



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۲۳۰۵-۷

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

12305-7

1st.Edition

2014

تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی - آزمون
صحرائی - قسمت ۷: آزمون جک گمانه

Geotechnical investigation and testing —
Field testing —
Part 7:
Borehole jack test

ICS: 93.020

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی - قسمت ۷: آزمون جک گمانه »

رئیس:

روا، افشین

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

دبیر:

پوربابا، مسعود

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

ادریسی، نازیلا

(کارشناسی ارشد معماری)

ارشد شبخانه، بهمن

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

تبریزی، آذر

(کارشناسی مهندسی عمران)

زمان‌پور، اصغر

(کارشناسی مهندسی عمران)

عدالتی، حسین

(کارشناسی ارشد مهندسی عمران)

قدیمی کلجاهی، فریده

(کارشناسی ارشد شیمی)

سمت و / یا نمایندگی

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

شرکت کیفیت آفرینان آذر

دانشگاه آزاد اسلامی واحد سردرود

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

شرکت کیفیت آفرینان آذر

مجمع مس سونگون

شرکت بتن خاوران

اداره کل استاندارد آذربایجان شرقی

متذکر، نسیبه

(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

مجتبوی، علیرضا

(کارشناس مهندسی مواد)

اداره کل استاندارد استان آذربایجان

شرقی

سازمان ملی استاندارد ایران

پیش گفتار

استاندارد " تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی - قسمت ۷: آزمون جک گمانه " 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 مآخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است :

ISO 22476-7:2012, Geotechnical investigation and testing — Field testing — Part 7:
Borehole jack test

تحقیقات و آزمون‌های ژئوتکنیکی - آزمون صحرایی - قسمت ۷ - آزمون جک گمانه

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارایه الزامات، تجهیزات، اجرا و گزارش آزمون‌های جک گمانه^۱ است. **یادآوری-** این استاندارد الزامات آزمون‌های نفوذ جک گمانه را به عنوان قسمتی از تحقیقات و آزمونهای ژئوتکنیکی مطابق با استانداردهای EN1997-1 و EN1997-2 برآورده می‌کند. این استاندارد روشی برای هدایت آزمون جک گمانه در زمین‌هایی که به حد کافی برای تاثیر معکوس عملیات حفاری محکم نیستند، ارایه می‌کند. دو صفحه بارگذاری فولادی استوانه‌ای در زمین گذاشته می‌شود و با فشار باز می‌شوند. فشار اعمالی همراه با باز کردن کاوشگر برای به دست آوردن رابطه تغییر مکان- تنش زمین برای دامنه مورد انتظار تنش طراحی، اندازه‌گیری و ثبت می‌شود. این استاندارد برای عمق‌های آزمون کمتر یا مساوی ۱۰۰ m و برای آزمون در زمین یا ساحل کاربرد دارد.

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 ۱۰۰۱۲، سیستمهای مدیریت اندازه‌گیری - الزامات فرآیندهای اندازه‌گیری و تجهیزات اندازه‌گیری

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

2-3 ISO 14689-1, Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of rock — Part 1: Identification and description

2-4 ISO 22475-1, Geotechnical investigation and testing — Sampling methods and groundwater measurements — Part 1: Technical principles for execution

2-5 ISO/IEC Guide 98-3, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)

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

تجهیزات آزمون جک گمانه

جک گمانه، پمپ هیدرولیکی، واحد اندازه‌گیری و کابل‌ها برای اتصال جک گمانه به واحد اندازه‌گیری و پمپ هیدرولیکی، هستند.

۳-۱-۲

عمق‌یابی جک گمانه

مجموعه‌ای از اقدامات متوالی لازم برای آزمون جک گمانه در مکان ارایه شده، یعنی ایجاد گمانه و انجام آزمون-های جک گمانه در آن است.

۳-۱-۳

حفره برای آزمون جک

حفره استوانه‌ای با سطح مقطع مدور حفر شده در گمانه برای وارد کردن دستگاه جک گمانه است.

۳-۱-۴

جک گمانه

ابزار استوانه‌ای مدور که دو صفحه با خم مخالف با اعمال فشار هیدرولیکی به یک یا چند جک کوچک قرار گرفته در بین آن‌ها از بیرون، از هم دور می‌شوند.

۳-۱-۵

آزمون جک گمانه

فرآیند جک‌گذاری به دو صفحه بارگذاری استوانه‌ای به طرف خارج دیواره گمانه و اندازه‌گیری انبساط همراه به عنوان تابعی از فشار و زمان است.

یادآوری ۱ – به شکل ۱ مراجعه شود.

یادآوری ۲ – موقع آزمون در گمانه که احتمال بیشتر شدن ارتفاع هیدرولیکی در لوله ذخیره ابزار از ارتفاع هیدرولیکی سیال در گمانه وجود دارد محدود کردن انبساط ابزار قبل از ورود آن‌ها به حفره و اتمام آزمون ضروری است.

۳-۱-۶

عمق آزمون

فاصله بین سطح زمین و مرکز صفحات بارگذاری در طول محور گمانه است.

یادآوری – به شکل ۲ مراجعه شود.

۷-۱-۳

کاربر

شخص تایید صلاحیت شده انجام دهنده آزمون است

۲-۳ نمادها

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

جدول ۱- نمادها

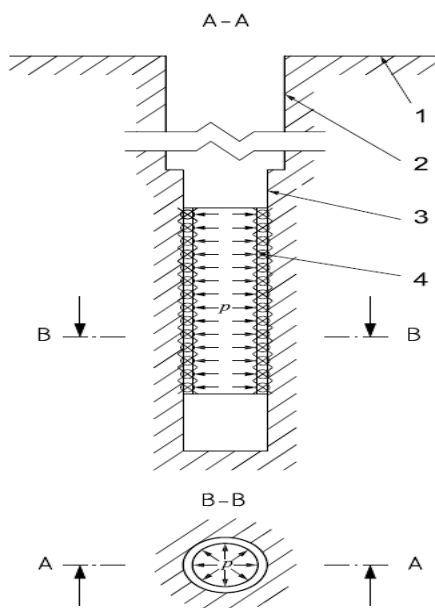
نماد	نام	واحد
A	مساحت تصویر صفحات بارگذاری استوانه‌ای روی صفحه نرمال بر محور انبساط	m ²
A _c	مساحت سطح مقطع یک جک استوانه‌ای	m ²
b	عرض صفحات بارگذاری	mm
d	قطر طراحی جک	mm
d ₀	قطر داخلی حفره آزمون	mm
d _c	قطر فعلی حفره آزمون	mm
d _s	قطر حفره در آغاز آزمون	mm
e	انبساط صفحه بارگذاری	mm
e ₁	انبساط صفحه بارگذاری در زمان t ₁ یا فشار p ₁	mm
e ₂	انبساط صفحه بارگذاری در زمان t ₂ یا فشار p ₂	mm
Δe _i	تغییر انبساط صفحات بارگذاری مساوی تغییر مکان قطری دیواره گمانه	mm
E _B	مدول‌های آزمون جک گمانه برای شرایط بارگذاری	Mpa
E _U	مدول‌های آزمون جک گمانه برای شرایط باربرداری	Mpa
f	ضریب ویژه دستگاه	-
k _f	پارامتر کرنش وابسته به زمان	mm
l	طول محوری صفحات بارگذاری	mm
l _T	طول مرکز به مرکز مبدل	mm
p	فشار اعمالی	Mpa
p _c	تنش تماسی میانگین محاسبه شده	Mpa
p _{max}	فشار تماسی حداکثر	Mpa
p _s	فشار تماسی اولیه	Mpa
p ₁	فشار تماسی در زمان t ₁	Mpa
p ₂	فشار تماسی در زمان t ₂	Mpa
q	فشار هیدرولیکی در جک	Mpa
q _{max}	فشار هیدرولیکی حداکثر به کار رفته	Mpa
q _s	فشار آغاز آزمون	Mpa
r _c	مقاومت اصطکاکی در یک استوانه جک	Mpa

جدول ۱- ادامه

نماد	نام	واحد
t	زمان	min
t ₁	زمان ۱ آزمون فشار ثابت	min
t ₂	زمان ۲ آزمون فشار ثابت	min
z	عمق آزمون	m
z _w	عمق آب زمین	m
α	زاویه بین صفحات بارگذاری	°
β	زاویه بازشدگی صفحات بارگذاری	°
Δp_c	تغییر میانگین محاسبه شده فشار تماسی	MPa
ν	نسبت پواسون	-

۴ تجهیزات

اصل آزمون جک گمانه در شکل ۱ نشان داده شده است.



راهنما:

۱ سطح زمین

۲ گمانه

۳ حفره آزمون

۴ صفحات بارگذاری

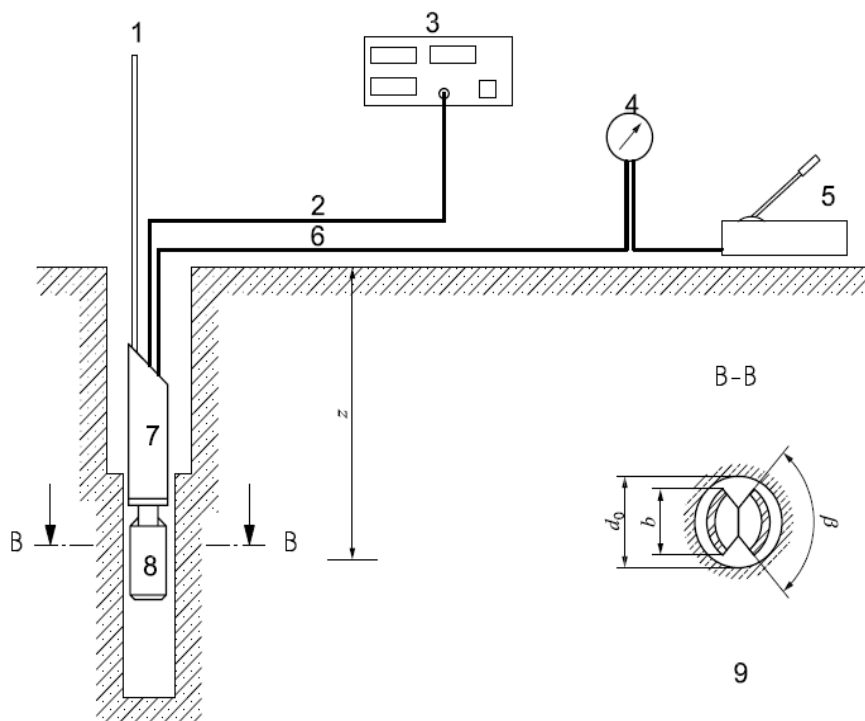
P فشار اعمالی

A-A مقطع محوری

B-B سطح مقطع

شکل ۱- نمونه‌ای از آزمون جک گمانه

تجهیزات انجام آزمون جک گمانه باید شامل اجزا نشان داده شده در شکل ۲ باشد.



راهنما:

- ۱ میله‌های تنظیم
- ۲ کابل علامت
- ۳ واحد اندازه‌گیری
- ۴ سنج فشار
- ۵ پمپ هیدرولیکی
- ۶ لوله فشار
- ۷ لوله جمع‌آوری رسوب
- ۸ جک گمانه
- ۹ صفحه بارگذاری
- β زاویه سوراخ
- d_0 قطر اولیه حفره آزمون
- b عرض صفحه بارگذاری
- Z عمق آزمون
- B-B سطح مقطع

شکل ۲ - نمودار شماتیک تجهیزات جک گمانه

ابزار زیر ضروری هستند:

الف- جک گمانه (شماره ۸ در شکل ۲)؛

ب- لوله فشار (شماره ۶ در شکل ۲)؛

پ- کابل علامت (شماره ۲ در شکل ۲)؛

ت- واحد اندازه‌گیری (شماره ۳ در شکل ۲)؛

ث- پمپ هیدرولیکی (شماره ۵ در شکل ۲)؛

ج- سنج فشار (شماره ۴ در شکل ۲).

اجزای زیر توصیه شده‌اند:

الف- لوله جمع‌آوری رسوب برای حفاظت از حفره (شماره ۷ در شکل ۲)؛

ب- میله‌های تنظیم (شماره ۱ در شکل ۲)؛

قطر اسمی گمانه باید چند میلیمتر بزرگتر از قطر خارجی جک گمانه محصور باشد.

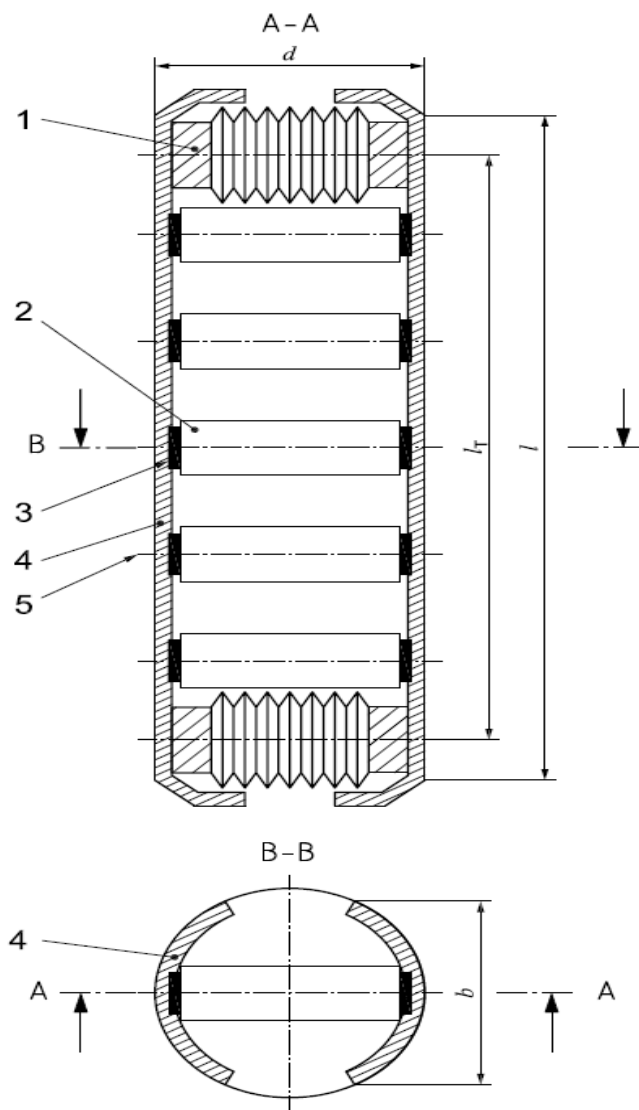
یادآوری- ثابت شده است که قطر گمانه ۱۰۱ mm، برای جک گمانه با قطر خارجی ۹۵ mm مناسب است.

فشار هیدرولیکی اعمالی به استوانه‌های جک‌گذاری بین صفحات بارگذاری باید با مبدل الکتریکی ابزار اندازه-

گیری شود (به شکل ۳ مراجعه شود).

فشار ممکن است با دستگاه اندازه‌گیری مناسب در سطح زمین ثبت شود.

-



ب

راهنما:

۱ مبدل تغییر مکان

۲ استوانه هیدرولیکی (شماره قابل تغییر)

۳ سطح باربر کروی

۴ صفحه بارگذاری

۵ محور استوانه انبساطی

b عرض صفحه بارگذاری

d قطر طراحی جک

l طول محوری صفحات بارگذاری

l_T فاصله مرکز به مرکز مبدل ها

A-A مقطع محوری

B-B سطح مقطع

شکل ۳- طرح جک گمانه منبسط شده: مقطع محوری و سطح مقطع

انبساط صفحات بارگذاری باید با یک یا چند مبدل الکتریکی کنترل شود. اگر صفحات بارگذاری با استوانه‌های هیدرولیکی متصل شده به صورت موازی جابه‌جا شوند، حداقل دو مبدل باید برای این که هر گونه کج شدن صفحات بارگذاری را ثبت کند. اگر صفحات امکان کج شدن نداشته باشند یک مبدل کافی است. لوله فشار و کابل علامت باید ابزار پایین حفره^۱ را به واحدهای کنترل و اندازه‌گیری در سطح متصل کند. لوله فشار باید به پمپ هیدرولیکی و سنج فشار متصل باشد. کابل علامت باید مبدل‌های ابزار را به واحد اندازه‌گیری متصل کند.

۵ روش‌های آزمون

۵-۱ واسنجی دستگاه آزمون

قبل از انجام آزمون، تجهیزات باید واسنجی شوند و اصلاحات قابل اعمال تعیین شوند (به پیوست الف مراجعه شود). کپی مدارک واسنجی باید در محل کار در دسترس باشد. اجزا تجهیزات زیر باید واسنجی شوند:

الف- سامانه اندازه‌گیری تغییر مکان؛

ب- سامانه اندازه‌گیری فشار.

اگر هر قسمت از سامانه تعمیر شود یا تعویض شود، واسنجی باید تایید شود.

۵-۲ حفاری حفره و جاگذاری دستگاه

نمونه باید مطابق با استاندارد ISO 22475 در عمق آزمون قبل از انجام آزمون جک گمانه بازیافت شود. در گمانه‌های ناپایدار، قالبی با قطر مناسب باید از پایین تا سطح ۱ m بالای محل آزمون مورد نظر قرار داده شود. سپس حفره میانی یا حفره در حدود ۳ m در طول باید با قطر اسمی ابزار مغزه‌گیری شود. حفره باید حفاری شده و ابزار پایین گمانه باید در محل آزمون با حداقل دست‌خوردگی زمین مورد آزمون جاگذاری شود (به پیوست ث مراجعه شود). توصیه می‌شود به احتمال تأثیرات هر نوع رسوب در گمانه توجه شود.

دستگاه جک‌گذاری گمانه باید بدون تاخیر در داخل حفره تنظیم شود. ممکن است در صورت ضرورت ابزار با چرخاندن میله‌های تنظیم در حفره جهت‌یابی شود. ابزار باید به گونه‌ای در حفره وارد شوند که لبه بالای صفحات جک‌گذاری حداقل در ۰/۵ m ورودی حفره باشند. لبه‌های پایینی صفحات بارگذاری نباید نزدیکتر از ۰/۵ m به کف حفره باشند. توصیه می‌شود آزمون‌های جک گمانه در زمینی که پایداری دیواره گمانه تضمین نمی‌شود، انجام نشود.

۳-۵ برنامه بارگذاری

۳-۵-۱ کلیات

فشار هیدرولیکی حداکثر (q_{max})، که به کار می‌رود باید با در نظر گرفتن تنش حداکثر مورد انتظاری که به زمین توسط سازه پیشنهادی وارد خواهد شد، تعیین شود.

دو روش ممکن است برای انجام آزمون انتخاب شود:

الف- آزمون‌های شامل مراحل بارگذاری، باربرداری و بارگذاری مجدد؛

ب- آزمون‌هایی که تاثیرات وابسته به زمان در آن‌ها مهم هستند. این آزمون‌ها باید به صورت مجزا مطابق با الزامات داده‌های واقعی طراحی شوند.

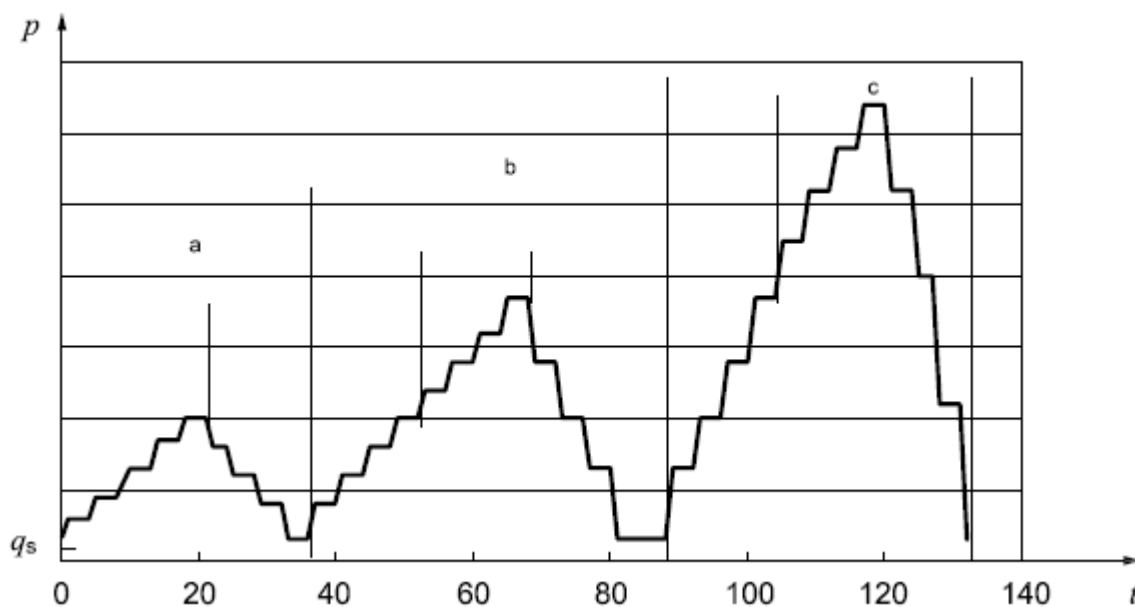
در روش اول، حداقل باید سه چرخه باربرداری / بارگذاری مجدد طی مرحله بارگذاری انجام شود. برنامه این چرخه باربرداری / بارگذاری باید در ویژگی‌های آزمون ارایه شود یا مطابق فرآیند مشاهده آزمون تصمیم‌گیری شود. موقعیت اولین نقطه معکوس کردن بار باید توسط مرجع برای تنش تماسی اولیه تعیین شود (به بند ۶-۱-۱ مراجعه شود). قبل از آغاز مرحله چرخه باربرداری، باید زمان کافی برای کم اهمیت شدن تاثیرات وابسته به زمان داده شود.

۳-۵-۲ مرحله بارگذاری

موقع آغاز آزمون، صفحات بارگذاری باید به آهستگی جک‌گذاری شوند تا با دیواره گودال تماس شوند. این تماس با افزایش ناگهانی فشار هیدرولیکی مشخص می‌شود. این فشار، فشار تماس اولیه (P_s) است. سپس باید فشار بیشتری اعمال شود تا برابر q_s شود که از بین دو درصد تا پنج درصد فشار حداکثر طراحی شده انتخاب شده است (به شکل ۴ مراجعه شود).

با شروع فشار اولیه، خاک یا سنگ با افزایش‌های مرحله‌ای فشار بارگذاری می‌شود. مدت حفظ این فشار باید بین ۱ min تا ۳ min انتخاب شود. همزمان قرائت‌های فشار و انبساط صفحه بارگذاری باید در ۵ تا ۸ مرحله افزایش انجام شود. قبل از آغاز هر باربرداری در چرخه باربرداری / بارگذاری مجدد، فشار باید ثابت نگه داشته شود تا تاثیرات وابسته به زمان به مقدار قابل قبولی حذف شوند.

انحرافات از این روش باید در هر مرحله به صورت مجزا گزارش شود و تاثیر آن بر نتایج آزمون تشریح شود.



راهنما:

a مرحله بارگذاری اول

b مرحله بارگذاری دوم

c مرحله بارگذاری سوم

شکل ۴- نمونه‌ای از برنامه بارگذاری آزمون

۵-۳-۳ مرحله باربرداری

بعد از این که فشار هیدرولیکی حداکثر در مرحله بارگذاری حاصل شد، بار باید به صورت مرحله‌ای کاهش یابد و فشار و انبساط صفحه بارگذاری ثبت شود. نقاط داده‌های کافی باید در چرخه باربرداری برای ارزیابی تعریف مناسب از کل چرخه، وجود داشته باشد.

۵-۳-۴ اتمام بارگذاری

مرحله بارگذاری باید وقتی که یکی از حالات زیر پیش بیاید متوقف شود:

الف- فشار هیدرولیکی حداکثر حاصل شود؛

ب- انبساط مجاز حداکثر صفحات بارگذاری حاصل شده باشد؛

پ- زاویه کج شدن α صفحات بارگذاری بیش از 3° باشد.

زاویه کج شدن به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$tg\alpha = \frac{\text{اختلاف بین مبدل های 1 و 2}}{L_T}$$

۴-۵ پر کردن گمانه

بعد از اتمام آزمون‌ها، هر گمانه باید پر شود و محل مطابق با ویژگی‌های ارایه شده در استاندارد ISO 22475-1 بازیافت شود.

۵-۵ 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

۱-۶ روابط پایه

۱-۱-۶ محاسبه تنش تماس میانگین

تنش تماس میانگین (P_c)، بین صفحات بارگذاری و دیواره گمانه باید از رابطه زیر تعیین شود:

$$P_c = \frac{F}{A}$$

که در آن:

A مساحت تصویر شده یکی از صفحات بارگذاری؛

F نیروی وارد شده توسط جک به یکی از صفحات:

$$F = nA_c(q - r_c)$$

که در آن:

n تعداد استوانه‌ها؛

q فشار هیدرولیکی؛

A_c مساحت سطح مقطع استوانه جک؛

r_c ضریب تاثیر اصطکاک که باید با واسنجی تعیین شود (به بند ب-۴ مراجعه شود)، هستند.

۱-۲-۶ مدول‌های آزمون جک گمانه، E_B

مدول‌های آزمون جک (E_B) باید توسط رابطه زیر محاسبه شود:

$$E_B = f \cdot \frac{d_c}{\Delta e_i} \cdot \Delta p_i$$

که در آن:

f پارامتر ویژه دستگاه مربوط به زاویه باز شدن صفحات بارگذاری β و ضریب پواسون ν ؛

یادآوری- پارامتر ویژه دستگاه (f) برای ابزارهای مورد استفاده در پیوست الف ارایه شده است.

d_c قطر فعلی حفره؛

Δe_i تغییر انبساط صفحات بارگذاری ناشی از ΔP_i .

ΔP_i تغییر تنش تماسی میانگین محاسبه شده؛ هستند.

E_B همواره نسبت به محدوده تنش در نظر گرفته می‌شود.

۶-۲ آزمون‌های بارگذاری

داده‌های آزمون باید همان طور که در شکل ۱ نشان داده شده، ترسیم شوند. انبساط صفحه بارگذاری (e) به عنوان تابعی از تنش تماسی میانگین (P_C) رسم می‌شود. مدول‌های بارگذاری آزمون جک (E_B) باید از داده‌های آزمون Δe و Δc مطابق رابطه ۳ تعیین شوند.

وقتی آزمون‌های جک گمانه ارزیابی می‌شوند، ΔP_C باید فقط در محدوده یک مرحله بارگذاری با باربرداری انتخاب شود. هر مرحله‌ای که انتخاب می‌شود تعیین می‌کند که مدول‌های اندازه‌گیری، باربرداری یا بارگذاری هستند. تفاوت بیشتری بین مدول‌های بارگذاری اول و مدول بارگذاری مجدد مختلف وجود دارد (به جداول ۱ و ۲ مراجعه شود). تمام مدول‌ها باید به صورت مجزا محاسبه و گزارش شوند (جدول ۱). مقادیر مدول‌ها باید تا سه رقم اعشار گزارش شوند.

۶-۳ آزمون بار ثابت

برای ارزیابی تغییر شکل وابسته به زمان زمین در تنش ثابت ($p_1=p_2$)، انبساط صفحه بارگذاری اندازه‌گیری شده باید به عنوان تابعی لگاریتم زمان ترسیم شود. شیب متناظر با پارامتر کرنش وابسته به زمان (k_f) است. به طور تحلیلی، k_f را می‌توان مطابق رابطه (۴) برای سطح تنش بیان شده (p) تعیین کرد:

(۴)

$$k_f = \frac{e_2 - e_1}{(\lg t_2 - \lg t_1)}$$

که در آن:

e_2 انبساط صفحه بارگذاری در زمان t_2 ؛

e_1 انبساط صفحه بارگذاری در زمان t_1 ؛

با $p_1=p_2$ ، هستند.

۷ گزارش

۷-۱ کلیات

در ارایه نتایج آزمون، توصیه می‌شود اطلاعات مانند جداول یا طرح بایگانی استاندارد به راحتی در دسترس باشد. ارایه به صورت دیجیتالی برای آسانی تغییر داده‌ها مجاز است. زیربند ۷-۲ اطلاعات لازم را برای موارد زیر بیان می‌کند:

الف- ثبت کارگاهی نتایج آزمون،

ب- گزارش آزمون،

پ- جدول و طرح از نتایج آزمون.

گزارش کارگاهی، در محل پروژه کامل شده و گزارش آزمون باید شامل اطلاعات ارایه شده در بند ۷-۲ باشد.

نتایج آزمون باید برای قادر ساختن شخص سوم برای کنترل و درک نتایج گزارش شود.

طی آزمون، خصوصیات و انحرافات از این استاندارد باید ثبت شود که ممکن است بر نتایج اندازه‌گیری تاثیر بگذارد، باید ثبت و گزارش شود.

۷-۲ گزارش نتایج آزمون

۷-۲-۱ اطلاعات عمومی

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	ارجاع به این استاندارد	-	×
ب	شرکت مجری آزمون	×	×
پ	نام و امضا کاربر تجهیزات اجرای آزمون	×	-
ت	نام و امضا مدیر مسئول پروژه	-	×
ث	عمق آب زیرزمینی (در صورت ثبت) و تاریخ و زمان ثبت	×	-
ج	توصیف مواد حفاری شده مطابق استاندارد ISO 14688-1 و ISO 14689-1	×	-
چ	نوع و ترکیب ابزار به کار رفته برای حفاظت دیواره گمانه	×	-
ح	عمق و دلایل احتمالی هر توقف دز آزمون جک گمانه	×	-
خ	معیار توقف اعمالی، مانند فشار نهایی، فشار حداکثر، قطر حداکثر	×	-
د	مشاهدات انجام شده طی آزمون، مانند: تغییر فشار، قطر یا حجم، حوادث، تغییرات مهم در قرائت‌ها صفر یا مرجع	×	-
ش	پر کردن حفره مطابق استاندارد ISO 22475-1	×	-

۷-۲-۲ محل آزمون

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	شماره آزمون	×	×
ب	عمق آزمون	-	×
پ	مختصات کلی یا محلی	-	×
ت	سامانه مرجع و رواداری‌ها	-	×
ث	ارتفاع سطح زمین با ارجاع به سطح مبنای مشخص	-	×

۷-۲-۳ تجهیزات آزمون

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	نوع جک گمانه	×	×
ب	هندسه و ابعاد	×	×
پ	توصیف کارهای حفاری مطابق استاندارد ISO 22475-1	×	×
ت	شناسایی جک گمانه	×	×
ث	گستره اندازه‌گیری حسگرها	×	×
ج	تاریخ آخرین واسنجی حسگرها	×	×
چ	قطر داخلی، ضخامت دیواره و مواد استوانه واسنجی	×	×

۷-۲-۴ روش آزمون

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	نوع آزمون	×	×
ب	ویژگی‌های آزمون	×	×
پ	روش کنترل آزمون	×	×
ت	تاریخ انجام آزمون	×	×
ث	زمان آغاز آزمون	×	×
ج	ساعت رویدادها طی آزمون	×	×
چ	عمق آزمون جک گمانه، اندازه‌گیری شده نسبت به مرکز صفحات انبساطی	×	×
ث	سطح سیال (آب یا گل حفاری) در گمانه	×	×

۷-۲-۵ پارامترهای محاسباتی و اندازه‌گیری

	گزارش کارگاهی	گزارش آزمون	هر طرح
الف	فشار اعمالی p و تغییر مکان‌های قطری دیواره گمانه Δe با زمان	×	×
ب	قرائت‌های صفر و یا مرجع فشار و قطر قبل و بعد از آزمون	×	×
پ	تغییر مکان صفر (در واحدهای مهندسی)	×	×
ت	تصحیحات اعمال شده طی پردازش داده‌ها (مانند جابجایی، سامانه پذیرش)	×	×
ث	مدول جک گمانه و روش‌های به کار رفته برای به دست آوردن آن‌ها	×	×

۳-۷ انتخاب مقیاس محور

همه نتایج ترسیمی باید در مقیاسی که نتایج به صورت منطقی در نمودار پر می‌شود، در فضای کاغذ ارایه شود.

۴-۷ ارایه نتایج آزمون

ارایه نتایج آزمون جک گمانه باید شامل داده‌ها مطابق بند ۲-۷ باشد:

الف- ویژگی‌های سامانه اندازه‌گیری فشار و تغییر مکان (نوع، تولید کننده، شماره سریال)؛

ب- ویژگی‌های جک گمانه (نوع، تولید کننده، شماره سریال)؛

پ- جداول و نمودارهای فشار اعمالی و تغییر مکان‌های گودال قطری مربوط؛

ت- جدول همه مدول‌های محاسبه شده از نتایج آزمون؛

ث- نمودار تغییر مکان قطری (Δe)، در برابر فشار تصحیح شده (p)؛

ج- نمودار فشار اعمالی (p)، به عنوان تابعی از زمان (t) (نمودار بار- زمان).

پیوست الف
(الزامی)
نگهداری، کنترل و واسنجی

الف-۱ نگهداری و کنترل

الف-۱-۱ مستقیم بودن میله‌های رانش

توصیه می‌شود قبل از انجام آزمون، مستقیم بودن میله‌های رانش با یکی از روش‌های زیر کنترل شود:
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.

الف-۱-۲ پوشش نفوذسنج مخروطی

پوششش مخروط و پوشش اصطکاک‌گیر برای اطمینان از این که رواداری‌های هندسی برآورده می‌شوند (به بندهای ۴-۴ و ۴-۵ مراجعه شود)، باید به طور منظم کنترل شود (به جدول الف-۱ مراجعه شود). الگوی هندسی استاندارد شبیه به نفوذسنج مخروطی استفاده نشده را می‌توان برای کنترل به کار برد.

الف-۱-۳ فاصله‌ها و درزها

فاصله‌ها و درزها بین قسمت‌های مختلف نفوذسنج مخروطی باید به طور مرتب کنترل شود (به جدول الف-۱ مراجعه شود). درزها باید از لحاظ ورود ذرات خاک کنترل و تمیز شود. نفوذسنج باید قبل از انبار کردن تمیز شود.

الف-۱-۴ سامانه اندازه‌گیری فشار منفذی

در صورتی که اندازه‌گیری فشار منفذی انجام شود، بهتر است فیلتر دارای نفوذپذیری کافی برای پاسخ مناسب باشد (به بند ۴-۶-۱ مراجعه شود). بهتر است قبل از شروع نفوذ، سامانه فشار منفذی کاملاً اشباع شود و تا

رسیدن نفوذسنج مخروطی به سطح آب زیرزمینی یا خاک اشباع، اشباع نگهداشته شود. برای فواصل نگهداری به جدول الف-۱ مراجعه شود.

قبل از هر آزمون باید فیلتر به صورت چشمی از لحاظ آسیب، پوشش و گرفتگی کنترل شود. ترجیحا قبل از هر آزمون، بهتر است فیلتر تعویض شود و مراحل اشباع کردن انجام شود.

پیوست ب

(الزامی)

محاسبه عمق نفوذ

برای رده‌های کاربردی ۱ و ۲ عمق آزمون نفوذ مخروط باید برای شیب با معادله زیر تصحیح شود:

$$Z = \int_0^l C_{inc} dl \quad (\text{ب-۱})$$

که در آن:

Z : عمق نفوذ برحسب m؛

l: طول نفوذ برحسب m؛

C_{inc} ضریب تصحیح برای تاثیر شیب نفوذسنج مخروطی نسبت به محور قائم، هستند.

معادلات برای محاسبه ضریب تصحیح C_{inc} برای تاثیر شیب نفوذسنج مخروطی نسبت به محور قائم، بر روی عمق نفوذ عبارتند از:

الف- برای شیب‌سنج بدون جهت:

$$C_{inc} = \cos \alpha \quad (\text{ب-۲})$$

که در آن α زاویه مجموع اندازه‌گیری شده بین محور قائم و محور نفوذسنج مخروطی برحسب درجه است.

ب- برای شیب‌سنج دو محوره:

$$C_{inc} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{tg}_{\beta_1}^2 + \text{tg}_{\beta_2}^2}} \quad (\text{ب-۳})$$

که در آن:

β_1 زاویه بین محور قائم و تصویر محور نفوذسنج مخروطی در صفحه قائم برحسب درجه،

β_2 زاویه بین محور قائم و تصویر محور نفوذسنج مخروطی روی صفحه قائمی است که بر صفحه زاویه β_1 عمود است، برحسب درجه، هستند.

پیوست پ
(اطلاعاتی)
تصحیح اصطکاک پوشش برای فشار آب

اصطکاک پوشش تصحیح شده را می توان به صورت تعیین کرد:

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

که در آن:

f_t اصطکاک پوشش تصحیح شده، بر حسب MPa؛

f_s اصطکاک پوشش اندازه گیری 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 اندازه گیری شده بین پوشش اصطکاکی و مخروط، بر حسب MPa ؛

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

در صورتی که این تصحیح انجام می شود این تصحیح نیازمند مقادیر u_2 و u_3 است و این مقادیر باید اندازه گیری شوند.

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

این تصحیحات در خاک های خوب دانه بندی شده که در آنها فشار منفذی اضافی طی نفوذ مهم است، دارای اهمیت بیشتری هستند. توصیه می شود مقادیر تصحیح شده نتایج آزمون برای اهداف تفسیر و طبقه بندی به کار رود.

پیوست ت (اطلاعاتی) آماده کردن جک‌ها

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 ۱۵ min 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 با 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 لقی 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 در معرض 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 غیر صحیح، 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، عدم قطعیت‌هایی در اندازه‌گیری‌ها، عمدتاً 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 نمی‌توان جبران کرد و با تجهیزات و اقدامات ویژه می‌توان کاهش داد. به عنوان مثال این اقدامات ممکن است شامل ائتلاف 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 تقریباً 1°C بر MPa ، 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 دانه‌پول در ساحل با تعیین خروجی بار صفر نفوذسنج مخروطی، عدم قطعیت می‌تواند مقداری از 100 kPa تا 200 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 تغییر مکان صفر از حدود درستی رده کاربرد بیشتر شود، نتایج به رده کاربردی پایین‌تر اختصاص می‌یابد.

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

پیوست ج
(اطلاعاتی)
کتابنامه

- [1] ISO 14688-2, *Geotechnical investigation and testing — Identification and classification of soil — Part 2: Principles for a classification*
- [2] ISO 22475-1 *Geotechnical investigation and testing — Sampling by drilling and excavation methods and groundwater measurements — Part 1: Technical execution*
- [3] EN 1997-1, *Eurocode 7: Geotechnical design — Part 1: General rules*
- [4] EN 1997-2, *Eurocode 7: Geotechnical design — Part 2: Ground investigation and testing*
- [5] WECC DOC. 19-1990, *Guidelines for the expression of the uncertainty of measurement in calibrations*
- [6] T. Lunne, P.K. Robertson and J.J.M. Powell, *Cone penetration testing in geotechnical practice*, Blackie Academic/Routledge Publishing, New York, 1997
- [7] SGI Report 42, R. Larsson and M. Mulabdic, *Piezococone tests in clay*, 1991
- [8] NORSOK G-001, revision 2, October 2004, *Marine soil investigations*