حفره است.

۳-۱- ۸

کاهش حجم

اختلاف بین حجم واقعی تزریق شده به کاوشگر و حجم قرائت شده در دستگاه اندازه‌گیری است.

۳-۱- ۹

منحنی فشارسنج اولیه

نمودار ترسیمی حجم‌های تزریقی ثبت شده در زمان ۶۰s (v_{60})، در برابر فشار اعمالی در هر فشار حفظ شده(P_r) است.

۳-۱-۱۰

منحنی فشارسنج تصحیح شده

نمودار ترسیمی حجم تصحیح شده (V) در برابر فشار تصحیح شده (P) است.

یادآوری- به شکل ۵ مراجعه شود.

۳-۱- ۱۱

خزش منارد

اختلاف بین حجم‌های ثبت شده در ۶۰ s و در ۳۰s در فشار اعمالی حفظ شده است:

$$V_{60} - V_{30} = \Delta V_{60/30}$$

۳-۱- ۱۲

منحنی خزش منارد تصحیح شده

نمودار ترسیمی خزش منارد تصحیح شده در برابر فشار اعمالی تصحیح شده در هر فشار اعمالی حفظ شده، است.

یادآوری- به شکل ۵ مراجعه شود.

۳-۱-۱۳

ثبات فشارسنج

گزارش ترسیمی نتایج آزمون‌های فشارسنجی انجام شده در حفرات در عمق‌های متوالی در گمانه فشارسنجی یکسان، همراه با اطلاعات جمع‌آوری شده طی حفاری است.

یادآوری- به پیوست ج مراجعه شود.

۳-۱- ۱۴

مدول‌های فشارسنجی منارد

E_M

مدول E حاصصل از مقطع بین (P_1,V_1) و (P_2,V_2) در منحنی فشارسنجی است.

یادآوری- به شکل ۵ و پیوست ت مراجعه شود.

۳- ۱-۱۵

فشار حدی فشارسنج منارد

P_{LM}

فشاری که حجم حفره آزمون در عمق سل اندازه‌گیری دو برابر حجم اصلی آن است.

یادآوری- به پیوست ت مراجعه شود.

۳-۱- ۱۶

فشار خزش فشارسنج

P_{fM}

فشار به دست آمده از منحنی خزش است.

یادآوری- به پیوست ت مراجعه شود.

۳-۱- ۱۷

کاربر

شخص تایید صلاحیت شده انجام دهنده آزمون است.

۳- ۱- ۱۸

پوشش

طول‌هایی از لوله‌های وارد شده به گمانه برای جلوگیری از فروریختن حفره یا جلوگیری از کاهش به هم ریختن بالای حفره، است.

۳-۲ نمادها

برای اهداف این استاندارد نمادهای ارایه شده در جدول ۱ به کار می‌رود.

جدول۱- نمادها

نماد	نام	واحد
a	ضریب کاهش حجم ابزارها	cm^3/MPa
d_{ci}	قطر خارجی قسمت داخلی کاوشگر با لوله شکاف‌دار	mm
d_i	قطر داخلی استوانه واسنجی به کار رفته برای واسنجی افت حجم	mm
d_c	قطر خارجی سل اندازه‌گیری مرکز، شامل هر محافظ اضافی مانند لوله شکاف‌دار	mm
d_t	قطر ابزار حفاری	mm
e	ضخامت دیواره استوانه واسنجی به کار رفته برای واسنجی کاهش حجم	mm
l_p	طول استوانه واسنجی به کار رفته واسنجی کاهش حجم	mm
l_g	طول هر سل محافظ	mm
l_{gs}	طول هر سل محافظ برای کاوشگر فشارسنج سل اندازه‌گیری مرکزی کوتاه	mm
l_{gl}	طول هر سل محافظ برای کاوشگر فشارسنج سل اندازه‌گیری مرکزی بلند	mm
l_m	طول در راستای محور لوله مقطع شکاف‌دار لوله شکاف‌دار	mm
l_c	طول سل اندازه‌گیری مرکزی کاوشگر، اندازه‌گیری شده بعد از جاگذاری غشا	mm
l_{cs}	طول سل اندازه‌گیری مرکزی کوتاه بعد از جاگذاری غشا	mm
l_{cl}	طول سل اندازه‌گیری مرکزی بلند بعد از جاگذاری غشا	mm
m_E	حداقل مقدار، مثبت موکد، شیب‌های m_i	cm^3/MPa
m_i	شیب منحنی فشارسنج تصحیح شده بین دو نقطه با مختصات (p_{i-1}, V_{i-1}) و (p_{i-1}, V_{i-1})	cm^3/MPa
p	فشاراعمالی از کاوشگر به زمین بعد از تصحیح	MPa
p_e	تصحیح سختی غشا که معمولا کاهش فشار کاوشگر نامیده می‌شود	MPa
p_E	فشار در قطعه اصلی نشان دهنده شیب m_E	MPa
p_{el}	کاهش فشار نهایی کاوشگر	MPa
p_{fM}	فشار خزش فشارسنج	MPa
p_g	فشار گاز اعمالی به واحد کنترل نشان‌گر به سل‌های محافظ کاوشگر فشارسنج	MPa
p_h	فشار هیدروستاتیک بین واحد کنترل نشان‌گر و سل اندازه‌گیری مرکزی کاوشگر فشارسنج	MPa
p_k	فشار گاز در سل‌های محافظ	MPa
p_{LM}	فشار حد فشارسنج منارد زمین	MPa
p_{LM*}	فشار حد فشارسنج خالص منارد زمین	MPa
p_{LMH}	فشار حد فشارسنج منارد حاصل از برون‌یابی با روش بهترین برازش هیپربولیک	MPa
p_{LMDH}	فشار حد فشارسنج منارد حاصل از برون‌یابی با روش هیپربولیک دو تایی	MPa
p_{LMR}	فشار حد فشارسنج منارد حاصل از برون‌یابی با روش منحنی متقابل	MPa
p_m	کاهش فشار غشا سل مرکزی اندازه‌گیری برای انبساط خاص	MPa
p_r	فشار قرائت شده در ارتفاع مبدل CU در جریان مایع سل اندازه‌گیری مرکزی	MPa
p_c	فشار مایع در سل اندازه‌گیری مرکزی کاوشگر فشارسنج	MPa
p_t	فشار هدف برای هر حفظ فشار مطابق با برنامه بارگذاری	Mpa

جدول ۱- ادامه

نماد	نام	واحد
p_1	فشار تصحیح شده در مبدا دامنه فشار مدول‌های فشارسنج	Mpa
p_2	فشار تصحیح شده در انتهای دامنه فشار مدول‌های فشارسنج	Mpa
t	زمان	s
t_i	زمان لازم برای افزایش حفظ فشار بعدی	s
t_h	زمان حفظ سطح فشار بارگذاری	s
u_s	فشار آب منفذی در زمین در عمق آزمون	MPa
Z	ارتفاع، مثبت حساب شده از بالای سطح مبنا	m
Z_c	ارتفاع دستگاه اندازه‌گیری فشار برای مایع تزریق شده در سل اندازه‌گیری	m
Z_{cg}	ارتفاع دستگاه اندازه‌گیری فشار برای گاز تزریق شده در سل‌های محافظ کاوشگر فشارسنج	m
Z_N	ارتفاع سطح زمین در محل عمق‌یابی فشارسنج	m
Z_P	ارتفاع مرکز سل اندازه‌گیری طی آزمون	m
Z_W	ارتفاع سطح آب زمین در محل عمق‌یابی فشارسنج	m
CU	واحد کنترل فشار و حجم	-
E	نوع کاوشگر فشارسنج که سه سل با سه غشا جداگانه در لوله ایجاد شده‌اند.	-
E_M	مدول‌های فشارسنج منارد	Mpa
G	نوع کاوشگر فشارسنج که سل اندازه‌گیری مرکزیبا غشا اختصاصی ایجاد شده روی یک غشا خارجی برای ایجاد سل‌های محافظ جاگذاری شده است (به شکل ۲ مراجعه شود)	-
K_0	ضریب فشار زمین در عمق آزمون	-
V	مقدار، بعد از صفر کردن و تصحیح داده‌ها، حجم تزریق شدهدر سل اندازه‌گیری مرکزی و اندازه‌گیری بعد از ۶۰ s بعد از آغاز حفظ فشار	cm^3
V_c	حجم اصلی سل اندازه‌گیری مرکزی، شامل لوله شکاف‌دار، در صورت کاربرد	cm^3
V_m	میانگین حجم تصحیح شده بین V_1 و V_2	cm^3
V_p	حجم حاصل از آزمون واسنجی کاهش حجم	cm^3
V_E	مقدار، بعد از تصحیح، حجم تزریق شده در سل اندازه‌گیری مرکزی برای فشارP_E	cm^3
V_L	مقدار، بعد از تصحیح، حجم تزریق شده در سل اندازه‌گیری مرکزی، وقتی حجم اصلی حفره فشارسنج دو برابر شده است	cm^3
V_r	حجم تزریق شده در کاوشگر قرائت شده در CU، قبل از تصحیح داده‌ها	cm^3
V_t	حجم سل اندازه‌گیری مرکزی و احتمالا شامل لوله شکاف‌دار	cm^3
V_1	حجم تصحیح شده در مبدا دامنه فشار مدول‌های فشارسنج (به شکل۵ مراجعه شود)	cm^3
V_2	حجم تصحیح شده در انتهای دامنه فشار مدول‌های فشارسنج (به شکل۵ مراجعه شود)	cm^3
V_{30}	حجم تزریق شده در سل اندازه‌گیری مرکزی قرائت شده ۳۰ s بعد از آغاز حفظ فشار	cm^3
V_{60}	حجم تزریق شده در سل اندازه‌گیری مرکزی قرائت شده ۶۰ s بعد از آغاز حفظ فشار	cm^3
β	ضریب به کار رفته برای تعیین دامنه فشار مدول‌های فشارسنج	-

جدول۱- ادامه

نماد	نام	واحد
γ	وزن مخصوص خاک در زمان آزمون	KN/m^3
γ_1	وزن مخصوص مایع تزریق شده در سل اندازه‌گیری مرکزی	KN/m^3
γ_w	وزن مخصوص آب	KN/m^3
λ_g	سرعت تغییر ارتفاع فشار گاز برحسب P_k در عمق برحسب متر	m^{-1}
υ	ضریب پواسون	-
σ_{vs}	مجموع تنش قائم در مین در عمق آزمون	kPa
σ_{hs}	مجموع تنش افقی در مین در ارتفاع آزمون	kPa
Δp	افزایش فشار بارگذاری	Mpa
Δp_1	افزایش فشار اولیه	Mpa
$\Delta V_{60/30}$	تغییر حجم تزریق شده از ۳۰ s تا ۶۰ s بعد از حصول حفظ فشار- خزش منارد	cm^3
$\Delta V_{60/60}$	تغییر حجم تزریق شده در ۶۰ s بین حفظ فشار متوالی	cm^3

۴ تجهیزات

۴-۱ توصیف کلی

اصل آزمون فشار سنج منارد در شکل ۱ نشان داده شده است.

فشارسنج همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، باید شامل موارد زیر باشد:

الف- کاوشگر دارای ۳ سل؛

ب- کابل میله‌ها برای جابجا کردن کاوشگر؛

پ- واحد کنترل(CU)؛

ت- خطوط تماس واحد کنترل با کاوشگر.

واحد کنترل CU باید شامل موارد زیر باشد:

الف- تجهیزات برای تنظیم فشار و متورم کردن کاوشگر و حفظ فشارهای ثابت در صورت لزوم طی آزمون؛

ب- تجهیزات برای نگهداری اختلاف فشار مناسب بین سل اندازه‌گیری مرکزی و سل محافظ؛

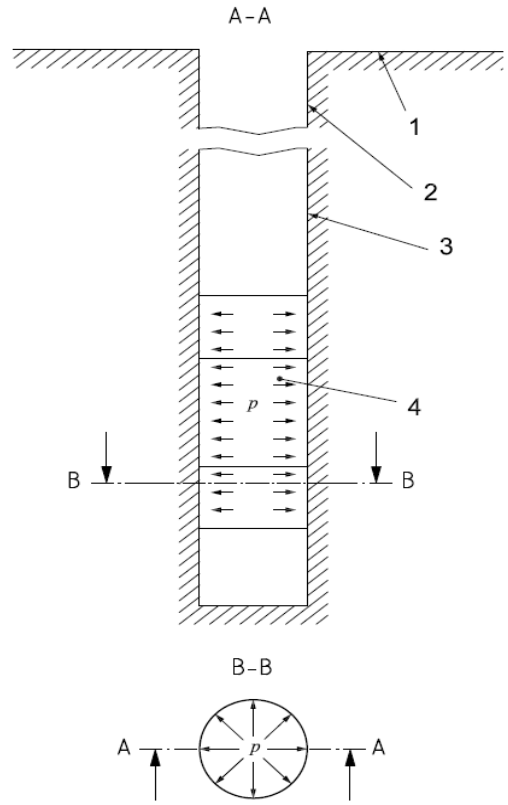
پ- دستگاهی با امکان قرائت مستقیم و در مورد روش ب، ثبت خودکار پارامترهایی که اندازه‌گیری می‌شوند: زمان، فشار و حجم.

دستگاه اندازه‌گیری فشار برای مایع در سل اندازه‌گیری مرکزی و برای گاز در سل محافظ باید در محل‌های زیر قرار گیرد:

الف- بالای سطح؛ یا

ب- داخل کاوشگر، کمتر از ۱m بالای مرکز سل اندازه‌گیری مرکزی.

در مورد الف، CU باید با کنترل مقدار فشار ثابت شده در کاوشگر آماده شود.
مقداری از وسایل اندازه‌گیری عمق آزمون با درستی مناسب باید آماده شوند.



راهنما:
۱ سطح زمین
۲ زمین
۳ حفره
۴ کاوشگر فشارسنج منبسط شده
A-A مقطع محوری
B-B سطح مقطع

شکل ۱- اصل آزمون فشارسنج منارد

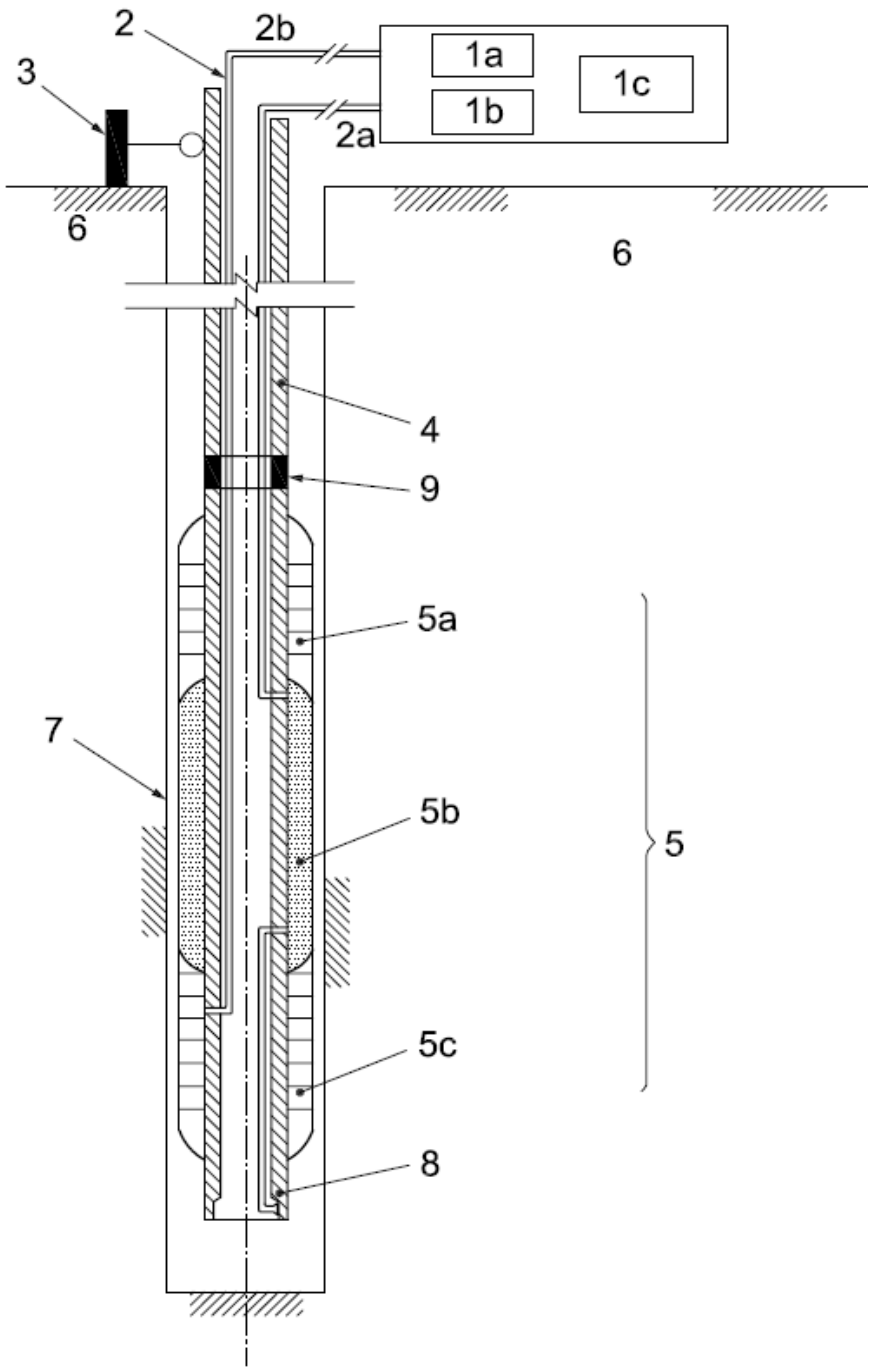
۴-۲ کاوشگر فشارسنج

دو نوع کاوشگر باید متناسب با نوع زمین و شرایط به کار رود:
الف- کاوشگر با پوشش منعطف؛
ب- کاوشگر با پوشش منعطف و با حفاظ صلب‌تر اضافی یا لوله فولادی شکاف‌دار.
این کاوشگرها به ترتیب در شکل‌های ۳- الف و ۳-ب نشان داده شده‌اند و مشخصات هندسی آن‌ها در جدول الف-۱ ارایه شده است.

وقتی کاوشگر در زمین رانده یا فشرده می‌شود (به شکل پ-۳ مراجعه شود)، باید محافظ صلب‌تری یا لوله شکاف‌دار با امتداد لوله تکمیل شده با نقطه یا پنجه برش، داشته باشد.

یادآوری- اگر لوله شکاف‌دار وجود نداشته باشد، بدنه کاوشگر باید مقاوم به فشردن یا راندن، طراحی شده باشد.

کاوشگر باید قابلیت انبساط حجمی حداقل $700\ cm^3$ ($550\ cm^3$ برای کاوشگر با سل اندازه‌گیری مرکزی کوتاه داخل لوله شکاف‌دار) را داشته باشد.



راهنما:

۱: واحد کنترل(CU):

۱a: دستگاه‌های تنظیم فشار، اختلاف فشار و تزریق

۱b: دستگاه اندازه‌گیری حجم و فشار

۱c : جمع‌آوری، ذخیره و چاپ داده‌ها(مورد نیاز برای روش ب)

۲: لوله‌های تماس:

۲a: لوله تزریق مایع

۲b: لوله تزریق گاز

۳: سامانه اندازه‌گیری عمق

۴: میله‌ها

۵: کاوشگر فشارسنج:

۵a : سل محافظ فوقانی

۵b: سل اندازه‌گیری مرکزی

۵ c: سل محافظ پایینی

۶:زمین

۷: حفره آزمون فشارسنج

۸: بدنه کاوشگر: مجوف

۹: جفت میله کاوشگر

شکل ۲- نمودار فشارسنج منارد

۴-۲-۱ کاوشگر با پوشش منعطف

کاوشگر باید از سه سل با سطح مقطع استوانه‌ای در طول محور یکسان تشکیل شده باشد (به شکل الف۱ مراجعه کنید). طی آزمون این سل‌ها باید به طور همزمان به طرف دیواره حفره منبسط شوند. این کاوشگر شامل موارد زیر هستن:

الف- یک سل اندازه‌گیری مرکزی، با قطر خارجی d_c و طول L_c (L_c برای یک کاوشگر طویل یا L_{cs} برای کاوشگر کوتاه، به جدول الف۱ مراجعه کنید)، که باید به صورت شعاعی در حفره منبسط شوند و باید تنش‌های یکنواختی به دیواره حفره اعمال شود. این سل باید با تزریق مایعی که فرض می‌شود غیر قابل فشردگی است، متورم شود.

ب- دو سل محافظ با قطر خارجی d_g و طول L_g (L_{gl} یا L_{gs}) در بالا و پایین سل اندازه‌گیری مرکزی قرار می‌گیرد. این سل‌ها باید برای اعمالتنش نزدیک (اما نه بزرگتر از) تنش ایجاد شده توسط سل اندازه‌گیری مرکزی طراحی شده باشد. این سل‌ها باید با فشار گاز متورم شوند.

کاوشگر باید حاوی هسته فولادی مجوف با مجاری برای تزریق صحیح سیالات برای متورم کردن سل‌ها باشد. کاوشگر باید با غشا سل مرکزی اندازه‌گیری و یک پوشش منعطف مجهز شود. هسته فولادی، بر روی سطح منحنی خارجی، باید معمولا شبکه‌ای از شیارها که به طور یکنواخت مایع را در سل اندازه‌گیری مرکزی زیر غشا توزیع می‌کنند، داشته باشد. این هسته باید به غشا و پوشش منعطف، ثابت شده باشد. بالای هسته باید با رشته-ای از میله‌های حمل و جابجایی کاوشگر به سطح زمین رزوه و نصب شده باشد، غشا سل اندازه‌گیری مرکزی باید سیال سل اندازه‌گیری مرکزی را از گاز سل‌های محافظ عایق‌سازی کند. پوشش منعطف از نوارهای فولادی نازک معمولا با عرض ۱۷ mm که یا هم‌پوشانی شده‌اند و یا با اجرای حلقه‌های ثابت کننده بین آن‌ها (به شکل الف۱ مراجعه کنید)، جدا شده‌اند و ممکن است پوششی روی پوشش اضافه شود، ساخته شده‌اند. خطوط سیال باید سل‌های کاوشگر را به واحد کنترل حجم و فشار (CU) متصل کنند. زهکش بالای سل اندازه‌گیری باید از کف هسته خارج شده باشد.

یادآوری- ممکن است برای کاهش آسیب ناشی از قطعات تیز برآمده دیواره حفره، محافظ منعطف به پوشش اضافه شود.

۴-۲-۲ کاوشگر دارای لوله شکاف‌دار

این نوع کاوشگر حاوی دو قسمت است:

الف- قسمت داخلی که باید از نصب سه سل استوانه‌ای با سطح مقطع مدور در طول محور یکسان تشکیل شده باشد؛

ب- قسمت خارجی که باید از لوله‌فولادی شکاف‌دار ساخته شود (به شکل الف۱ مراجعه شود)، موقعی که این لوله شکاف‌دار به داخل خاک فشرده یا رانده می‌شود باید امتداد انتهای لوله با یک مفصل یا پنجه برش مجهز شده باشد.

قسمت داخلی شامل:

الف- یک سل اندازه‌گیری مرکزی، ، با قطر خارجی d_c و طول L_c (L_c برای یک کاوشگر طویل یا L_{cs} برای کاوشگر کوتاه، به جدول الف۱ مراجعه کنید)، که باید به صورت شعاعی در حفره منبسط شوند و باید تنش‌های یکنواختی به دیواره حفره اعمال شود. این سل باید با تزریق مایعی که فرض می‌شود غیر قابل فشردگی است، متورم شود.

ب- دو سل محافظ با قطر خارجی d_g و طول L_g (L_{gl} یا L_{gs}) در بالا و پایین سل اندازه‌گیری مرکزی قرار می‌گیرد. این سل‌ها باید برای اعمالتنش نزدیک (اما نه بزرگتر از) تنش ایجاد شده توسط سل اندازه‌گیری مرکزی طراحی شده باشد. این سل‌ها باید با فشار گاز متورم شوند.

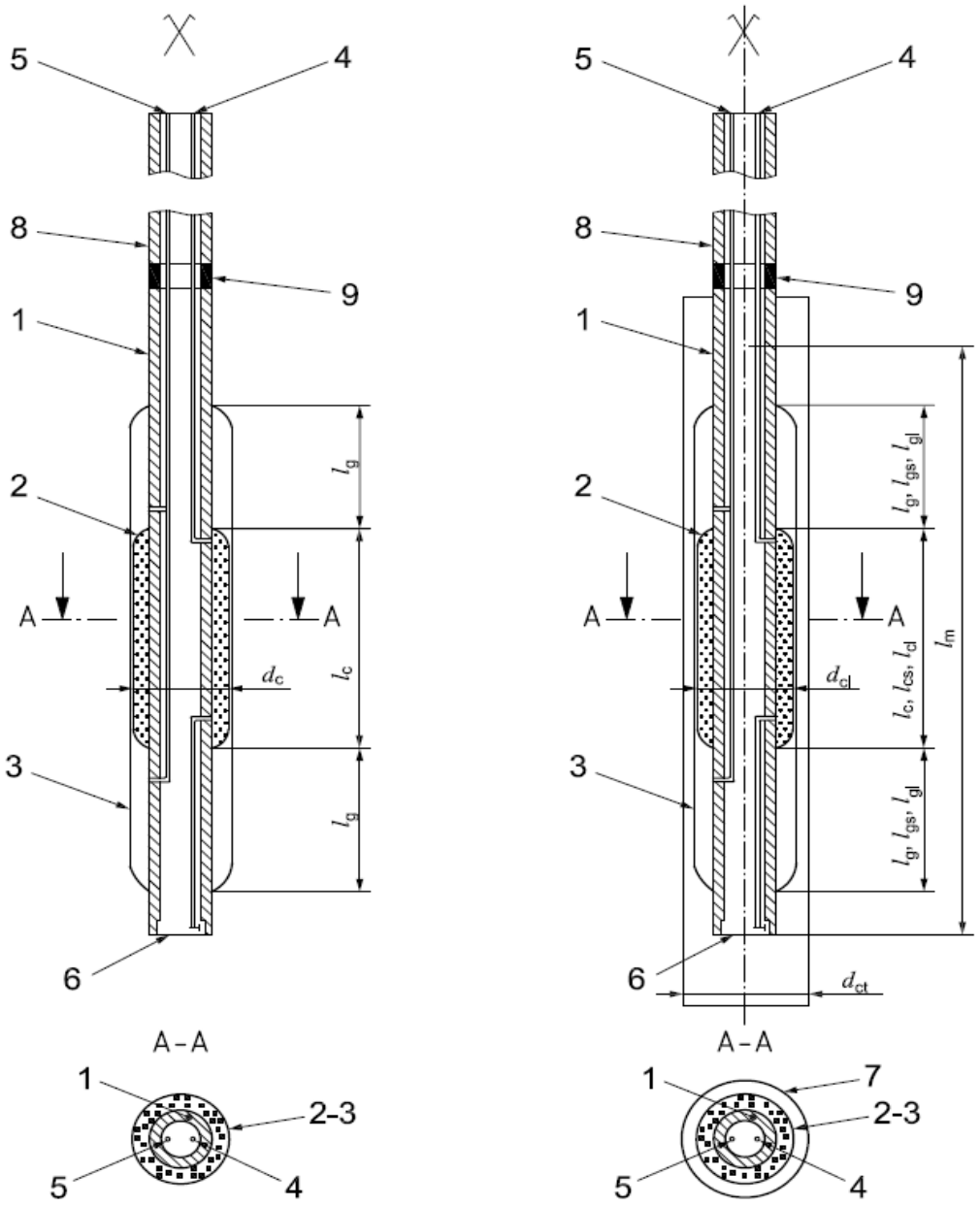
طی آزمون این سل‌ها باید همزمان روی دیواره داخلی لوله شکاف‌دار عمل کنند، که باید تنش‌ها را به دیواره حفره منتقل کند.

لوله فولادی خارجی باید دارای حداقل ۶ شکاف محوری یا مارپیچی که به طور مساوی در محیط توزیع شده‌اند باشد (به شکل ۳-ب مراجعه شود). طول شکاف لوله (L_m) در طول محور لوله اندازه‌گیری می‌شود. این طول باید بزرگتر از مقدار زیر باشد:

۸۰۰ mm یا ($L_c + ۲ L_g$) ۱٫۳

قبل و بعد از انبساط، سوراخ هر شکاف لوله باید کمتر یا مساوی ۰٫۴ mm باشد. بعد از انبساط لوله شکاف‌دار، شکاف‌ها باید قابلیت ارزیابی شکل و اندازه اصلی خود را داشته باشند.

مجموعه داخل لوله شکاف‌دار باید با جداگرهایی جاگذاری شوند تا امکان انبساط شعاعی با حداقل مقاومت به کاوشگر فراهم کنند.



ب- کاوشگر فشارسنج با پوشش منعطف

الف- کاوشگر با لوله شکاف‌دار

راهنما:

۱ بدنه کاوشگر مجوف

۲ غشا سل اندازه‌گیری

۳ پوشش خارجی یا پوشش منعطف

۴ مایع ورودی به سل اندازه‌گیری

(ابعاد در پیوست الف ارائه شده‌اند)

۵ گاز ورودی به محافش

۶ خروجی زهکش سل اندازه‌گیری

۷ لوله شکاف‌دار

۸ میله‌ها

۹ کوپل میله- کاوشگر

شکل۳- کاوشگر فشارسنج (نموداری)

۴-۳ واحد کنترل حجم و فشار(CU)

واحد کنترل (CU) باید حول یک حجم‌سنج استوانه‌ای متصل به دستگاه تنظیم فشار و مجموعه‌ای از دستگاه-های اندازه‌گیری ساخته شود. CU باید انبساط سل کاوشگر را کنترل کند و امکان خواندن همزمان فشارهای گاز و مایع و حجم تزریق شده را به عنوان تابعی از زمان فراهم کند.

دستگاه تنظیم فشار باید امکان موارد زیر را فراهم کند:

الف- رسیدن به فشار حد فشارسنج یا فشار Pr به حداقل مساوی ۵ MPa؛

ب- حفظ هر سطح فشار بارگذاری در سل اندازه‌گیری و سل‌های محافظ طی زمان تعیین شده؛

پ- اجرای افزایش فشار ۰/۵ MPa در کمتر از ۲۰ s که در واحد CU اندازه‌گیری می‌شود؛

ت- کنترل اختلاف فشار بین سل اندازه‌گیری و سل‌های محافظ؛

ث- تزریق حجم مایع در سل اندازه‌گیری بیشتر از $700\ cm^3$.

بعلاوه، در واحد کنترل، شیر بین حجم‌سنج و دستگاه اندازه‌گیری فشار باید امکان متوقف کردن تزریق را داشته باشد.

۴-۴ لوله تماس

لوله منعطف باید واحد کنترل حجم و فشار (CU) را به کاوشگر متصل کنند. آن‌ها باید مایع را به سل اندازه-گیری و گاز را به سل اندازه‌گیری و گاز را به سل‌های محافظ برسانند. آن‌ها ممکن است موازی یا هم محور باشند. وقتی لوله‌ها هم محور هستند لوله مرکزی مایع و لوله بیرنی گاز را حمل می‌کند.

۴-۵ مایع تزریق

مایع تزریقی به سل اندازه‌گیری آب یا مایعی با گران‌روی مشابه است و نباید تحت شرایط کاربرد منجمد نشود.

۴-۶ اندازه‌گیری وکنترل

۴-۶-۱ زمان

درستی دستگاه مورد استفاده برای زمان اندازه‌گیری باید مطابق پیوست ث باشد.

۴-۶-۲ فشار وحجم

وضوح اندازه‌گیری دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار و حجم باید مطابق پیوست ث باشد.

۴-۶-۳ نمایش خوانش‌ها

واحد کنترل حجم و فشار(CU) باید در محل به طور همزمان و فوری نمایشی از قرائت‌های زیر ارائه کند: زمان، فشار مایع تزریق شده به سل اندازه‌گیری، حجم مایع تزریق شده و فشار گاز در سل محافظ.

۴-۶-۴ سیلندر واسنجی کاهش حجم

اجزا اصلی این سیلندر استوانه‌ای (شکل ب-۱) باید به صورت زیر باشد:

الف- قطر داخلی اندازه‌گیری شده، d_i، بیشتر از ۶۶ mm نباشد؛

ب- ضخامت دیواره، e، کمتر از ۸ mm نباشد؛

پ- طول، L_p، بیشتر از ۱m یا طول شکاف،L_m، هرکدام بیشتر بود، باشد.

۴-۷ ثبات داده‌ها

۴-۷-۱ ثبات داده‌ها، دستگاهی برای جمع‌آوری و ثبت داده‌ها در روش ب است و باید مجهز به موارد زیر باشد:

الف- یک ساعت داخلی؛

ب- یک چاپگر؛

پ- دستگاه حافظه قابل قرائت با رایانه.

ثبات داده‌ها باید برای ثبت داده‌های اولیه از مبدل‌ها، صفرها، ضرایب واسنجی و شناسایی و نتیجه داده‌های واسنجی شده و فشار و حجم طراحی شده باشد.

ثبات داده‌ها نباید با روش اجرای آزمون بیان شده در بند ۵-۷ تداخل داشته باشد و نباید باعث ابهام سایر **۴-۷-**

۴-۷-۲ دستگاه‌های اندازه‌گیری شود و باید به صورتی طراحی شده باشد که به صورت خودکار موارد زیر را انجام دهد:

الف- ثبت پارامترهای شناسایی خود: تاریخ، ساعت، دقیقه، ثانیه، شماره CU، شماره ثبات داده‌ها و شماره دستگاه حافظه؛

ب- لزوم ورود اطلاعات ضروری برای شناسایی آزمون، همان طور که در بند ۵-۴ بیان شده است؛

پ- جلوگیری از ورود داده‌های فشار و حجم یا سایر اطلاعاتی که طی فرآیند آزمون حاصل نشده است.

۴-۷-۳ ثبات داده‌ها باید شامل دستگاه هشدار یا نمایش ویژه برای حوادث زیر باشد:

الف- نبود دستگاه حافظه در محل؛

ب- عدم وجود پارامترهای ثبت شده شناسایی مطابق بند ۵-۴؛

پ- قطع برق.

۵ روش‌های آزمون

۵-۱ نصب قسمت‌ها

پوشش، غشا و لوله شکاف‌دار احتمالی در صورت نیاز باید مطابق با پارامترهای تنش- کرنش مورد انتظار زمین که کاوشگر به کار خواهد رفت انتخاب شود. آن‌ها باید ویژگی‌های بیان شده در پیوست الف را برآورده کنند.

سپس کاوشگر باید به واحد کنترل از طریق لوله‌های تماس متصل شود. کل سامانه باید با مایعی پر شود و برای از بین بردن حباب‌ها اشباع شود.

۵-۲ واسنجی و تصحیحات

واسنجی و تصحیحات باید مطابق پیوست ب انجام شود. کپی نتایج واسنجی باید در آزمایشگاه در دسترس باشد.

۵-۳ حفره فشارسنج و جاگذاری کاوشگر

در آزمون فشارسنجی، دستیابی به دیواره حفره با کیفیت زیاد مهم است. باید از روش‌ها و الزامات پیوست پ پیروی شود.

آماده‌سازی حفره‌های مطلوب باید قسمت مهمی از نتایج آزمون فشارسنج قابل قبول باشد.

سه شرط برای به دست آوردن حفره آزمون مطلوب باید برآورده شود:

الف- تجهیزات و روش به کار رفته برای آماده کردن حفره آزمون باید باعث حداقل دست‌خوردگی ممکن خاک در دیواره حفره شود (به بند پ-۱ مراجعه شود)؛

ب- قطر وسیله حفاری رواداری‌های بیان شده را برآورده کند؛

پ- آزمون فشارسنجی باید بلافاصله بعد از اجرای حفره انجام شود.

یادآوری- کیفیت حفره آزمون بر اساس شکل منحنی فشارسنجی و مقدار پراکندگی قرائت‌های آزمون ارائه شده است (به بند ت-۲ مراجعه کنید).

۴-۵ آماده‌سازی آزمون

واحد کنترل حجم و فشار(CU) و ثبات داده‌ها باید از تابش مستقیم نور خورشید محافظت شود.

موقعیت فشارسنجعمق‌یاب باید بر روی نقشه‌ها علامت‌گذاری و جزئیات محل آن مشخص شود.

اگر عمق‌یاب شیب‌دار باشد، شیب و جهت آن باید ثبت شود (به پیوست ج مراجعه شود)

مرحله بعدی برای هر عمق‌یابی:

الف- دستگاه جمع‌آوری و ثبت، یعنی ثبات داده‌ها باید مقدار دهی اولیه شوند (روش ب)؛

ب- قرائت اولیه هر مبدل باید کنترل شود و در صورت مناسب بودن، ثبت شود (روش‌های الف و ب)؛

پارامترهای شناسایی آزمون باید بر روی دستگاه‌های حافظه یا روی برگ‌های داده‌ها با کپی کاربنی (به پیوست ج مراجعه شود):

الف- شناسایی آزمونگر؛

ب- شماره پرونده؛

پ- شماره عمق‌یابی؛

ت- نوع کاوشگر؛

ث- روش حفر حفره (به پیوست پ مراجعه شود)؛

ج- شناسایی زمین و توصیف آن مطابق استانداردهای ISO 14688-1 و ISO 14689-1 ؛

چ- روش تنظیم کاوشگر؛

ح- مراجع آزمون‌های واسنجی (به پیوست ب مراجعه شود)؛

خ- ارتفاع Z_c مبدل فشاریا مقدار Z_C- Z_N برای این مبدل (به شکل ت-۱ مراجعه شود)؛

د- تنظیم فشار تفاضلی (به بند ب-۴-۴ مراجعه شود).

۵-۵ برقرای برنامه بارگذاری

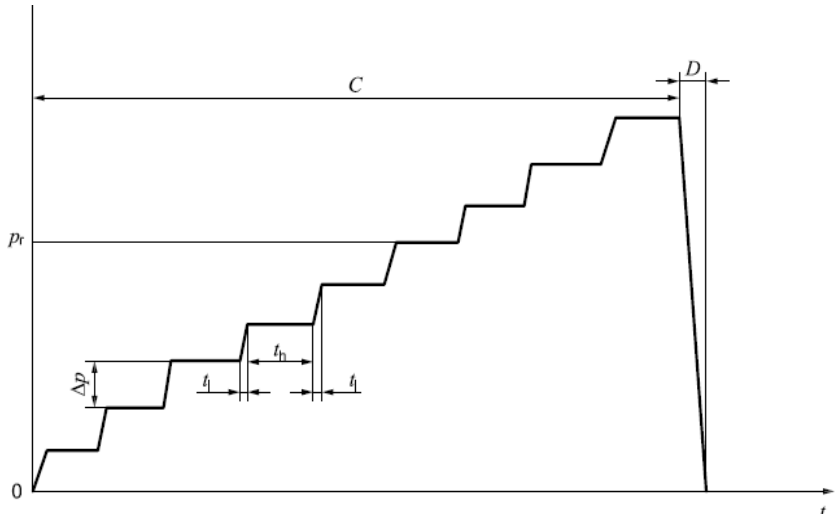
برنامه بارگذاری آزمون فشارسنجی باید مرتبط با زمان و فشار اعمالی توسط کاوشگر به زمین باشد (به شکل ۴ مراجعه شود).

در هر فشاری، حفظ فشار باید در سل اندازه‌گیری مرکزی و سل‌های محافظ برای زمان t_h در ۶۰ s ثابت باشد. در روش الف، اگر تغییر در P_r طی حفظ فشار از ۲۵ kPa یا ٪ ۰/۵ مقدار فشار موجود P_r بیشتر شود، مقدار نهایی فشار باید ثبت شود.

برای افزایش فشار اولیه ΔP_1 به کار رفته باید توسط کاربر بعد از مشاهده پارامترهای حفاری، آزمایش هسته یا برش‌های حفاری و بر اساس دستورالعمل، تصمیم‌گیری شود. زمانی که قرائت‌های اولیه ثبت می‌شود، کاربر باید پارامتر خزش $\Delta V_{60/30}$ و اختلاف $\Delta V_{60/60}$ بین قرائت‌های حجم متوالی ۶۰ s و نتایجی را که ممکن است در اثر افزایش فشار تغییر کند مد نظر قرار دهد به طوری که:

الف- به دست آوردن تقریبا ۱۰ نقطه طی آزمون؛

ب- رسیدن به انتهای آزمون (به بند ۵-۷-۲ مراجعه شود).



راهنما:

P_t فشار مدنظر	t زمان
ΔP افزایش فشار	t_i زمان افزایش فشار
P_r حفظ فشار طی t_h	t_h مدت حفظ فشار
C مرحله بارگذاری	D مرحله باربرداری

شکل۴- برنامه بارگذاری برای آزمون فشارسنجی منارد

زمان t_i برای افزایش فشار برای مرحله بعدی (ΔP)، وقتی طول لوله کمتر از ۵۰m است باید کمتر از ۲۰s باشد. برای مواردی که طول لوله از ۵۰ m باید تنظیم مناسب t_i انجام شود. زمانی که آزمون همان طور که در بند ۵ -۷-۲ بیان شده، کامل شد، باربرداری باید به طور ثابت و بدون توقف انجام شود.

۶-۵ ایجاد فشار تفاضلی

فشار گاز در سل‌های محافظ باید کمتر از فشار در سل اندازه‌گیری مرکزی، حداقل دو برابر کاهش فشار غشا سل اندازه‌گیری مرکزی P_m بیان شده در بند ب-۲ باشد.

در ارزیابی واحد کنترل (CU)، اختلاف فشاری که برای نگهداری تعادل بیان شده ضروری است، فشار تفاضلی نامیده می‌شود و باید مطابق بند ب-۴-۴ محاسبه شود. این فشار تفاضلی باید قبل از آغاز آزمون تنظیم و در هر مرحله حفظ فشار کنترل شود.

در محل پروژه، قبل از انجام آزمون‌ها، کاربر باید جدول نشان دهنده فشارهای تفاضلی را به عنوان تابعی از عمق مطابق با نوع کاوشگرهای مورد استفاده دریافت کند.

۵-۷ انبساط

فرآیند انبساط باید شامل موارد زیر باشد:

الف- اعمال فشار یکنواخت به دیواره حفره از طریق کاوشگر فشارسنج مطابق با برنامه بارگذاری؛

ب- ثبت تغییرات حجم سل اندازه‌گیری با زمان به عنوان تابعی از فشار بارگذاری اعمالی به سل اندازه‌گیری.

۵-۷-۱ قرائت‌ها و تغییرات

در هر مرحله حفظ فشار قرائت‌های زیر باید در نظر گرفته شود:

الف- در روش الف، فشار مایع لازم یک بار با برنامه بارگذاری و حجم تزریقی در کاوشگر در زمان‌های زیر، پس ازرسیدن فشار به فشار مدنظر، ثبت شود: ۱۵ s، ۳۰s، ۶۰ s. فشارهای مایع و گاز، فشار تفاضلی و تغییرات آن‌ها باید کنترل شود. تغییرات متوالی باید یادداشت شود (به بند ۵-۵ مراجعه شود)؛

ب- در روش ب، فشار مایع اعمالی و حجم‌های تزریقی در کاوشگر باید حداقل در زمان‌های زیر : ۱s، ۱۵s، ۳۰s و ۶۰s نمایش داده شده و ثبت شود. ممکن است قرائت‌های فشارهای گاز در زمان‌های یکسان برای کنترل فشار به کار رود.

مبدا زمان برای هر مرحله حفظ فشار باید در پایان دوره افزایش فشار متناظر t_i در نظر گرفته شود.

۵-۷-۲ پایان آزمون

وقتی داده‌های کافی برای هدف مورد نظر متناسب با قابلیت‌های کامل تجهیزات جمع‌آوری شده باشد، آزمون پایان می‌یابد. مگر این که طور دیگری مشخص شده باشد. این موارد معمولا عبارتند از:

الف- وقتی فشار P_r به حداقل ۵ MPa می‌رسد؛

ب- وقتی حجم مایع تزریقی به داخل سل اندازه‌گیری به بیشتر از $600\ cm^3$ می‌رسد ($450\ cm^3$ برای کاوشگر کوتاه با لوله شکاف‌دار)؛

پ - وقتی کاوشگر می‌شکند.

یادآوری- در مواردی که شرایط برآورده نمی‌شود، وقتی سه مرحله حفظ فشار غیر از P_{fM} حاصل شده باشد، آزمون را می‌توان باز هم به طور کامل آنالیز کرد.

۵-۸ پر کردن حفره‌ها

روش پر کردن حفره‌ها از عمق‌یابی فشارسنج توافق شده و انجام شده مطابق استاندارد ISO 22475-1 و استانداردهای مرتبط، الزامات فنی و قانونی، نتیجه‌گیری می‌شود و باید ملاحظات مربوط به لایه‌بندی، آلودگی زمین و ظرفیت باربری آن در نظر گرفته شود.

در صورت لزوم، پر کردن حفره در زمین از عمق‌یابی فشارسنج نتیجه‌گیری می‌شود و باید به طور کامل در گزارش آزمون مستند شود.

۵-۹ الزامات ایمنی

ملاحظات ایمنی باید بر اساس مقررات ملی برای موارد زیر، در نظر گرفته شود:

الف- سلامتی کارکنان و تجهیزات ایمنی ؛

ب- هوای تمیز (اگر کار در محیط سرپوشیده انجام شود)؛

پ- اطمینان از ایمنی کارکنان و تجهیزات .

لوازم حفاری، در صورت کاربرد، باید مطابق استاندارد ISO 22475-1 باشند.

۶ نتایج آزمون

۶-۱ برگ داده‌ها و چاپ خروجی

۶-۱-۱ برگ داده‌ها در روش الف

همه داده‌های نشان داده شده در بند ج-، به جز قرائت‌ها در 1s، باید به طور کامل و با دقت ثبت شود. کاربر باید برگ داده‌ها را با امضا و ارائه نام کامل خود تصدیق کند.

۶-۱-۲ چاپ خروجی در محل در روش ب

برای هر آزمون باید حداقل اطلاعات زیر، در محل، چاپ شود:

۶-۱-۲-۱ قبل از آغاز آزمون:

۶-۱-۲-۱-۱ شناسایی کاربر؛

۶-۱-۲-۱-۲ شماره این استاندارد ملی؛

۶-۱-۲-۱-۳ پارامترهای ثبات داده‌ها:

۶-۱-۲-۱-۳-۱ تعداد واحدهای تنظیم فشار و قرائت (وتعداد ثبات داده‌ها اگر از واحد مجزا باشند)؛

۶-۱-۲-۱-۳-۲ تعداد دستگاه حافظه؛

۶-۱-۲-۱-۳-۳ اطلاعات ورودی برای شناسایی آزمون، همان طور که در بند ۵-۴ بیان شده است.

۶-۱-۲-۲ در آغاز آزمون:

تاریخ (سال، ماه، روز، ساعت و دقیقه)؛

۶-۱-۲-۳ در انتهای هر مرحله حفظ فشار:

۶-۱-۲-۳-۱ شماره مرحله فشار بارگذاری در مجموعه؛

۶-۱-۲-۳-۲ قرائت فشار مایع در فواصل زمانی بین آغاز حفظ فشار و 15s بعد تا حداقل سه رقم اعشار؛

۶-۱-۲-۳-۳ قرائت‌های حجم تزریق شده ۳۰s و ۶۰s بعد از آغاز مرحله حفظ فشار گرد شده به نزدیکترین cm^3؛

۶-۱-۲-۳-۴ تفاوت بین این دو قرائت یعنی $\Delta V_{60/30}$ ؛

۶-۱-۲-۳-۵ تفاوت بین قرائت حجم تزریق شده بعد از ۶۰s در مرحله حفظ فشار فعلی و قبلی $\Delta V_{60/60}$.

۶-۱-۲-۴ در پایان آزمون:

۶-۱-۲-۴-۱ تاریخ و زمان اتمام آزمون؛

۶-۱-۲-۴-۲ نمودار رایانه‌ای قرائت‌های حجم V_r در برابر قرائت‌های فشار P_r طی ۶۰s با ارائه منحنی فشارسنجی اولیه؛

۶-۱-۲-۴-۳ کاربر باید چاپ خروجی کامل را با امضا و ارائه نام کامل تصدیق کند.

۶-۱-۳ منحنی فشارسنجی اولیه

منحنی فشارسنجی اولیه باید توسط رسام CU برای قرائت‌های V_r در برابر قرائت‌های P_r در هر ۶۰s حاصل شود.

در روش ب، منحنی فشارسنجی اولیه باید به وسیله چاپگر ثبات داده‌ها، تهیه شود.

۶-۲ منحنی فشارسنجی تصحیح شده

منحنی فشارسنجی تصحیح شده (شکل۵) باید حجم سل اندازه‌گیری مرکزی کاوشگر (V) را به عنوان تابعی از فشار (P) اعمال شده به دیواره حفره ارائه کند:

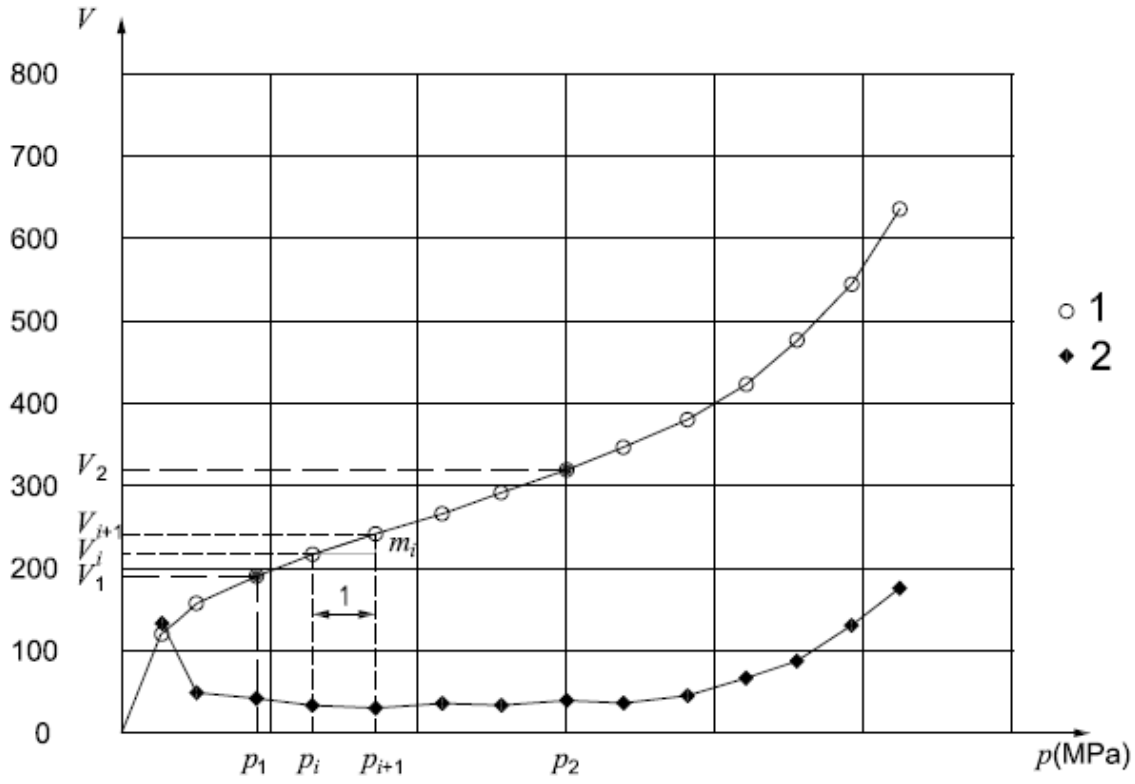
$V=f(P)$

که در آن:

P فشار در ۶۰s اعمال شده توسط پوشش خارجی کاوشگر به دیواره حفره، بعد از تصحیح برای ارتفاع هیدروستاتیک و افت فشار (به بندهای ت-۱-۲ و ت-۱-۳ مراجعه شود)؛

V حجم متناظر مایع تزریق شده به کاوشگر، بعد از صفر کردن (به بند ب-۴-۱ مراجعه شود) و بعد از تصحیح برای کاهش حجم (به بند ت-۱-۴ مراجعه شود)، می‌باشند.

منحنی فشارسنجی تصحیح شده باید با ردیف‌های مختصاتی (P,V) نشان داده شده در شکل ۵ تعریف شوند. در آغاز آزمون فشارسنجی، دیواره حفره باید با کاوشگر بارگذاری گردد تا تقریبا به شرایط اصلی باز گردد. شیب منحنی فشارسنجی باید به طور محسوسی ثابت باشد. بعد از پایان این مرحله، سرعت انبساط شعاعی کاوشگر، با افزایش فشار باید به سرعت افزایش یابد.



راهنما:

۱ منحنی فشار سنجی تصحیح شده

۲ منحنی خزش تصحیح شده

شکل ۵- نمودار آزمون فشارسنجی منارد

منحنی خزش باید همان طور که در قسمت پایینی شکل ۵ نشان داده شده، رسم شود (مطابق بند ت-۳). تغییرات در سرعت خزش را می‌توان رویداد مهمی در آزمون تلقی کرد.

۶-۳ نتایج محاسباتی

پارامترهای آزمون فشارسنجی باید از اطلاعات ثبت شده در برگ‌های داده‌ها (روش الف) یا خروجی دستگاه حافظه (روش ب) به دست آمده باشند.

نخست، داده‌ها باید به عنوان سابقه بررسی شوند تا مشخص شود چقدر می‌توان منحنی را آنالیز کرد (به پیوست ت مراجعه شود).

سپس روش‌های بیان شده در پیوست ت باید برای موارد زیر به کار رود:

الف- برای تعیین فشار خزش فشارسنج P_{fM} (به بند ت-۳ مراجعه شود)؛

ب- برای تعیین فشار حدی فشارسنج منارد P_{LM} (به بند ت-۴ مراجعه شود)؛

پ- برای محاسبه مدول‌های E فشارسنج منارد E_M (به بند ت-۵ مراجعه شود).

۷ گزارش

۷-۱ کلیات

نتایج آزمون باید به نحوی گزارش شود که شخص ثالث توانایی کنترل و درک کامل نتایج را داشته باشد.

۷-۲ گزارش کارگاهی

گزارش کارگاهی باید حاوی کلیه داده‌های جمع‌آوری شده در کارگاه باشد (به بندهای ۵-۴ و ۶-۱ مراجعه شود) و باید توسط کاربرمسئول امضا شود (به بند۶-۱-۱ و ۶-۱-۲ مراجعه شود.

۷-۳ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید شامل پارامترهای شناسایی آزمون فشارسنجی (به بند ۵-۴ مراجعه شود) و فایل‌های آزمون فشارسنجی منارد (به بند ۶-۱ مراجعه شود)، باشد. گزارش آزمون باید توسط مدیر مسئول کارگاه امضا شود.

۷-۳-۱ فایل آزمون فشارسنجی منارد

فایل برای یک آزمون فشارسنجی مجزا باید شامل داده‌های تصحیح شده، منحنی فشارسنجی و پارامترهای آزمون فشارسنج باشد (به پیوست ج مراجعه شود).

همچنین فایل باید حاوی گزارش‌های کارگاهی شامل کپی برگ داده‌های امضا شده (بند ۶-۱-۱) یا خروجی‌های چاپ شده‌امضا شده (بند ۶-۱-۲) و در مورد روش ب داده‌های ثبت شده الکترونیکی قابل قرائت در دستگاه حافظه (به بند ۴-۷ مراجعه شود)، باشد.

فایل باید شامل داده‌های زیر به عنوان حداقل باشد:

الف- ارجاع به این استاندارد؛

ب- نوع روش به کار رفته برای آزمون: الف یا ب؛

پ- شماره شناسایی عمق‌یابی که آزمون فشارسنجی انجام شده است؛

ت- ارتفاع آزمون یا عمق آن از بالای عمق‌یابی یا قالب‌بندی؛

ث- نوع روش حفاری و ابزار حفاری به کار رفته برای ایجاد حفره و بالاو کف ارتفاع‌های مرحله حفاری؛

ج- زمان تکمیل حفره تصحیح شده به دقیقه؛

چ- نوع، نام تجاری و شماره سریال واحد کنترل و ثبات داده‌ها در صورتی که از واحد کنترل مجزا باشد؛

ح- اطلاعات کنترل‌های اخیر همه دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل به کار رفته (به بند ب-۱ مراجعه شود)؛

خ- زمان شروع آزمون تصحیح شده به دقیقه؛

د- نوع کاوشگر مورد استفاده (E یا G) و جزئیات آن (لوله شکاف‌دار، کاوشگر کوتاه کاوشگر طویل)، نتایج آزمون واسنجی کاهش حجم و کاهش فشار تعریف شده در پیوست ب؛

ذ – فشار تفاضلی (P_r-P_g) در ارتفاع CU ؛

ر- سطح فشار مایع و حجم قرائت شده در s ۱ (فقط در روش ب)، s ۱۵، s ۳۰ و s ۶۰ در هر مرحله بارگذاری فشار؛

ز- مختصات P و V هر نقطه به کار رفته برای ترسیم منحنی فشارسنجی تصحیح شده؛

ژ- حوادث طی آزمون (مانند شکستن کاوشگر)؛

س- ارتفاع‌های بالای عمق‌یابی فشارسنج Z_n و مبدل‌های فشار Z_c ، همان طور که در بند ج-۱ و شکل ت-۱ نشان داده شده است؛

ش- ارتفاع‌های سطح مایع حفاری موقع کاربرد و سطح آب زیرزمینی Z_w ، وقتی معلوم شد؛

ص- نام شرکت انجام دهنده عمق‌یابی فشارسنجی یعنی حفاری و آزمون؛

ض- منحنی فشارسنجی تصحیح شده و روش‌های به کار رفته برای برای تصحیحات کاهش حجم و فشار؛

ط- مدول‌های فشارسنج منارد E_m و روش‌های به کار رفته برای به دست آوردن آن؛

ظ- فشار حدی فشارسنج منارد P_{LM} و روش‌های به کار رفته؛

ع – فشار خزش Pf_M و روش به کار رفته؛

غ – شناسایی زمین و توصیف طبق استانداردهای ISO 14688-1 و ISO 14689-1 برای حفره آزمون فشارسنجی.

۷-۳-۲ ثبات آزمون‌های فشارسنجی

ثبات آزمون‌های فشارسنجی، همان طور که در بند ت-۲ نشان داده شده است، حداقل باید شامل موارد زیر باشد:

الف- ارجاع به این استاندارد؛

ب- نوع روش به کار رفته: الف یا ب؛

پ- نقشه طرح عمق‌یابی فشارسنجی و در صورت مناسب بودن، شبکه مرجع عمق‌یابی؛

ت- ارتفاع سطح زمین Zn در گودال فشارسنج اندازه‌گیری شده از سطح مبنا؛

ث- سطح مایع در گودال در زمین حاصل از عمق‌یابی فشارسنج در زمان‌های معین، و ارتفاع سفره آب زمین در صورت مشخص بودن؛

ج- روش ایجاد حفره با ارجاع به جدول پ-۱ و تاریخی که حفره‌های مختلف ایجاد شده‌اند؛

چ- جهت و شیب عمق‌یابی فشارسنج؛

ح – اطلاعات لایه‌های زمین؛

خ – نمایش گرافیکی پارامترهای فشارسنجی به عنوان تابعی از عمق با مقیاس و مقادیر زیر:

– مدول‌های فشارسنجی منارد E_m ؛

– فشار حدی فشارسنج منارد P_{LM} ؛

– فشار خزش فشارسنج منارد P_{fM} ؛

فشارها و مدول فشاری باید حداقل تا دو رقم اعشار اعلام شوند.

یادآوری- توصیه می‌شود برای محل یکسان، مقیاس مشترکی برای تمام ثبات‌های فشارسنجی وجود داشته باشد.

د – ملاحظات روش آزمون، حوادث و هر نوع اطلاعاتی که بر نتایج آزمون تاثیر داشته باشد.

پیوست الف
(الزامی)
گزینه‌های هندسی کاوشگرهای فشارسنج

الف-۱ ویژگی‌های هندسی کاوشگرها

باید جدول الف۱ مرتبط با بند ۴-۱ و شکل ۳ و بند الف-۱ خوانده شود.

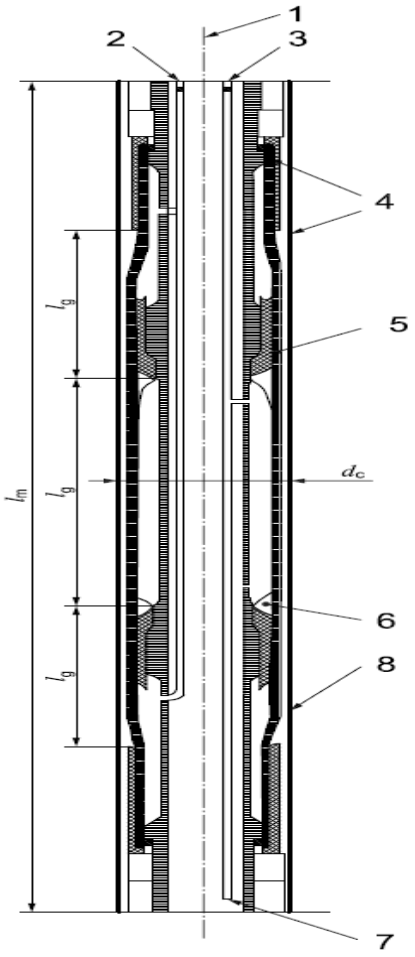
جدول الف۱- ویژگی‌های هندسی برای کاوشگرها

پارامتر			نماد	واحد	مقدار	رواداری
کاوشگر با پوشش منعطف		طول سل اندازه‌گیری مرکزی	l_c	mm	۲۱۰	$^{+۵}_{۰}$
		طول سل محافظ	l_g	mm	۱۲۰	±۱۵
		قطر خارجی	d_c	mm	۵۸	±۲
کاوشگر با لوله شکاف‌دار (به شکل ۳-ب و الف۱ مراجعه شود)	قسمت داخلی: سل اندازه‌گیری مرکزی کوتاه	طول سل اندازه‌گیری مرکزی	l_{sc}	mm	۲۱۰	$^{+۲}_{۰}$
		طول سل محافظ	l_{gs}	mm	۲۰۰	±۵
		قطر خارجی سل اندازه‌گیری مرکزی	d_{ci}	mm	۴۴	±۲
	قسمت داخلی: سل اندازه‌گیری مرکزی طویل	طول سل اندازه‌گیری مرکزی	l_{ci}	mm	۳۷۰	±۵
		طول سل محافظ	l_{gl}	mm	۱۱۰	±۵
		قطر خارجی سل اندازه‌گیری مرکزی	d_{ci}	mm	۴۴	±۲
	لوله شکاف‌دار	قطر خارجی	d_c	mm	۵۹	±۵
		طول شکاف (در طول محور لوله)	l_m	mm	$\geq$ ۸۰۰	-

یادآوری- ممکن است قسمت داخلی لوله شکاف‌دار توصیف شده به عنوان کاوشگر با قطر خارجی mm ۴۴ با پوشش منعطف در گمانه با قطر کوچکتر به کار رود. برعکس، کاوشگرهای با قطر mm ۷۶ را نیز می‌توان به کار برد. آن‌ها شامل کاوشگرهای با پوشش منعطف mm ۷۴ یا mm ۵۸ به کار رفته به عنوان قسمت داخلی کاوشگر با لوله شکاف‌دار هستند.

الف-۲ انتخاب کاوشگر و اجزا فشارسنج

کاهش فشار کاوشگر فشارسنج، شامل لوله شکاف‌داردر صورت کاربرد، در مقایسه با مقدار مورد انتظار حد فشار در عمق آزمون باید تا حد ممکن کم باشد .



راهنما:

۱ محور کاوشگر
۲ لوله تامین گاز
۳ لوله تامین مایع
۴ غشا و پوشش حلقه‌های نگهدارنه
۵ پوشش لاستیکی
۶ غشا لاستیکی سل اندازه‌گیری مرکزی
۷ شیر زهکش
۸ لوله شکاف‌دار

شکل الف۱ – اجزا کاوشگر فشارسنج

انتخاب اجزای مهم کاوشگر باید با استفاده از راهنمایی زیر انجام شود:

الف-برای غشا سل مرکزی:

$p_m \leq ۸۰$ kPa

ب- برای کاوشگر کامل:

اگر $P_{LM} \leq ۹۰۰$ kPa : $p_{el} \leq p_l/4 + 25$ kPa

اگر $P_{LM} \geq ۹۰۰$ kPa : $p_{el} \leq \min \{ [p_l/18 + 200\ \text{kPa}]; 350\ \text{kPa} \}$

پیوست ب
(الزامی)
واسنجی و تجهیزات

ب-۱ دستگاه‌های اندازه‌گیری

تمام دستگاه‌های اندازه‌گیری و کنترل باید به صورت دوره‌ای بر اساس استانداردهای مرجع (ENV 13005: 1999) برای نشان دادن این که اندازه‌گیری‌های درست و اطمینان‌بخشی انجام می‌دهند. فواصل واسنجی باید به گونه‌ای باشد که تفکیک‌پذیری را بتوان تایید کرد.

یادآوری ۱- تایید تفکیک‌پذیری لازم را می‌توان بر اساس سابقه واسنجی‌های قبلی انجام داد.

عدم‌قطعیت‌های اندازه‌گیری که در بند ث-۲ خلاصه شده است باید مدنظر قرار گیرد.

اگر قسمتی از سامانه تعمیر شد یا تغییر کرد واسنجی باید تایید شود.

کپی گزارش آخرین آزمون واسنجی باید در محل کار در دسترس باشد.

علاوه بر واسنجی دستگاه‌های اندازه‌گیری، باید تصحیحات برای خوانش‌های کاهش فشار و کاهش حجم کلیه تجهیزات در کارگاه، انجام شود. اگر سختی غشا سل اندازه‌گیری مرکزیتوسط تامین کننده ارایه نشود، باید به طور غیرمستقیم همان طور که در بند ب-۲ بیان شده است، اندازه‌گیری شود.

یادآوری ۲- کاهش فشار ناشی از سختی اضافه شده غشا سل اندازه‌گیری مرکزی، پوشش منعطف و لوله شکاف‌دار است و با حجم متورم کاوشگر تغییر می‌کند.

یادآوری ۳- کاهش حجم به علت انبساط لوله فشار، دستگاه اندازه‌گیری فشار فشرده شدن هر نوع گاز در مایع تزریق شده به داخل سل اندازه‌گیری مرکزی است و با فشار کاوشگر تغییر می‌کند.

ب-۲ کاهش فشار غشا سل اندازه‌گیری مرکزی تنها

الف- نگهداری میله‌ها به صورت قائم و چرخاندن آن‌ها، اگر میله‌ها لق باشند، مستقیم بودن آن‌ها قابل قبول نیست؛

ب- غلتاندن میله‌ها روی سطح صاف، اگر میله‌ها تلو تلو بخورند، مستقیم بودن آن‌ها قابل قبول نیست؛

پ- لغزاندن در یک لوله مجوف مستقیم که کمی درازتر از میله باشد، اگر میله را بتوان بدون متراکم کردن عبور داد مستقیم بودن قابل قبول است؛

اگر هر نشانه‌ای از خم شدن مشاهده شود، بهتر است استفاده از میله‌ها متوقف شود.

ممکن است روش‌های دیگری برای کنترل مستقیم بودن به کار رود.

یادآوری- در رده کاربردی ۴، شیب سنج وجود ندارد، بنابراین کنترل مستقیم بودن میله‌ها مهمتر است.

پیوست پ
(اطلاعاتی)
تصحیح اصطکاک پوشش برای فشار آب

اصطکاک پوشش تصحیح شده را می‌توان به صورت تعیین کرد:

$$f_t = f_s - \frac{(u_2 \times A_{sb} - u_3 \times A_{st})}{A_s}$$

که در آن:

f_t اصطکاک پوشش تصحیح شده، بر حسب MPa؛

f_s اصطکاک پوشش اندازه‌گیری شده، بر حسب MPa؛

A_s مساحت پوشش اصطکاکی، بر حسب mm^2؛

A_{sb} مساحت سطح مقطع کف پوشش اصطکاکی، بر حسب mm^2؛

A_{st} مساحت سطح مقطع فوقانی پوشش اصطکاکی، بر حسب mm^2؛

u_2 فشار منفذی اندازه‌گیری شده بین پوشش اصطکاکی و مخروط، بر حسب MPa ؛

u_3 فشار منفذی اندازه‌گیری شده در بالای پوشش اصطکاکی ، بر حسب MPa ، هستند.

در صورتی که این تصحیح انجام می‌شود این تصحیح نیازمند مقادیر u_2 و u_3 است و این مقادیر باید اندازه‌گیری شوند.

یادآوری- u_3 را می‌توان از با استفاده از روابط ارایه شده در گزارش SGI ۴۲ [7] از روی u_2 تخمین زد.

این تصحیحات در خاک‌های خوب دانه‌بندی شده که در آن‌ها فشار منفذی اضافی طی نفوذ مهم است، دارای اهمیت بیشتری هستند. توصیه می‌شود مقادیر تصحیح شده نتایج آزمون برای اهداف تفسیر و طبقه‌بندی به کار رود.

پیوست ت
(اطلاعاتی)
آماده کردن فشارسنج منارد

ت-۱ اشباع کردن

معمولا آب مقطر هواگیری شده برای انجام آزمون در خاک‌های اشباع به کار می‌رود. در مواردی که آزمون‌های نفوذ در خاک‌های غیر اشباع با پوسته خشک و خاک‌های اتساعی(مانند ماسه متراکم) انجام می‌شود، توصیه می‌شود فیلتر با گلیسیرین هواگیری شده یا مایع مشابه که نگهداری اشباع در سراسر آزمون را راحت می‌کند، اشباع شود. وقتی آب هواگیری شده به کار می‌رود، بهتر است فیلتر حداقل به مدت min ۱۵ جوشانده شود. توصیه می‌شود فیلتر قبل از انبارش در ظرف درزبندی شده، در آب خنک شود. بهتر است حجم زیادی از آب هواگیری شده تهیه شود. این آب موقع سوار کردن قبل از به کار گیری ضروری است. جوشاندن فیلترها ممکن است برای بعضی از انواع فیلترها(مانند پلی‌اتیلن متراکم) قابل قبول نباشد. اگر گلیسیرین به کار می‌رود، فیلترهای خشک، مستقیما در مایع قرار گرفته و با خلا تقریبا به مدت ۲۴h اصلاح می‌شود. محفظه مبدل معمولا با مایعی که برای فیلتر به کار رفته اشباع می‌شود. این کار را می‌توان ب ا تزریق مستقیم مایع به درون محفظه یا با تعمیر نفوذسنج مخروطی باز شده در محفظه خلا، انجام داد. توصیه می‌شود خلا تا زمانی که تمام حباب‌های هوا از نفوذسنج مخروطی خارج می‌شوند (تقریبا ۱۵min تا ۳۰min) اعمال شود. بهتر است نصب نهایی فیلتر و درزگیرها با نفوذسنج غوطه‌ور در مایع اشباع انجام شود. توصیه می‌شود بعد از نصب، جاگذاری فیلتر کنترل شود. بهتر است ارتفاع فیلتر کافی باشد تا لق نباشد و در عین حال به حد کافی کوچک باشد تا بتوان با دست آن را چرخاند. این موضوع از تنش اضافی در درزهای دور فیلتر جلوگیری می‌کند و همچنین اثرات آن را از اندازه‌گیری کاهش می‌دهد. بعد از نصب فیلتر، پوشاندن فیلتر با غشا لاستیکی که موقع تماس نفوذسنج با خاک از بین می‌رود اقدام مناسبی است. سایر جایگزین‌ها نیز ممکن است.

یادآوری- طی اشباع و نصب غشا لاستیکی، نفوذسنج درمعرض تنش‌هایی خواهد بود، که ممکن است حسگرها مقادیری غیر از صفر نشان دهند.

ت-۲ فیلتر شکاف‌دار

در این سامانه، فشار منفذی با سامانه باز با شکاف ۰/۳ mm درست پشت قسمت مخروطی اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین فیلتر متخلخل بین خاک و محفظه فشار زائد می‌شود. شکاف از طریق چندین کانال با محفظه فشار مرتبط می‌شود. آب هواگیری شده، مایع ضد یخ یا سایر مایعات را می‌توان برای اشباع محفظه فشار به کار برد، در حالی که کانال‌ها با ژلاتین یا مایع مشابه اشباع می‌شوند.

به کار بردن فیلتر شکاف‌دار می‌تواند زمان لازم برای آماده کردن نفوذسنج را کاهش دهد. بعلاوه، این سامانه فشار منفذی موقعی که عبور از طریق نواحی غیر اشباع در خاک انجام می‌شود، اشباع سامانه را بهتر حفظ می‌کند. حسگر فشار مانند پیزوکون‌های فیلتر متخلخل معمولی، تغییرات فشار در سامانه اشباع را ثبت می‌کند.

مانند سایر نفوذسنج‌های مخروطی، الزامات اشباع کافی یکسان هستند، به طوری که واکنش فشار منفذی کافی طی نفوذ حاصل می‌شود.

پیوست ث

(اطلاعاتی)

عدم قطعیت در آزمون

منابع عدم قطعیت در آزمون CPT/CPTU شامل (اما نه محدود) موارد زیر است:

الف- تاثیرات دمای محیط و انتقالی؛

ب- پارامترهای واسنجی غیرصحیح، مانند کاهش واسنجی ناشی از خمش یا آسیب؛

پ- عدم اشباع یا اشباع ضعیف؛

ت- انتقال ناصحیح بارهای ناشی از خاک‌های در فواصل و درزها؛

ث- خطا در سامانه جمع‌آوری داده‌ها؛

ج- انحراف هندسی مخروط؛

چ- شیفت‌های صفر.

حتی اگر الزامات این استاندارد برآورده شوند، ممکن است موقع هدایت CPT، عدم‌قطعیت‌هایی در اندازه‌گیری‌ها، عمدتا به دلیل تاثیرات دما در نفوذسنج مخروطی طی آزمون، روی دهد.

این تاثیرات دما عبارتند از:

الف- دمای محیط، شرایط وقتی دمای نفوذسنج مخروطی در دمای ثابت بدون گرادیان دما از طریق بدنه نفوذسنج تغییر می‌کند؛

ب- دماهای انتقالی، تغییر دمای نفوذ سنج (مانند گرم شدن به علت نیروهای اصطکاکی نفوذسنج مخروطی) با گرادیان از طریق بدنه نفوذسنج که قابل جبران نیستند.

جبران تاثیرات دمای محیط برای نفوذسنج مخروطی قابل دستیابی است. تاثیرات دمای محیط را می‌توان با تنظیم دمای بدنه نفوذسنج در زمین از بین برد. تاثیرات دمای انتقالی را نمی‌توانجبران کرد و با تجهیزات و اقدامات ویژه می‌توان کاهش داد. به عنوان مثال این اقدامات ممکن است شامل امکان اتلاف دمای زیاد قبل از نفوذ از لایه ماسه متراکم به لایه رس نرم باشد.

در لایه‌های خیلی متراکم، ممکن است گرادیان‌های دما در نفوذسنج مخروطی تقریبا $1^{\circ}C$ بر MPa ۱۰ با گرادیان‌های غیر قطعی در بدنه نفوذسنج، روی دهد.

برای پروژه‌های ویژه با CPT_s در رس‌های نرم تا خیلی نرم با تجهیزات ویژه، روش‌ها و اندازه‌گیری دما در نفوذسنج مخروطی(اگر کل آزمون در رس نرم باشد، ضروری نیست)، رده کاربردی ۱ قابل دستیابی است.

برای کار با تجهیزات دانهول در ساحل با تعیین خروجی بار صفر نفوذسنج مخروطی، عدم قطعیت می‌تواند مقداری از ۱۰۰ kPa تا ۲۰۰ kPa ، بسته به عمق آزمون و شرایط گل حفاری باشد.

توصیه می‌شود کاربرد انطباق اندازه‌شناسی در نفوذسنج مخروطی مطابق استاندارد ISO 10012 باشد.

تغییر مکان صفر طی آزمون را می‌تواند نشانه‌ای از عدم دستیابی به رده کاربرد مطلوب باشد. اگر تغییرمکان صفر از حدود درستی رده کاربرد بیشتر شود، نتایج به رده کاربردی پایین‌تر اختصاص می‌یابد.

بیانیه عدم قطعیت حاصل از آنالیز عدم‌قطعیت را می‌توان ارایه کرد. در این آنالیز عدم‌قطعیت، عدم‌قطعیت‌ها را می‌توان مطابق [5]WECC DOC. 19-1990 و استاندارد ISO 10012 ارایه کرد.

پیوست ج
(اطلاعاتی)
کتابنامه

[1] ISO 10012, Measurement management systems — Requirements for measurement processes and measuring equipment
[2] General document: Ménard, L., The Interpretation of Pressuremeter Tests Results, Sols-Soils No.26, Paris, 1975. (texts in French and German available)
[3] Modelling the pressuremeter curve: Baud J.-P., Gambin M., Uprichard S.T. Modeling and Automatic Analysis of a Ménard Pressuremeter Test, in: Géotechnique et Informatique, Proceedings of a Symposium Organised by ENPC in Paris, Presses des Ponts, Paris, 1992.
[4] Alternative method to derive EM from slotted tube tests: Hansbo S., Pramborg G. Experience of the Ménard pressuremeter in foundation design, in: Pressuremeters, Proceedings of ISP3 Symposium organised by BGS in Oxford, Thomas Telford Limited, London, 1990.
[5] EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design — Part 1: General rules
[6] EN 1997-2, Eurocode 7: Geotechnical design — Part 2: Ground investigation and testing