



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۸۸۷-۶

چاپ اول

بهمن ۱۳۹۲

INSO

17887-6

1st. Edition

Feb.2013

انجام آزمون و تحقیق خاک و پی-آزمون
ژئوهیدرولیک- قسمت ۶: آزمون‌های
نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از
سامانه‌های بسته- روش آزمون

**Geotechnical investigation and testing —
Geohydraulic testing — Part 6: Water
permeability tests in a borehole using
closed systems-Test Method**

ICS: 93.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

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

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، 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 می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

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

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

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

«انجام آزمون و تحقیق خاک و پی - آزمون ژئوهیدرولیک - قسمت ۶: آزمون‌های نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته - روش آزمون»

رئیس:

ابوالحسنی، عباس
(کارشناس مهندسی عمران)

دبیر:

ضرابی راد، راحله
(کارشناس ارشد زمین‌شناسی)

مدیر فنی آزمایشگاه همکار شرکت پیشرو مصالح شرق،
مدیرعامل شرکت کیفیت گستر بجنورد، دبیر تدوین
پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

آروین، پویا
(دکتری مهندسی کشاورزی، زراعت)

عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور مرکز بجنورد

ارجمندزاده، رضا
(دکتری زمین‌شناسی اقتصادی)

عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور بجنورد

اسدی، رضا
(کارشناس زمین‌شناسی)

سرپرست آزمایشگاه مکانیک خاک شهرستان مانه و
سملقان

باقری، سکینه
(کارشناس ارشد شیمی)

مدرس دانشگاه پیام نور مرکز بجنورد

پیلوار، حبیب رضا
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

سرپرست عمران و محیط زیست شرکت شهرک‌های
خراسان شمالی

حسینی عزیز، رقیه
(کارشناس ارشد مهندسی شیمی)

مدیر فنی آزمایشگاه همکار بیژن‌پورد

(خدام کهکی، محبوبه)
(کارشناس فیزیک هسته‌ای)

کارشناس فیزیک

رنجبر، مریم
(کارشناس ارشد هیدروژئولوژی)

کارشناس آب منطقه‌ای شهرستان تبریز

معاونت ارزیابی انطباق اداره کل استاندارد خراسان
شمالی

فرجی، احمدرضا
(کارشناس ارشد زمین‌شناسی، هیدرولوژی)

کارشناس اداره کل استاندارد خراسان شمالی

کریمی، الهه
(کارشناس ارشد زمین‌شناسی)

مدیرعامل شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان

گریوانی، زکیه
(کارشناس ارشد شیمی کاربردی)

مدیر کنترل کیفیت شرکت بتن آماده و سنگدانه مالک
اشتر

یزدانی، ابوالفضل
(کارشناس شیمی)

مدرس دانشگاه دولتی بجنورد، دبیر آموزش و پرورش
شهرستان اسفراین

یوسف‌نژاد، هادی
(کارشناس ارشد فیزیک)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
و	پیش گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۱	۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها
۲	۴ وسایل
۳	۵ روش انجام آزمون
۵	۶ نتایج آزمون
۵	۷ گزارشها
۸	پیوست الف (اطلاعاتی) مثالی از ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده
۹	پیوست ب (اطلاعاتی) تفسیر نتایج آزمون
۱۵	پیوست پ (اطلاعاتی) کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «انجام آزمون و تحقیق خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت ۶: آزمون‌های نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته- روش آزمون» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط شرکت پژوهشکده کیمیاگران ارتیان بجنورد تهیه و تدوین شده و در چهارصد و شصت و چهارمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان، مواد و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۲/۱۱/۰۷ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه 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 تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

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

ISO 22282-6: 2012, Geotechnical investigation and testing — Geohydraulic testing — Part 6: Water permeability tests in a borehole using closed systems

انجام آزمون و تحقیق خاک و پی - آزمون ژئوهیدرولیک - قسمت ۶: آزمون‌های نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته - روش آزمون

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش برای اندازه‌گیری نفوذپذیری محلی آب در خاک‌ها و سنگ‌های بالا و پایین سطح آب‌های زیرزمینی در یک سامانه بسته، توسط آزمون‌های نفوذپذیری به عنوان بخشی از خدمات تحقیقات خاک و پی طبق پیوست پ [۱] و [۲] است.

آزمون‌ها برای تعیین ضریب نفوذپذیری (k) در خاک‌ها و سنگ‌ها با نفوذپذیری پایین کمتر از 10^{-8} m/s استفاده می‌شوند. همچنین از آن می‌توان برای تعیین ضریب ذخیره^۱ (S) و قابلیت انتقال^۲ (T) نیز استفاده کرد.

یادآوری - آزمون فشار آب در سنگ توسط استاندارد بند ۲-۳ پوشش داده شده است.

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 می‌شوند. در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن، مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آنها مورد نظر است. استفاده از مرجع 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 22282-1, Geotechnical investigation and testing Ge o h y d r a u l i c testing- Part 1: General rules
- 2-4 ISO 22475-1, Geotechnical investigation and testing - Sampling methods and groundwater measurements - Part 1: Technical principles for execution

۳ اصلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها

۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

اصطلاحات و تعاریف در این استاندارد طبق استاندارد بند ۲-۳ می‌باشد.

1- Storage Coefficient
2- Transmissivity

نمادهای به کار رفته در این استاندارد در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نمادها

نماد	معرفی	واحد
C_{aap}	تراکم‌پذیری ظاهری وسیله اندازه‌گیری	Pa^{-1}
C_w	تراکم‌پذیری آب	Pa^{-1}
F	فاکتور شکل	-
g	شتاب ثقل	m/s^2
h	سطح آب آزمون	m
h_{st}	ارتفاع سطح آب ثابت شده آزمون اولیه	m
k	ضریب نفوذپذیری	m/s
K_{20}	ضریب نفوذپذیری در دمای $20^{\circ}C$	m/s
L	ارتفاع حفره	m
p	فشار	Pa
Q	سرعت جریان	m^3/s
r_c	شعاع حفره اندازه‌گیری و گمانه	m
S	ضریب ذخیره	-
T	قابلیت انتقال ($T = kL$)	m^2/s
t	زمان	t
V	حجم	m^3
V_w	حجم آب ارایه شده به تپ ^۱ فشار	m^3
Z_c	ارتفاع میانی حفره در ارتباط با زمین طبیعی	m
Z_{capt}	ارتفاع حس گر فشار در ارتباط با زمین طبیعی	m
η	گرانروی پویای ^۲ آب	$Pa.s$
ρ_w	چگالی آب	kg/m^3
Δh_0	تغییرات سطح آب اولیه	m
$\Delta h(t)$	تغییرات سطح آب نسبت به زمان t	m
ΔV_0	تغییرات حجم اولیه	m^3
Δp_0	تغییرات فشار اولیه	Pa
$\Delta P(t)$	تغییرات فشار نسبت به زمان t	Pa

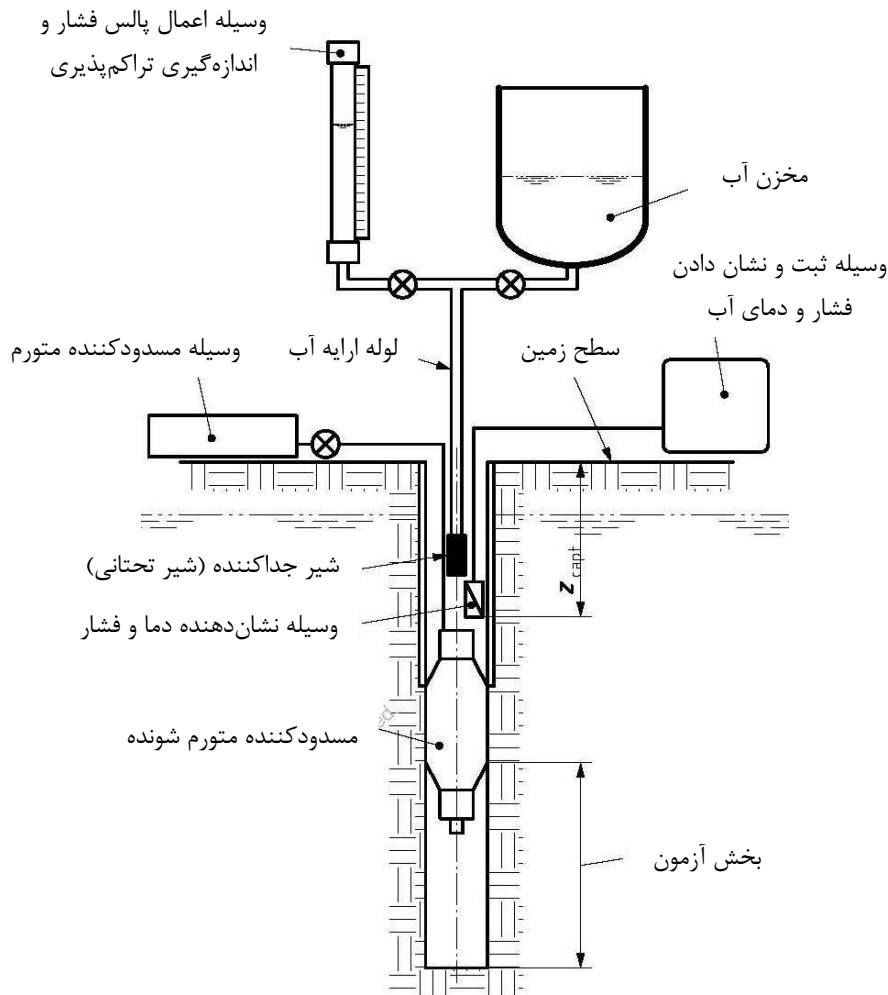
۴ وسایل

وسایل اساسی شامل بخش‌های زیر است (به مثال شکل ۱ نیز مراجعه کنید):

- پمپ یا منبع فشار که قادر به تزریق یا خروج آب از سامانه پر از آب به روش تپ فشار در بازه زمانی آزمون؛

1- Pulse
2- Dynamic

- لوله‌ها؛
- مسدودکننده^۱ تکی یا دوتایی؛
- شیر قطع کن در لوله بالای بخش آزمون؛
- وسیله اندازه‌گیری و ثبت فشار در بخش آزمون؛
- سامانه ثبت داده‌ها.



شکل ۱- مثال - وسایل آزمون

۵ روش انجام آزمون

۱-۶ اصول

اصل آزمون‌های نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته بر اساس تغییر لحظه‌ای سطح آب در بخش آزمون است. پراکندگی سطح اعمال شده به عنوان تابعی از زمان ثبت می‌شود. با توجه به شکل ۱، حجم آب در بخش آزمون گمانه بسته، توسط یک یا چند مسدودکننده به منظور تعیین اتلاف فشار نسبت به زمان، تحت فشار قرار گرفته است.

آزمون در گمانه در هر جهت و قطری می‌تواند انجام شود. بخش آزمون می‌تواند در بالا یا پایین سطح آب زیرزمینی قرار داشته باشد.

۲-۵ نصب وسایل

میله یا لوله آزمون باید داخل گمانه با شیر باز نصب شود. مسدودکننده (ها) باید متورم شوند یا باید درپوش آب‌بند نصب شود.

۳-۵ تعیین آزمون اولیه تثبیت سطح آبی

۱-۳-۵ زیر سفره آب

در زیر سفره آب زیرزمینی اندازه‌گیری سطح آبی اولیه در خاک یا سنگ مورد آزمون باید به شکل زیر انجام شود:

- روشن کردن سامانه ثبت فشار در بخش آزمون؛

- بستن شیر جداکننده؛

- پایش فشار تا به حالت پایدار برسد.

پایش باید تا زمانی که تغییرات سطح (Δh) کمتر از ۱۰٪ تغییرات سطح اولیه برسد، ادامه پیدا کند.

۲-۳-۵ بالای سفره آب

در مورد آزمون خاک غیراشباع در ابتدا، خاک اطراف بخش آزمون باید قبل از اعمال تپ فشار ابتدا اشباع شود. این اشباع‌شدگی منجر به کاهش عمده مکش در مجاورت بخش آزمون می‌شود.

مقادیر توصیه شده برای سطح ثابت آب در حدود یک متر آب با توجه به سطح زمین است. حجم نفوذ در طی این مرحله باید تخمین زده شود و در گزارش آزمون ذکر شود. مدت زمان مرحله نفوذ تا حد زیادی به نفوذپذیری خاک وابسته است. حداقل زمان مرحله اشباع‌شدگی برای محدوده‌های مختلف نفوذپذیری در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- مدت زمان مرحله اشباع‌شدن و محدوده نفوذپذیری

ضریب نفوذپذیری (k)		
(m/s)		
1×10^{-8}	1×10^{-9}	1×10^{-10}
مدت زمان مرحله اشباع‌شدن		
(ساعت)		
۳	۱۰	۲۰

۳-۳-۵ کاربرد تپ فشار

هنگامی که هنوز شیر جداکننده در حالت بسته است، تغییرات فشار باید بالای شیر و برای بخش آزمون تنظیم شود.

برای جلوگیری از خطرات ناشی از شکست آبی خاک در میان بخش آزمون، دامنه تپ فشار باید محدود شود. افزایش سطح آب در بالای سطح زمین باید کمتر از ۳۰٪ عمق بخش آزمون باشد. فشار در بخش آزمون باید در هر ثانیه اندازه‌گیری و ثبت شود.

شیر جداکننده باید به مدت ۲s باز شود تا اجازه دهد فشار در کل سامانه اعمال شود و سپس بسته شود. اختلاف حجم (ΔV_0) متناظر با اختلاف فشار (Δp_0) مایع در سامانه اندازه‌گیری و باید در بخش آزمون ثبت شود. باید مقادیر عوامل تراکم‌پذیری، ΔV_0 و Δp_0 ، یادداشت شده و از آن‌ها برای برآورد تراکم‌پذیری کل سامانه استفاده نمود.

۵-۳-۴ اندازه‌گیری تغییرات فشار در بخش آزمون

تغییرات در فشار اضافی (Δp) را تا زمانی که در سامانه تولید $\Delta p(t)/\Delta p_0 \leq 0.10$ نماید، انجام داده و ثبت کنید.

قبل از توقف اندازه‌گیری‌ها، تعیین دومین عامل تراکم‌پذیری باید انجام شود که به شرح زیر است:

- هنگامی که هنوز شیر جداکننده در حالت بسته است، اختلاف فشار جدید (Δp_0) باید با بخش آزمون تنظیم شود؛

- شیر جداکننده باید به مدت ۲s باز شود تا اجازه دهد فشار در کل سامانه اعمال شود و سپس بسته شود؛
- اختلاف حجم جدید (ΔV_0) متناظر با اختلاف فشار جدید باید توسط خوانش یا ثبت کردن تعیین شود؛
- ضریب تراکم‌پذیری باید از عوامل تعیین‌شده قبل و بعد از آزمون محاسبه شود (به بند ۶ مراجعه نمایید).

۶ نتایج آزمون

نتایج آزمون:

- فشار به عنوان تابعی از زمان؛
- اختلاف حجم در اثر اعمال تپ فشار در آغاز و پایان آزمون هستند.

۷ گزارش‌ها

۱-۷ گزارش میدانی

۱-۱-۷ اصول

در مکان طرح، گزارش میدانی باید کامل شود. این گزارش میدانی اگر قابل‌کاربرد باشد، باید حاوی اطلاعات زیر باشد:

- خلاصه گزارش عملیات طبق استاندارد بند ۲-۴؛
 - ثبت عملیات حفاری طبق استاندارد بند ۲-۴؛
 - ثبت عملیات نمونه‌برداری طبق استاندارد بند ۲-۴؛
 - ثبت و اجرای چاه‌ها و پیژومترها طبق استاندارد بند ۲-۴؛
 - ثبت شناسایی و توصیف خاک و سنگ طبق استانداردهای بند ۲-۱ و بند ۲-۲؛
 - نصب ثبت‌کننده داده‌ها طبق بند ۱-۷-۲؛
 - واسنجی ثبت‌کننده طبق استاندارد بند ۲-۳؛
 - ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون طبق بند ۱-۷-۳.
- همه تحقیقات میدانی باید طوری گزارش شوند که شخص ثالث قادر به بررسی و فهمیدن نتایج باشد.

۲-۱-۷ نصب ثبت کننده مقادیر

راه اندازی ثبت کننده مقادیر باید با یک خلاصه وضعیت همراه باشد و در صورت امکان شامل اطلاعات ضروری زیر باشد:

- نوع تجهیزات؛
- مسدودکننده ها (شامل روش باد کردن)؛
- پمپ ها؛
- حس گرهای فشار؛
- وسیله اندازه گیری فشار؛
- داده ها و دفعات آزمون؛
- سطوح آب زیرزمینی؛
- نام و امضا آزمون کننده.

۳-۱-۷ ثبت مقادیر اندازه گیری شده و نتایج آزمون

ثبت مقادیر اندازه گیری شده و نتایج آزمون باید با یک خلاصه وضعیت همراه باشد و در صورت امکان شامل اطلاعات ضروری زیر باشد (به پیوست الف نیز مراجعه کنید):

۱-۳-۱-۷ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۲-۳-۱-۷ نام شرکت انجام دهنده آزمون؛

۳-۳-۱-۷ نام درخواست کننده آزمون؛

۴-۳-۱-۷ داده های آزمون؛

۵-۳-۱-۷ نام و شماره عملیات؛

۶-۳-۱-۷ شماره گمانه؛

۷-۳-۱-۷ مکان و ارتفاع گمانه؛

۸-۳-۱-۷ قطر لوله جداری؛

۹-۳-۱-۷ روش حفاری و مایع حفاری استفاده شده؛

۱۰-۳-۱-۷ عمق آزمون؛

۱۱-۳-۱-۷ نام درخواست کننده آزمون؛

۱۲-۳-۱-۷ نوع آزمون؛

۱۳-۳-۱-۷ شرایط آب و هوایی در هنگام آزمون؛

۱۴-۳-۱-۷ ارتفاع مسدودکننده؛

۷-۱-۳-۱۵ سطح آب زیرزمینی؛

۷-۱-۳-۱۶ مدت زمان مرحله اشباع در زمان مربوطه؛

۷-۱-۳-۱۷ سطح آب تثبیت شده (h_0)؛

۷-۱-۳-۱۸ فشار آزمون به عنوان تابعی از زمان؛

۷-۱-۳-۱۹ اختلاف حجم و فشار برای تعیین تراکم پذیری؛

۷-۱-۳-۲۰ جزئیات هر اتفاق و مشاهدات غیرمعمول در هنگام انجام آزمون؛

۷-۱-۳-۲۱ اظهار نظر بر روی مشاهدات یا بررسی‌های انجام شده مهم برای تفسیر؛

۷-۱-۳-۲۲ نام و امضای آزمون کننده..

۲-۷ گزارش نتایج آزمون

گزارش آزمون باید شامل اطلاعات اصلی زیر باشد:

۷-۲-۱ ارجاع به این استاندارد ملی ایران؛

۷-۲-۲ گزارش میدانی (در شکل اصلی و یا شکل محاسبه شده)؛

۷-۲-۳ رایه تصویری نتایج آزمون؛

۷-۲-۴ ارزیابی کیفی انجام آزمون و نتایج آزمون برای اهداف مورد نظر از هرگونه تصحیحات در داده‌های رایه شده؛

۷-۲-۵ هرگونه محدودیت در داده‌ها (به عنوان مثال نتایج آزمون نامربوط، ناکافی، نادرست و نامطلوب)؛

۷-۲-۶ نام و امضای کارشناس پاسخ‌گو.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

مثالی از ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون

آزمون‌های نفوذپذیری آب در یک گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته طبق این استاندارد ملی ایران							
		داده آزمون				نام شرکت	
		نام/شماره طرح				نام درخواست‌کننده	
		شماره گمانه				روش آزمون	
		محل طرح				شرایط آب و هوایی هنگام آزمون	
		موقعیت و ارتفاع گمانه				سطح ساکن آب زیرزمینی	
		قطر لوله جداری				فشار ساکن	
		روش حفاری				عمق آزمون	
		نوع خاک و سنگ				ارتفاع مسدودکننده (ها)	
						طول بخش آزمون	
زمان	فشار / سطح آب	زمان	فشار / سطح آب	زمان	فشار / سطح آب	زمان	فشار / سطح آب
جزئیات هر رویداد یا اتفاق غیرمعمول هنگام انجام آزمون							
اظهار نظر بر روی مشاهدات یا بررسی‌های انجام شده مهم برای تفسیر							
				نام و امضای آزمون‌کننده:			

پیوست ب
(اطلاعاتی)
تفسیر نتایج آزمون

ب-۱ تعیین ضریب تراکم‌پذیری

C_{app} ضریب تراکم‌پذیری ظاهری سامانه است که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$C_{app} = \frac{\Delta V}{\Delta p} \cdot \frac{1}{V_w} \quad \text{یعنی} \quad C_{app} \cdot V_w = \frac{\Delta V_0}{\Delta p_0} \quad (\text{ب-۱})$$

بنابراین C_{app} محصولی است که به طور مستقیم توسط تعیین ΔV_0 و متناظر با آن Δp_0 در انتهای تپ فشار قبلی اندازه‌گیری شده است. این اصطلاحی است که در بیان α و β به کار می‌رود.

ب-۲ تعیین k , T و S با روش کوپر، برندوف و پاپادولس [۳][۵][۶]

پیش‌فرض‌های زیر در نظر گرفته می‌شوند:

- سفره آب دارای یک سطح وسیع ظاهری نامحدود است؛
 - سفره آب همگن، متقارن (به عنوان مثال نفوذپذیری آن در همه جهات یکسان است) و با ضخامت عمق ثابت است؛
 - سطح آب زیرزمینی محدود یا آزاد تقریباً افقی است؛
 - تپ فشار باعث تغییر شکل در زمین یا وسایل آزمون نمی‌شود؛
 - قانون دارسی (جریان خطی) اعمال می‌شود.
- اختلاف سطح آب در میان بخش آزمون در هنگام آزمون توسط رابطه زیر بیان می‌شود:

$$\Delta h(t) = \Delta h_0 \times F_{(\alpha, \beta)}$$

که در آن:

Δh_0 اختلاف سطح اعمال شده در آغاز آزمون؛

$F_{(\alpha, \beta)}$ به صورت نمودار محاسباتی (به شکل‌های ب-۱ و ب-۲ مراجعه کنید) یا تحلیلی داده می‌شود.

$$\alpha = S \cdot \frac{\pi r_c^2}{V_w C^* \rho_w g} \quad (\text{ب-۲})$$

$$\beta = T.t. \cdot \frac{\pi}{V_w C^* \rho_w g}$$

که در آن‌ها:

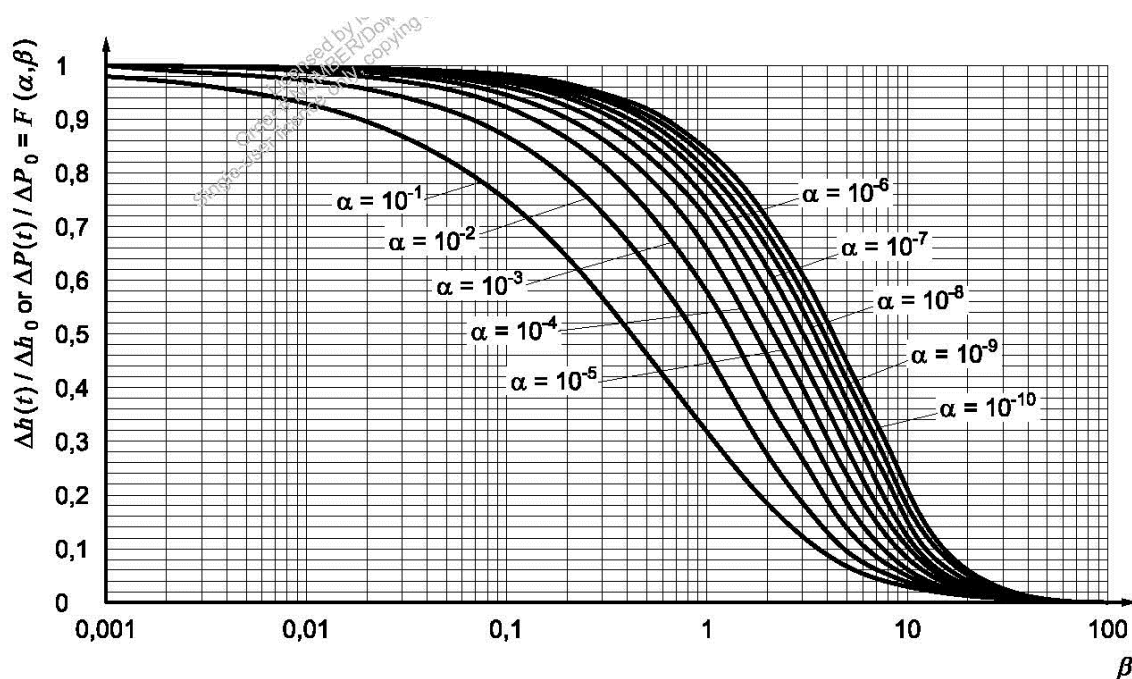
α زاویه شیب منحنی تغییرات سطح نسبت به زمان

r_c شعاع حفره اندازه‌گیری و گمانه بر حسب m؛

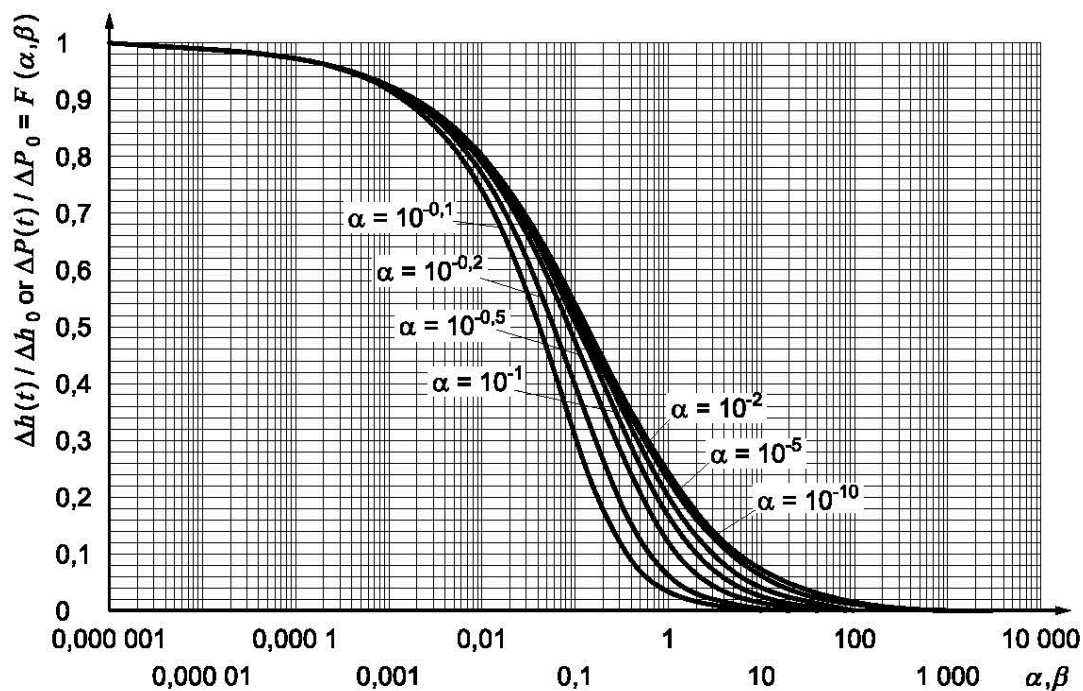
V_w حجم آب ارایه شده به تپ فشار بر حسب m^3 ؛

ρ_w چگالی آب بر حسب kg/m^3 ؛

C^* ضریب تراکم‌پذیری سامانه.



شکل ب-1- منحنی توسعه اختلاف سطح آبی در حفره به عنوان تابعی از α ، β و $\alpha \leq 0.1$



شکل ب-۲- منحنی توسعه اختلاف سطح آبی در حفره به عنوان تابعی از α ، β و $0.1 \leq \alpha \leq 10$

ب-۳ تعیین S و T

ب-۳-۱ روش تصویری

- بر روی یک نمودار نسبت $\Delta h(t)/\Delta h_0$ را به عنوان تابعی از زمان (t) در مقیاسی مشابه نمودار محاسباتی شکل ب-۱ رسم کنید؛

- با یک حرکت افقی نمودارها (موازی با محور طول‌های رسم‌شده) را تا زمانی که انطباق خوبی بین منحنی آزمون و یک منحنی نظری از نمودار محاسباتی به دست آید، بر روی هم قرار دهید.
بهترین منحنی منطبق شده اجازه تعیین α توسط مقدار مطابق منحنی یا توسط رسم مقادیر نسبی با دو منحنی در همسایگی را می‌دهد. سپس مقدار S از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$S = \alpha \frac{C^* V_w \rho_w g}{\pi r_c^2} \quad (\text{ب-۴})$$

که در آن:

r_c شعاع حفره اندازه‌گیری و گمانه بر حسب m؛

V_w حجم آب ارایه شده به تپ فشار بر حسب m^3 ؛

ρ_w چگالی آب بر حسب kg/m^3 ؛

C^* ضریب تراکم‌پذیری سامانه است.

اگر مقدار به دست آمده برای α بزرگ‌تر از ۰٫۱ باشد، نمودار محاسباتی شکل ب-۲ باید برای $\Delta h(t)/\Delta h_0$ که به عنوان تابعی از α و β رسم شده، استفاده شود.

- برای بهترین تطابق قبلی، جفت مقادیر (t, β) ، یعنی یک مقدار t بر روی نمودار آزمون و متناظر آن مقدار β بر روی نمودار نظری یادداشت شده است. این دو مقدار اجازه محاسبه ضریب انتقال (T) را می‌دهند:

$$T = \frac{\beta C^* V_w \rho_w g}{t \pi} \quad (\text{ب-۵})$$

ب-۳-۲ روش تحلیلی

ب-۳-۲-۱ اصول

تابع $F(\alpha, \beta)$ از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F(\alpha, \beta) = \frac{8\alpha}{\pi^2} \int_0^\infty \left(\exp\left(\frac{-\beta u^2}{\pi^2}\right) / [u \cdot \Delta(u)] \right) du \quad (\text{ب-۶})$$

$$\Delta(u) = [uJ_0(u) - 2\alpha J_1(u)]^2 + [uY_0(u) - 2\alpha Y_1(u)]^2 \quad (\text{ب-۷})$$

که در آن:

Y_0, J_0, J_1 و Y_1 توابع بسل^۱ از مرتبه صفر و یک و به ترتیب نوع اول و دوم هستند.

برای محاسبات احتیاج به برنامه نرم‌افزاری است:

- توسط یک تنظیم نیمه‌خودکار با تعریف برای یک روش قیاسی برای جفت مقادیر T و S و مقایسه منحنی

محاسبه شده نظری با منحنی آزمون که هر دو بر روی یک نمودار همانند رسم شده‌اند یا؛

- توسط تنظیم خودکار به طور کامل. در این مورد اخیر آن باید معین کند که مقادیر T و S دارای یک مفهوم فیزیکی قابل پذیرش با در نظر گرفتن ماهیت زمین هستند.

گزارش آزمون باید منبع نرم‌افزار (نام، مدل و تامین‌کننده) را مشخص کند. کاربر باید یک پرونده معتبر که نشان‌دهنده دقت محاسبات انجام شده با راه‌حل تحلیلی تشکیل دهد.

ب-۳-۲-۲ محاسبه ضریب نفوذپذیری

ضریب نفوذپذیری (k) با توجه به ضریب انتقال (T) به دست آمده از تفسیر داده‌های آزمون محاسبه می‌شود:

$$k = T/L \quad (\text{ب-۸})$$

که در آن L طول بخش آزمون است.

ب-۴ تعیین k با روش نمودار سرعت [۴]

طبق قرارداد، معادله برای آزمون‌های گمانه‌های سطح متغییر باز به صورت زیر است:

برای تفسیر داده‌های آزمون تپ از یک روش جایگزین می‌توان استفاده کرد. تپ مربوط به افزایش سطح آبی (Δh) با افزایش حجم آب (DV_w) که از تزریق داخل در بازه زمانی بدون مسدودکننده به دست آمده، مطابق است. حجم $(DV_w)_c$ مطابق با افزایش حجم آب توسط Δh داخل یک لوله کوچک فرضی با قطر D (با شعاع r_c) است همانند:

$$DV_w = \Delta h S_{inj} = \Delta h \pi d^2 / 4 = \Delta h \pi r_c^2 \quad (\text{ب-۹})$$

معادله بقای جرم در فصل مشترک خاک و فاصله بدون مسدودکننده وابسته به جریان داخل خاک (Q_{soil}) طبق قانون دارسی) با سرعت جریان داخل لوله (Q_{inj}) است.

$$Q_{inj} = -S_{inj} (dh / dt) = Q_{soil} = F k h \quad (\text{ب-۱۰})$$

که در آن:

F فاکتور شکل در منطقه تزریق؛

Δh اختلاف اعمال شده در سطح هیدرولیک؛

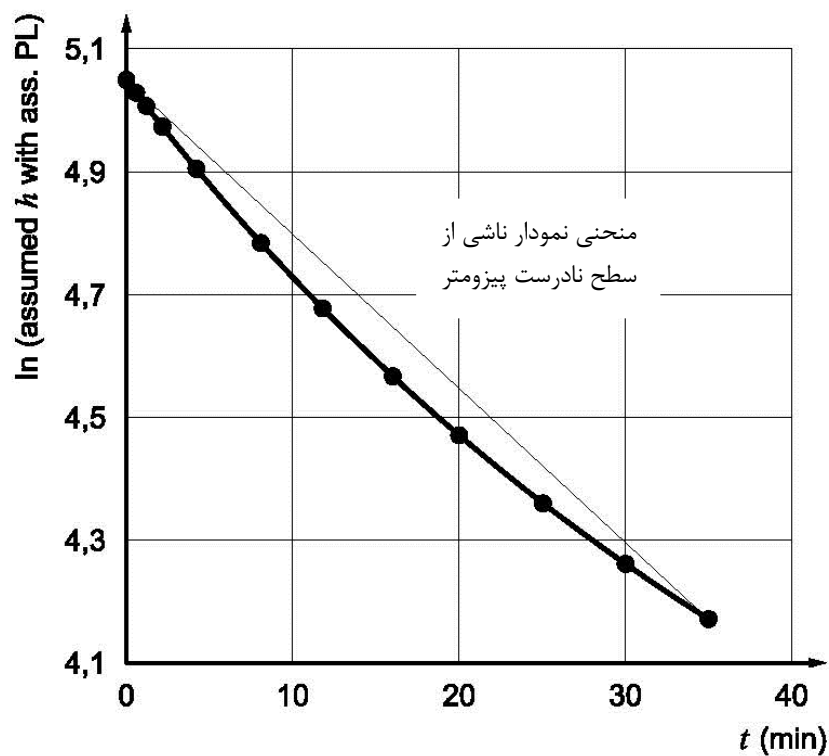
S_{inj} مقطع عرضی داخلی لوله تزریق است.

با ادغام معادله (ب-۱۰) معادله اصلی هورسلو^۲ به دست می‌آید:

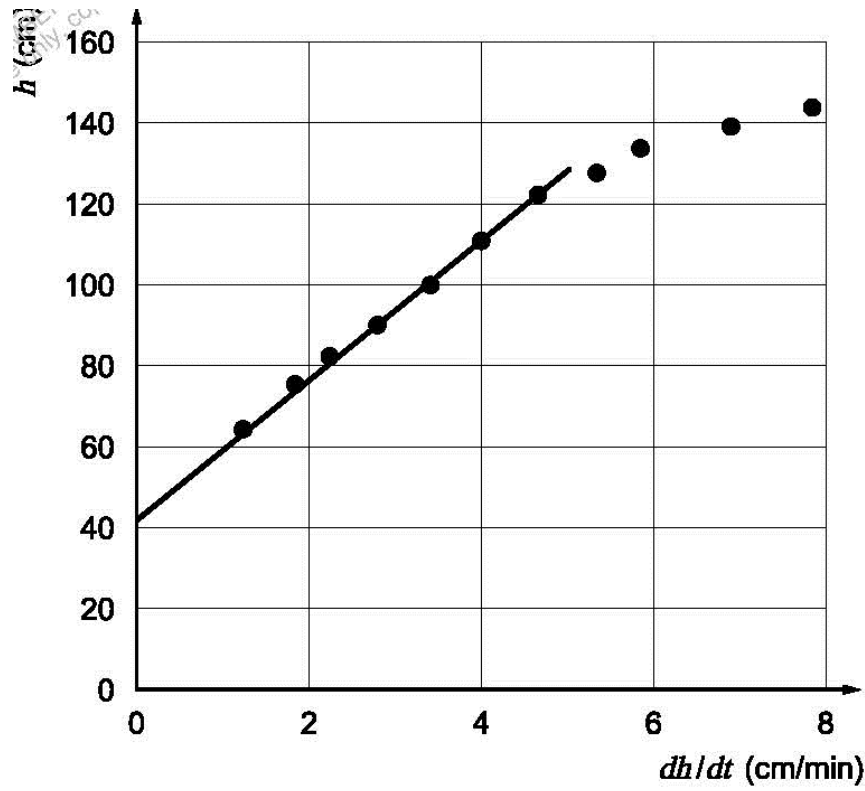
$$\ln(h_1 / h_2) = -\left(\frac{kF}{S_{inj}}\right)(t_1 - t_2) = -k\left(\frac{F}{S_{inj}}\right)(t_1 - t_2) \quad (\text{ب-۱۱})$$

1 - Bessel
2- Hvorslev

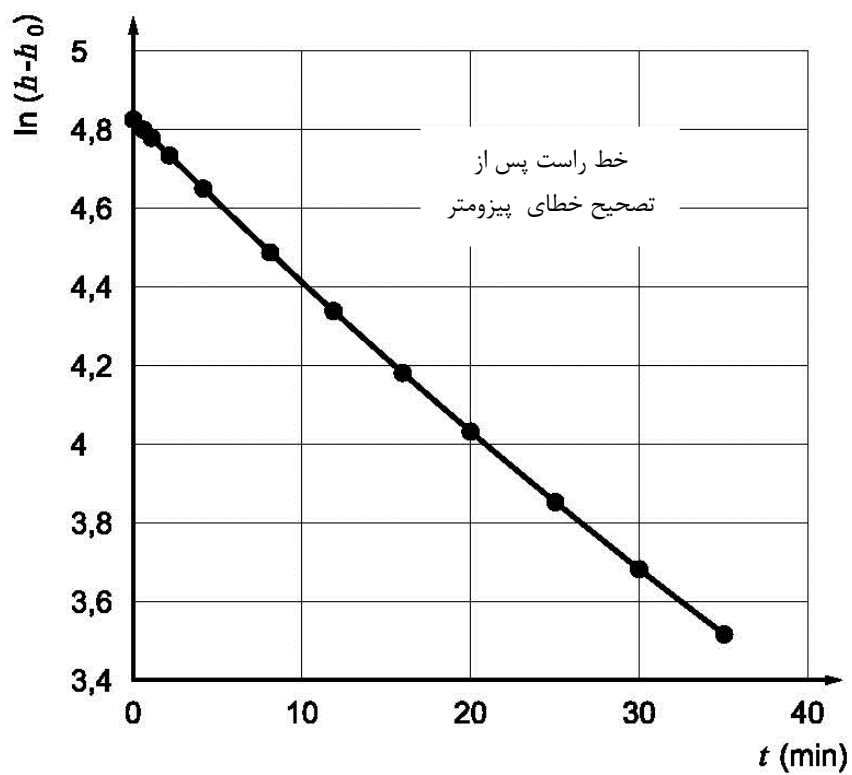
که در آن h_1 و h_2 اختلافات در سطوح کل به ترتیب در زمان‌های t_1 و t_2 است. روش نمودار سرعت مربوط به استخراج تصویری و خط راست به دست آمده (به شکل ب-۳ مراجعه کنید) است. آن می‌تواند نشان‌دهنده خطای پیژومتر h_0 باشد (به شکل ب-۴ مراجعه کنید). بعد از تصحیح مقادیر h برای خطای پیژومتری نمودار $\ln(h, h_0)$ به دست آمده به صورت یک خط راست است (به شکل ب-۵ مراجعه کنید).



شکل ب-۳- نمودار مفروض h در مقابل t



شکل ب-۴- نمودار سرعت موردنظر که سطح پیزومتر نادرست برآورد شده است (به طور مثال $h_0 = 42\text{ cm}$)



شکل ب-۵- نمودار واقعی $h-h_0$ در مقابل t بعد از تصحیح تخمین نادرست سطح پیژومتر

پیوست پ
(اطلاعاتی)
کتابنامه

- [1] EN 1997-1, Eurocode 7: Geotechnical design — Part 1: General rules
- [2] EN 1997-2, Eurocode 7: Geotechnical design — Part 2: Ground investigation and testing
- [3] Bredehoeft, J.D., and PaPadoPulos, S.S. A method for determining the hydraulic properties of tight formations. Water Resources Research, Vol. 16, 1980, pp. 233-238
- [4] ChaPuis, R.P. and Cazaux, D., "Field Pressure-Pulse Test in Soils: Is the Usual Interpretation Method Adequate?", Evaluation and Remediation of Low Permeability and Dual Porosity Environments, ASTM STP1415, M.N.Sara and L.G. Everett, Eds, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2002
- [5] Cooper, H.H., Bredehoeft, J.D., and papadopoulos, I.S. (1967): Response of a finite diameter well to an instantaneous change of water, Water Resources Research, Vol. 3, No. 1, pp. 263-269
- [6] PaPadoPulos, S.S., Bredehoeft, J.D., and Cooper, H.H. On the analysis of slug test data. Resources Research, Vol. 9, 1973, pp. 1087-1089