INSO
17887-3
1st.Edition
2014

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

استاندارد ملی ایران
۱۷۸۸۷-۳
چاپ اول
۱۳۹۳

آزمون و تحقیقات خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک - قسمت ۳: آزمون‌های فشار آب در سنگ

Geotechnical investigation and testing- Geohydraulic testing- Part 3: Water pressure tests in rock

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 حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود 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، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون‌های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران 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 اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور ، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان 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 سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. 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

« آزمون و تحقیقات خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت ۳: آزمون‌های فشار آب در سنگ»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
رحیمی، مرتضی (کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی)	استاد دانشگاه پیام نور سبزوار
دبیر:	
حسینی، سید محمد (کارشناس زمین شناسی)	کارشناس اداره کل استاندارد استان سمنان
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
جعفری ایوری، سید علی (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس مسئول اداره کل استاندارد گلستان
جباری، علی (کارشناس ارشد زمین شناسی)	نماینده شرکت مهندسی مترو
خدام عباسی، روح الله (کارشناس فیزیک)	رئیس اداره اندازه شناسی و اوزان و مقیاس های اداره کل
رخشانی، حسین (کارشناس ارشد زمین شناسی)	نماینده شرکت اکتشافات نفتی رضی
طیبان، محمد رضا (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس اداره کل استاندارد استان سمنان
نعیمی، رضا (کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی)	نماینده شرکت سمنان پارس
یغمایی، فرزاد (کارشناس مهندسی عمران)	کارشناس اداره کل استاندارد استان سمنان

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

آشنایی با سازمان ملی استاندارد		ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد		ج
پیش گفتار		و
مقدمه		ز
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۱
۳	اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها	۲
۳-۱	اصطلاحات و تعاریف	۲
۳-۲	نمادها و یکاها	۳
۴	وسایل	۴
۴-۱	عمومی	۴
۴-۲	پمپ و منبع	۶
۴-۳	جریان سنج (فلومتر)	۶
۴-۴	پرکن	۶
۵	روش انجام آزمون	۶
۵-۱	آماده سازی آزمون	۶
۵-۲	روش انجام آزمون	۷
۶	گزارش‌های آزمون	۹
۶-۱	گزارش آزمون میدانی	۹
۶-۲	گزارش آزمون	۱۰

پیوست الف(اطلاعاتی) ثبت داده‌های اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون فشار آب ۱۲

پیوست ب(اطلاعاتی) تفسیر نتایج آزمون ۱۵

پیوست ج(اطلاعاتی) ارزیابی نتایج آزمون با فرض شرایط ساکن ۲۰

پیوست د(اطلاعاتی) ارزیابی آزمون‌های افت ثابت و نرخ ثابت ۲۳

پیوست ه(اطلاعاتی) ملات‌پذیری ۲۶

پیش گفتار

استاندارد «آزمون و تحقیقات خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت۳: آزمون‌های فشار آب در سنگ» که پیش نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده است و در پانصدمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۱/۲۷ 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 می-شود.

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 خواهدشد 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 22282-3, 2012: Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 3: Water pressure Tests in rock

مقدمه

«این استاندارد یکی از مجموعه استاندارد های ملی ایران شماره ۱۷۰۶۱ است.»

آزمون و تحقیقات خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت۳: آزمون‌های فشار آب در سنگ

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات برای آزمون‌های فشارهای آب(WPT[1]) انجام شده در گمانه‌های حفر شده داخل سنگ به عنوان بخشی از تحقیقات و آزمون ژئوتکنیک مطابق با استاندارد بند۲-۴ و۲-۵ است.
آزمون‌ها برای تحقیق موارد زیر به کار می‌روند:

- خصوصیات هیدرولیک توده سنگ، که عمدتا تحت تأثیر گسستگی هستند؛
- ظرفیت جذب توده سنگ؛
- نفوذ ناپذیری توده سنگ؛
- اثربخشی دوغاب ریزی؛
- رفتار ژئومکانیکی، نظیر شکست هیدرولیکی[2]، هیدرو جکینگ[3].

بسیاری از اثرات آزمون‌های ژئوهیدرولیک نه تنها تحت تأثیر خود زمین هستند، بلکه از رویه آزمون ناشی می‌شوند. بر اساس سوابق، آزمون فشار آب بر اساس این فرض که رفتار ایستایی حاصل شده است، ارزیابی می‌شد. پیشرفت‌های اخیر در ژئوهیدرولیک نشان داده است که پدیده‌های گذرا اغلب وجود دارند. این بخش از استاندارد تلاش دارد تا محدودیت‌های روش‌های مشخص آزمون را بدون اینکه وسایل مورد نیاز به طور جدی محدود شود، بررسی کند.

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.

1-water pressures tests
2- hydrofracturing
3- hydrojacking

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۷۰۶۱: سال ۱۳۹۳- آزمون و تحقیقات خاک و پی - آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت ۱: قوانین کلی

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 of execution

۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها

۳-۱ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استاندارد بند ۲-۱، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود.

۳-۱-۱

نرخ جریان آب (Q)

مقدار آبی که از وسیله آزمون تحت شرایط مشخص آزمون در واحد زمان گذر می‌کند.

۳-۱-۲

برداشت آب(w)

جریان آب Q که مربوط به فشار آزمون موثر pT است.

۳-۱-۳

آزمون فشار یک مرحله‌ای

آزمونی که تنها با یک مرحله اعمال فشار انجام می‌شود.

یادآوری- این آزمون معمولاً برای کنترل نفوذناپذیری سنگ یا مقادیر آب بندی به‌کار می‌رود.

۳-۱-۴ آزمون فشار چند مرحله‌ای

آزمونی که با بیش از یک مرحله اعمال فشار انجام می‌شود.

یادآوری- این آزمون معمولاً برای بررسی برداشت آب و رفتار ناپیوستگی‌ها نظیر هیدروتوسعه، هیدروجکینگ، شکست هیدرولیکی، فرسایش و انسداد به‌کار می‌رود.

۳-۱-۵ وضعیت حالت پایدار

مرحله‌ای از آزمون که در آن فشار و نرخ جریان هر دو ثابت است.

۳-۱-۶ لوژان[1]

واحد نفوذپذیری

یادآوری- یک واحد لوژان برابر با یک لیتر آب برداشت شده در هر متر طول آزمون، در هر دقیقه و در فشار bar ۱۰ است.

۳-۱-۷ شکست هیدرولیکی

ناپیوستگی‌های جدیدی که توسط تزریق ایجاد می‌شود.

۳-۱-۸ هیدروجکینگ

گسترش گسیختگی‌ها که به وسیله‌ی تزریق ایجاد می‌شود.

۳-۱-۹ جریان سنج

وسیله‌ای که برای اندازه‌گیری حجم آب مصرفی به‌کار می‌رود.

۳-۲ نمادها و یکاها

برای این استاندارد از نمادهای جدول ۱ استفاده می‌شود.

جدول۱-نمادها و یکاها

نماد	تعریف	واحد
D	قطر مقطع آزمون	متر
d	قطر لوله	متر
g	گرانش	متر بر مجذور ثانیه
h	افت هیدرولیکی	متر
K	نفوذپذیری مطلق	متر مربع
k	ضریب نفوذپذیری	متر بر ثانیه
L	طول	متر
L_p	طول پرکن	متر
m	شیب	-
N	تعداد گسیختگی‌ها	-
p	فشار	مگا پاسگال
p_A	فشار بالای پرکن	مگا پاسگال
p_B	فشار زیر پرکن	مگا پاسگال
ادامه جدول ۱		

1-Lugeon

p_M	فشار در بالای گمانه	مگا پاسگال
p_R	اتلاف فشار	مگا پاسگال
p_T	فشار آزمون موثر	مگا پاسگال
p_p	فشار در بالای گمانه (p_m)	مگا پاسگال
p_0	فشارpress-in	مگا پاسگال
Δp	اختلاف فشار بین پمپ و مقطع آزمون	مگا پاسگال
Q	نرخ جریان	متر مکعب بر ثانیه
R	شعاع محاسبه شده تحقیق	متر
r_0	شعاع گمانه	متر
S	ضریب ذخیره	-
T	قابلیت انتقال	متر مربع بر ثانیه
t	زمان	-
W_m	عرض متوسط اتصالات	متر
w	برداشت آب	متر مکعب بر ثانیه
α	ضریب شکل مقطع آزمون	-
ζ	چگالی	کیلوگرم بر متر مکعب
η	گرانروی دینامیک سیال	$N\ s/m^2$
ρ	چگالی آب	کیلوگرم بر متر مکعب

۴ وسایل

۴-۱ عمومی

مطابق با شکل، آب باید در یک مقطع آزمون که توسط یک یا چند پرکن [1] بسته شده است، پمپ شود تا ارتباط میان فشار و برداشت آب مشخص‌شود.

بسته به نوع آزمون، یک پرکن مجزا یا مجموعه پرکن مضاعف بکار می‌رود (شکل ۱ را ملاحظه کنید).

آزمون فشار آب را می‌توان در یک چاه آزمایش با هر جهت و هر قطری انجام داد. مقطع آزمون ممکن است در زیر یا بالای سطح آب زیرزمینی قرارداشته باشد.

وسایل پایه شامل اجزای زیر هستند(همچنین مثال در شکل ۱ را ملاحظه کنید):

۴-۱-۱ پمپ، شامل آب ورودی؛

۴-۱-۲ لوله‌ها؛

۴-۱-۳ پرکن تکی یا مضاعف؛

۴-۱-۴ شیر قطع کننده در لوله بالای مقطع آزمون؛

1-packer

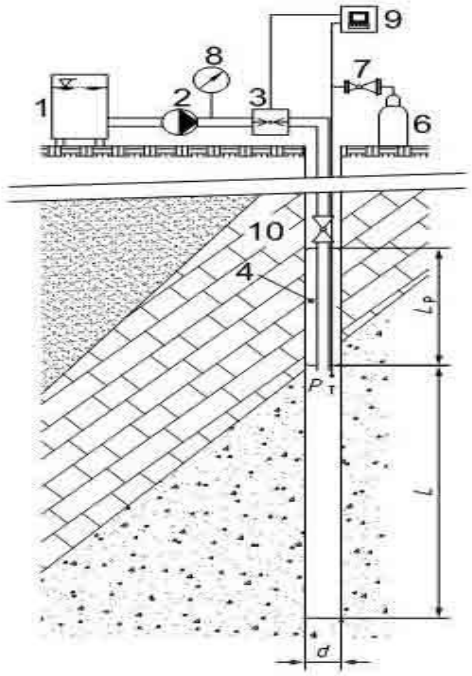
۴-۱-۵ وسیله اندازه‌گیری فشار؛

۴-۱-۶ اندازه‌گیری‌ها در مقطع آزمون با مبدل فشار؛

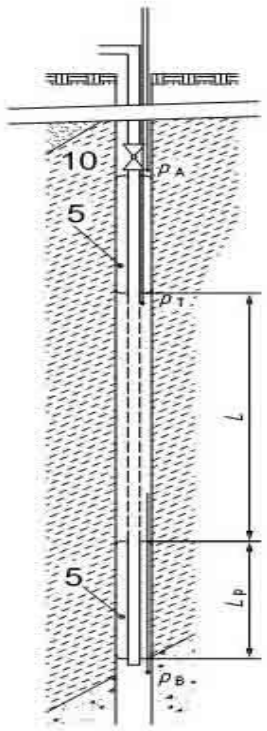
۴-۱-۷ اندازه‌گیری‌های کنترلی در سطح با فشارسنج؛

۴-۱-۸ جریان‌سنج؛

۴-۱-۹ سامانه ثبت داده‌ها.



شکل ۱ الف- مجرا بند تکی



شکل ۱ ب- مجرا بند مضاعف

راهنما

۱	منبع آب	۸	فشار سنج
۲	پمپ	۹	واحد ثبت داده‌ها
۳	جریان سنج	۱۰	شیر محبوس کننده
۴	پرکن تکی، متورم شونده	L	طول مقطع آزمون
۵	مجرا بند مضاعف، متورم شونده	L_p	طول پرکن
۶	بطری گاز فشرده	p_T	فشار موثر آزمون
۷	کنترل کننده برای تنظیم مجرا بندهای متورم شونده	p_A	فشار در چاه آزمایشی بالای مجرا بند (اختیاری)
		p_B	فشار در زیر مجرا بند مضاعف در چاه آزمایشی (اختیاری)

شکل ۱- مثال وسایل و آرایش آزمون فشار آب با به‌کارگیری مجرا بند تکی (الف) و مجرا بند مضاعف (ب)

کارکرد فشارسنج‌ها و جریان‌سنج‌های به‌کار رفته باید پیش از هر آزمون بررسی شود. در حالاتی که ثبت داده دستی وجود دارد، دو فشارسنج و دو جریان‌سنج با گستره‌های مختلف باید نصب شوند. در حالات ثبت خودکار داده‌ها، یک کنترل چشمی باید در دسترس باشد.
تمامی وسایل باید مطابق بند استاندارد ۲-۲ واسنجی شوند. تلفات(افت) فشار سامانه باید ارزیابی شود.

۴-۲ پمپ و منبع

یک پمپ با فشار کنترل شده باید برای تولید فشار الزام شده توسط شرایط محلی مناسب باشد.

برای فراهم آوردن یک جریان آب و فشار بدون نوسان، یک پمپ با فشار نوسانی حداکثر ٪۳ یا یک تضعیف کننده فشار که در محدوده ٪۳ ثابت است، باید به کارگرفته شود.
آب باید از طریق یک لوله مقاوم در برابر فشار و قابل انعطاف یا یک سامانه لوله‌کشی به مقطع آزمون پمپ شود.

۴-۳ جریان سنج(فلومتر)

گستره اندازه‌گیری جریان سنج‌ها باید با مقدار آب (جریان آب) Q مورد انتظار برای جذب سازگار باشد. ممکن است نصب دو جریان‌سنج که گستره‌های اندازه‌گیری مختلف را پوشش می‌دهند، لازم باشد:

۴-۳-۱ اگر Q_{max} به حدود ۱۰۰ لیتر بر دقیقه برسد، یک جریان ۲ لیتر بر دقیقه باید قابل تشخیص باشد؛

۴-۳-۲ اگر Q_{max} به حدود ۱۰ لیتر بر دقیقه برسد، یک جریان ۰/۵ لیتر بر دقیقه باید قابل تشخیص باشد.

دقت جریان سنج باید بهتر از ٪۳ گستره اندازه‌گیری باشد.

۴-۴ پرکن

طول موثر غلاف پرکن باید حداقل ۱۰ برابر قطر گمانه و حداقل ۰/۵ متر باشد. فشار برای انبساط پرکن باید حداقل٪۳۰ بیشتر از حداکثر فشار آزمون مورد انتظار باشد.

یادآوری- یک پمپ کنترل شده نوعا دارای ظرفیت خروجی تا حداکثر ۱۵۰ لیتر بر دقیقه است. یک پمپ ۱/۵ مگا پاسگال معمولا مناسب است.

۵ روش انجام آزمون

۵-۱ آماده سازی آزمون

پیش از انجام آزمون فشار آب، الزامات پایه‌ای مطابق با بند استاندارد ۲-۱ باید درنظر گرفته شوند. علاوه بر الزامات در بند استاندارد۲-۱، الزامات آزمون زیر باید ارائه شوند:

۵-۱-۱ هدف از آزمون (نظیر تخمین نفوذ پذیری یا ملات‌پذیری)؛

۵-۱-۲ عمق و توالی مقطع آزمون؛

۵-۱-۳ طول مقطع آزمون؛

۵-۱-۴ اعمال فشار آزمون؛

۵-۱-۵ تعداد و دوره زمانی مراحل فشار، به صورت گام‌های فشار صعودی و نزولی؛

۵-۱-۶ حداکثر فشار مجاز در طی آزمون.

پس از حفر، گمانه باید توسط جریان سریع آب پیش از اجرای آزمون تمیز شود.
فشار در مقطع آزمون باید پیش از شروع آزمون درحالی‌که مجرا بند تنظیم شده‌است و لوله آب ورودی بسته است، اندازه‌گیری شده و ثبت شود.

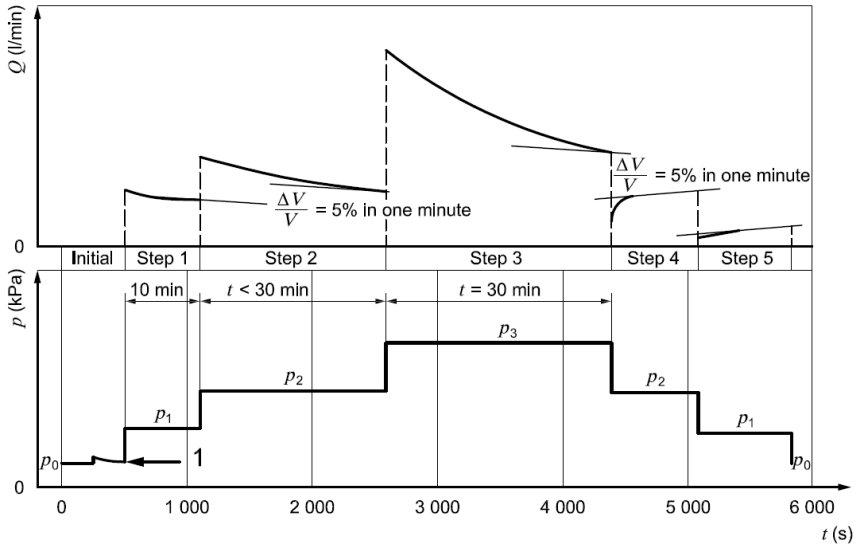
۵-۲ روش انجام آزمون

در طی آزمون، خوانش‌ها باید از فشار P و مقدار آب (جریان آب) Q در حال جریان از طریق جریان‌سنج در طی یک زمان مشخص، اخذ و ثبت شوند. به شکل ۲ مراجعه کنید.
فشار و نرخ جریان باید به طور همزمان با مقدار گام فشار اقتباس شوند.
افزایش قابل توجه نرخ جریان در مقایسه با فشار ممکن است یک شاخص از هیدرو گسیختگی یا هیدرو توسعه باشد. کاهش افزایش نرخ جریان در مقایسه با فشار ممکن است نشان دهنده جریان متلاطم در سنگ پیرامونی حفره باشد.
داده‌ها باید در طی هرگام فشار اخذ شوند تا شرط حالت پایدار هم برای فشار P و هم برای نرخ جریان Q حاصل شود، یعنی فشار و جریان آب ثابت باقی بمانند. هر گام باید حداقل ۱۰ دقیقه طول بکشد. جایی که شرایط حالت پایدار در طی۱۰ دقیقه حاصل نمی‌شوند، هنگامی‌که تغییرات کمتر از ٪۵ به ازای هر دقیقه یا پس از ۳۰دقیقه باشد، ممکن است اندازه‌گیری‌ها متوقف شود.
خوانش و ثبت داده‌ها را می‌توان به صورت دستی یا خودکار انجام داد.
اگر ثبت خودکار به‌کار رود، داده‌ها باید حداقل هر ۵ ثانیه ثبت شوند. اگر ثبت دستی بکار رود، داده‌ها باید حداقل هر یک دقیقه ثبت شوند.

یادآوری- حفر و شستشوی گمانه برای تمیزکاری، سفره آب زیر زمینی در توده سنگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

خوانش‌های دستی معمولاً نیاز به شرایط حالت پایدار دارند که می‌توان پس از ۱۰دقیقه جریان آب به ازای گام فشار بدان دست یافت.
برای خوانش‌های دستی در سطح، طول لوله باید کمتر از ۳۰ متر زیر فشار سنج باشد تا یک اصلاح منطقی تلفات فشار در سامانه لوله انجام شود.
اگر مبدل‌های فشار بکار گرفته شوند، یک فشار سنج اضافی در سطح باید برای کنترل به‌کار گرفته شود.
اندازه‌گیری‌های مستقیم در مقطع آزمون باید برای اجتناب از اصلاحات اضافی انجام شوند.

نشتی‌ها حول و/ یا در امتداد مجرا بند(ها) را می‌توان با نصب مبدل‌های فشار در بالای مجرا بند بالایی (و زیر مجرا بند پایینی) تشخیص داد. تغییرات در فشار آب ممکن است نشان دهنده نشتی‌ها باشد.
نشتی‌های حول و/یا در امتداد مجرا بند باید به حداقل مقدار برسند. مثال‌هایی از اقداماتی که می‌توان اتخاذ نمود عبارتند از:
الف) اعمال یک شیوه حفاری که سطح هموار و یکنواختی در دیواره و قطر ثابتی در گمانه ایجاد کند.
ب) به کارگیری یک ماده قابل انعطاف مناسب برای غلاف مجرابند که امکان تماس آب بند با دیواره چاه آزمایش را فراهم کند؛
پ) به کارگیری غلاف‌های طویل‌تر برای مجرابند، بسته به شرایط محلی در شرایط وجود شبکه آب بند از اتصالات باز.



راهنما : ۱ فشار در زمین

شکل ۲ - مثالی از ثبت فشار و نرخ جریان یک آزمون فشار آب چند مرحله ای

نتایج آزمون فشار آب، فشار p و جریان آب Q ثبت شده به صورت تابعی از زمان هستند.
بعلاوه، فشار p و جریان آب Q ثبت شده باید بر روی یک نمودار رسم شوند (پیوست B را ملاحظه کنید).
نتایج آزمون را می‌توان برای ارزیابی نفوذپذیری و ملات‌پذیری با شرایط حالت پایدار (پیوست ج را ملاحظه کنید) و شرایط گذرا (پیوست د را ملاحظه کنید) به‌کار برد.

۶ گزارش‌های آزمون

۶-۱ گزارش آزمون میدانی

۶-۱-۱ عمومی

در سایت پروژه، یک گزارش میدانی باید تکمیل شود. این گزارش میدانی باید شامل موارد زیر باشد، در صورتی که قابل اجرا باشد :

۶-۱-۱-۱ خلاصه ثبت وقایع مطابق با استاندارد بند ۲-۳؛

۶-۱-۱-۲ ثبت حفاری مطابق با استاندارد بند ۲-۳؛

۶-۱-۱-۳ ثبت نمونه برداری مطابق با استاندارد بند ۲-۳؛

۶-۱-۱-۴ ثبت شناسایی و توصیف سنگ‌ها مطابق با استاندارد بند ۲-۱؛

۶-۱-۱-۵ سابقه نصب مطابق با ۶ -۱-۲؛

۶-۱-۱-۶ ثبت واسنجی مطابق با استاندارد بند ۲-۲؛

۶-۱-۱-۷ ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون مطابق با ۶-۱-۳.

تمامی بررسی‌های میدانی باید به نحوی گزارش شوند که اشخاص ثالث قادر به کنترل و درک نتایج باشند.

۶-۱-۲ سابقه نصب

ثبت نصب باید به خلاصه گزارش الحاق شود و شامل اطلاعات ضروری زیر باشد، در صورتی که قابل اجرا باشد:

۶-۱-۲-۱ نوع وسایل؛

۶-۱-۲-۲ پرکن (شامل شیوه متورم شدن)؛

۶-۱-۲-۳ پمپ‌ها؛

۶-۱-۲-۴ حسگر فشار؛

۶-۱-۲-۵ دستگاه اندازه‌گیری نرخ جریان؛

۶-۱-۲-۶ کنترل؛

۶-۱-۲-۷ فشار آب اولیه در مقطع آزمون؛

۶-۱-۲-۸ نام و امضای آزمون‌گر.

۶-۱-۳ مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون

مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون باید به خلاصه گزارش الحاق شود و شامل اطلاعات ضروری زیر باشد، در صورتی که قابل اجرا باشد (پیوست الف را ملاحظه کنید):

۶-۱-۳-۱ نام آزمایشگاه انجام دهنده آزمون؛

۶-۱-۳-۲ نام مشتری؛

۶-۱-۳-۳ تاریخ آزمون؛

۶-۱-۳-۴ نام و شماره پروژه؛

۶-۱-۳-۵ شماره گمانه؛

۶-۱-۳-۶ موقعیت و ارتفاع گمانه؛

۶-۱-۳-۷ شیب / جهت گمانه؛

۶-۱-۳-۸ شیوه حفاری؛

۶-۱-۳-۹ عمق بالای مقطع آزمون؛

۶-۱-۳-۱۰ عمق پایین مقطع آزمون؛

۶-۱-۳-۱۱ نوع آزمون با مراجعه به استاندارد ملی؛

۶-۱-۳-۱۲ شرایط آب و هوایی در طی آزمون؛

۶-۱-۳-۱۳ ارتفاع پرکن؛

۶-۱-۳-۱۴ فشار به‌کار رفته برای متورم شدن پرکن؛

۶-۱-۳-۱۵ فشار آزمون به صورت تابعی بر حسب زمان؛

۶-۱-۳-۱۶ خوانش‌های جریان‌سنج به صورت تابعی از زمان؛

۶-۱-۳-۱۷ نرخ جریان به صورت تابعی از زمان؛

۶-۱-۳-۱۸ مصرف کلی آب؛

۶-۱-۳-۱۹ طول مقطع آزمون L؛

۶-۱-۳-۲۰ زمان و مدت آزمون؛

۶-۱-۳-۲۱ بار فشارسنجی اولیه و نهایی در مقطع آزمون؛

۶-۱-۳-۲۲ فشار در بالای گمانه P_M ؛

۶-۱-۳-۲۳ جزئیات هر رویداد یا مشاهدات غیر عادی در طی آزمون؛

۶-۱-۳-۲۴ اظهار نظرها در خصوص مشاهدات یا کنترل‌های مهم انجام شده برای تفسیر؛

۶-۱-۳-۲۵ نام و امضای آزمون‌گر.

۶-۲ گزارش آزمون

گزارش آزمایش باید شامل اطلاعات ضروری زیر باشد:

۶-۲-۱ گزارش میدانی (به شکل اولیه / یا رایانه‌ای)؛

۶-۲-۲ یک نمایش گرافیکی از نتایج آزمون؛

۶-۲-۳ هر گونه اصلاح در داده ارایه شده؛

۶-۲-۴ هرگونه محدودیت داده‌ای (نظیر نتایج آزمون غیرمرتبط، ناکافی، بی‌دقت، مغایر)؛

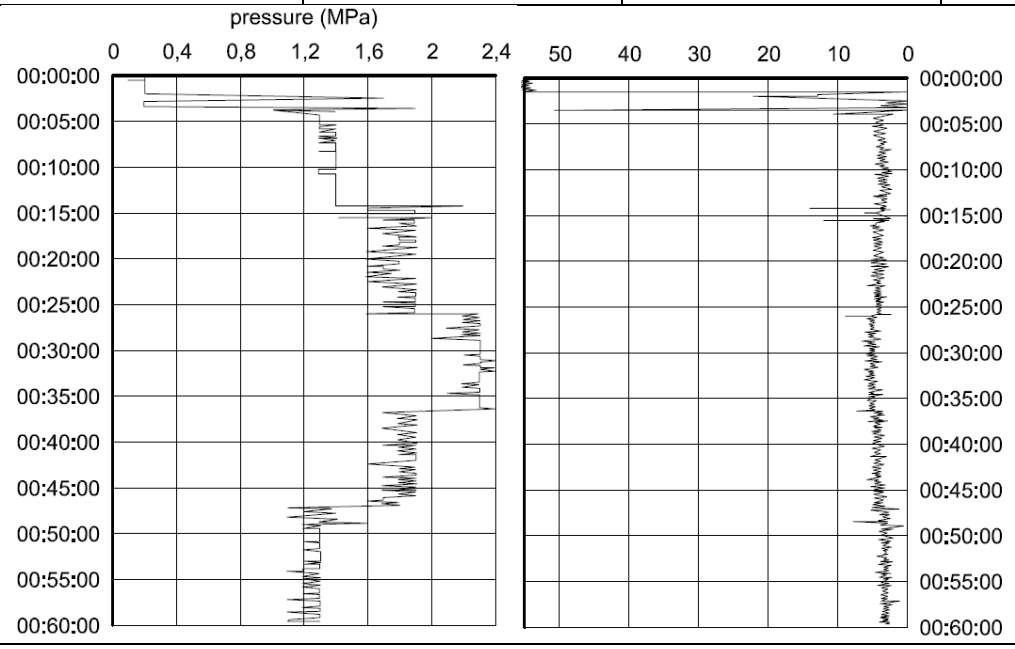
۶-۲-۵ نام و امضای مسؤل آزمایشگاه.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

ثبت داده‌های اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون فشار آب

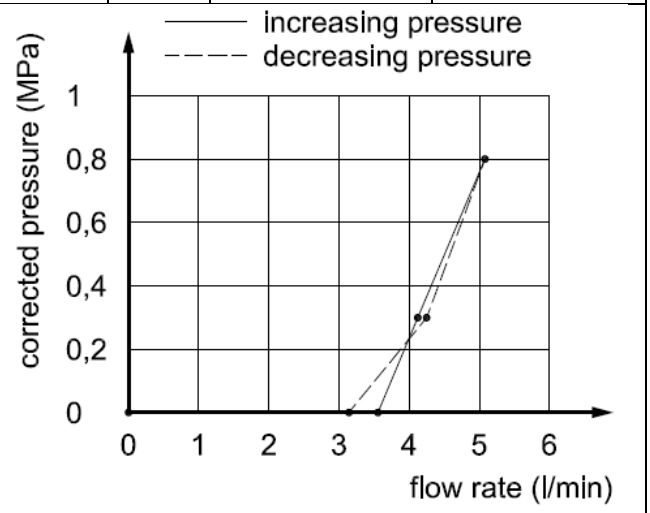
گزارش آزمون فشار آب		(نام شرکت)	
پروژه		مشتری	
مکان		سطح آب	
موقعیت (X/Y/Z)		بالای مقطع آزمون	
تاریخ		پایین مقطع آزمون	
گمانه		قطر گمانه	
مدت زمان آزمون		طول پرکن	
عمق حسگر		نوع سنگ	

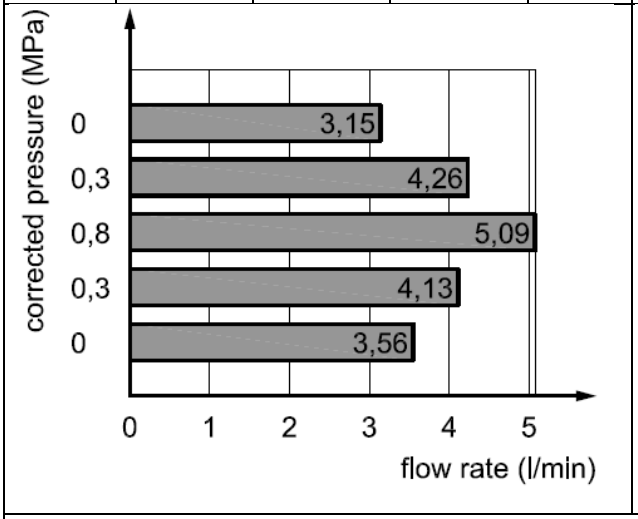


نظرات :

گزارش آزمون فشار آب				(نام شرکت)				
پروژه				مشتری				
مکان				سطح آب				
موقعیت (X/Y/Z)				بالای مقطع آزمون				
تاریخ				پایین مقطع آزمون				
گمانه				قطر گمانه				
مدت زمان آزمون				طول پرکن				
عمق حسگر				نوع سنگ				

فشار اندازه‌گیری شده(مگاپاسگال)	مدت زمان (ثانیه:دقیقه:ساعت)	سطح آب (متر)	حجم آغاز (لیتر)	حجم پایان (لیتر)	نرخ جریان (لیتر بر دقیقه)	تلفات فشار (مگا پاسگال)	فشار اصلاح شده (مگا پاسگال)	نرخ جریان / طول مقطع آزمون





پیشنهادات	
نتایج	
نرخ جریان (لیتر بر دقیقه) 1مگاپاسگال	
طول مقطع آزمون (متر)	

فشار(مگاپاسگال)	ضریب نفوذپذیری (متر بر ثانیه)	فشار (مگاپاسگال)	ضریب نفوذ پذیری (متر بر ثانیه)

پیوست ب
(اطلاعاتی)
تفسیر نتایج آزمون

ب-۱ شیوه‌های تفسیر

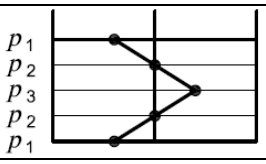
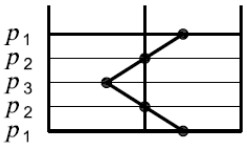
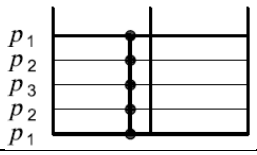
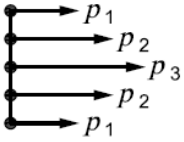
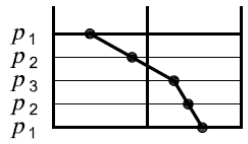
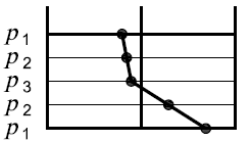
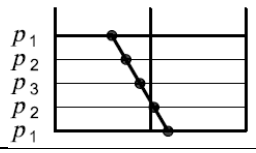
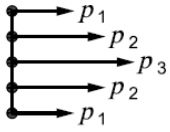
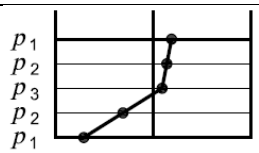
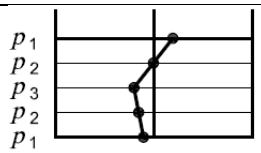
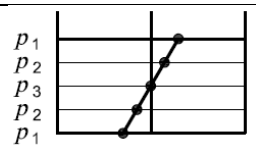
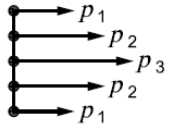
آزمون فشار آب در مهندسی عمران در اصل به طریقی تجربی توسعه یافته است، که اکثراً فرض بر شرایط حالت پایدار دارد. برای طراحی مخازن ضایعات و اکتشاف نفت، روش‌های دقیق‌تر ریاضی و فیزیکی برای آزمون نفوذپذیری همچنین هیدرو گسیختگی سنگ یا هیدرو توسعه گسیختگی‌ها گسترش یافته‌اند. همچنین، در دسترس بودن مبدل‌های فشار اقتصادی و سامانه‌های اکتساب داده خودکار منجر به توسعه بیشتر رویه‌های آزمون شده است. این بخش از استاندارد ادعا نمی‌کند که یک کتاب در این خصوص است، اما، با ارایه یک مرور مختصر و مقایسه شیوه‌های آزمون، تلاش‌دارد تا برخی نقایص را مشخص‌کند. آزمون چند مرحله ای ممکن است برخی اثرات مناسب از مراحل مختلف را نشان‌دهد، به خصوص در طی فاز صعودی هنگامی‌که مراحل قبلی به حالت پایدار کامل دست نیافته‌اند.

با آزمون چند مرحله‌ای، رفتار زمین در خصوص جریان آب و فشار را می‌توان توسط یک رویه آزمون و خطا آزمون‌کرد. بسیاری از پدیده‌ها را نیز می‌توان با آزمون‌های تک مرحله‌ای و به طور خاص با مشاهده تغییرات در جریان در طی اعمال فشار و برعکس، مشخص‌کرد.

ب-۲ تفسیر آزمون‌های فشار آب توسط نمودارهای جریان فشار

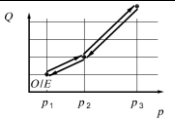
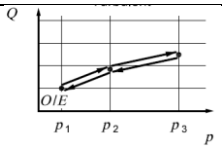
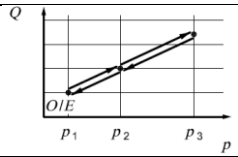
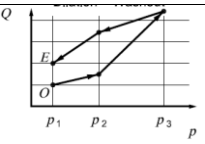
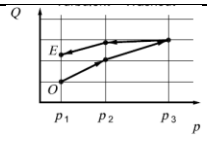
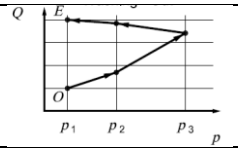
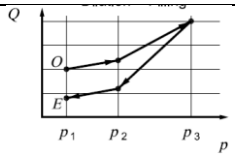
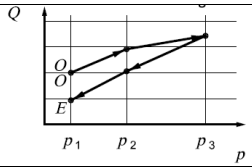
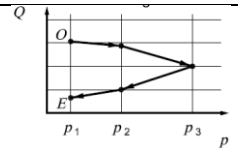
در طی یک آزمون فشار آب، فشار و نرخ جریان، الگوهای مشخصی را توسعه‌می‌دهند که می‌توان به رفتار جریان در زمین نسبت داد. نرخ جریان به صورت تابعی از گام‌های فشار ترسیم می‌شود (شکل ب۱را ملاحظه کنید). رویه در ابتدا توسط هولسبی[1] (۱۹۷۶، ۱۹۸۵،۱۹۹۰) پیشنهادشد و توسط استاینر[2] و همکارانش (۲۰۰۶) در یک پروژه سد اعمال شد.

1- Houlsby
2-Steiner

انبساط (تورم)	مغشوش	آرام	فشار
			
انبساط + آب شویی	مغشوش + آب شویی	آب شویی	
			
انبساط + پر کنندگی	مغشوش + پر کنندگی	پر کنندگی	
			
نرخ جریان خاص (جریان/فشار)	نرخ جریان خاص (جریان/فشار)	نرخ جریان خاص (جریان/فشار)	

شکل ب۱ - نمودارهای جریان فشار برای آزمون‌های چند مرحله‌ای

فشار آب اجرا شده و ارزیابی شده مطلوب، به نمودارهای قابل توضیح p/Q منتهی می‌شود. مثال‌ها در شکل ب۲ ارائه می‌شوند.

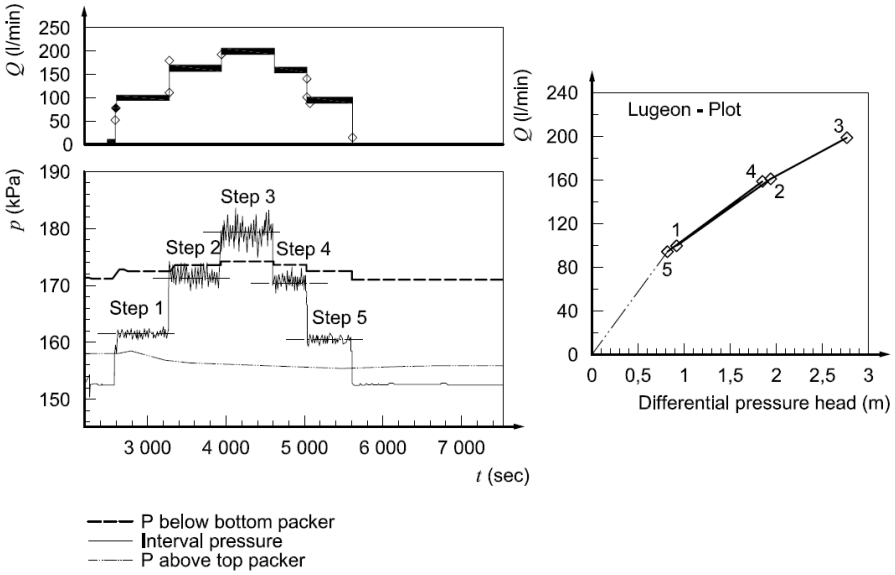
انبساط (تورم)	متلاطم	آرام
		
انبساط + آب شویی	متلاطم + آب شویی	آب شویی
		
پر پراکنده + انبساط	پر پراکنده + متلاطم	پر کنده
		

شکل ب۲ - انواع مختلف نمودار p/Q

ب-۳ مثال‌های آزمون‌های فشار آب با پایش پیوسته و نتیجه‌گیری‌ها

ب-۳-۱ آزمون فشار آب در سنگ دارای ناپیوستگی شدید

این آزمون فشار آب چند مرحله‌ای در سنگ آهک دارای ناپیوستگی شدید انجام شد. گام‌های فشار اعمالی، کوچک و در حدود یک تا دو متر بودند. نمودار جریان و فشار بر حسب زمان و یک نمودار p/Q در شکل ب۳ نمایش داده می‌شوند.



شکل ب۳ -آزمون فشار آب در سنگ دارای ناپیوستگی شدید

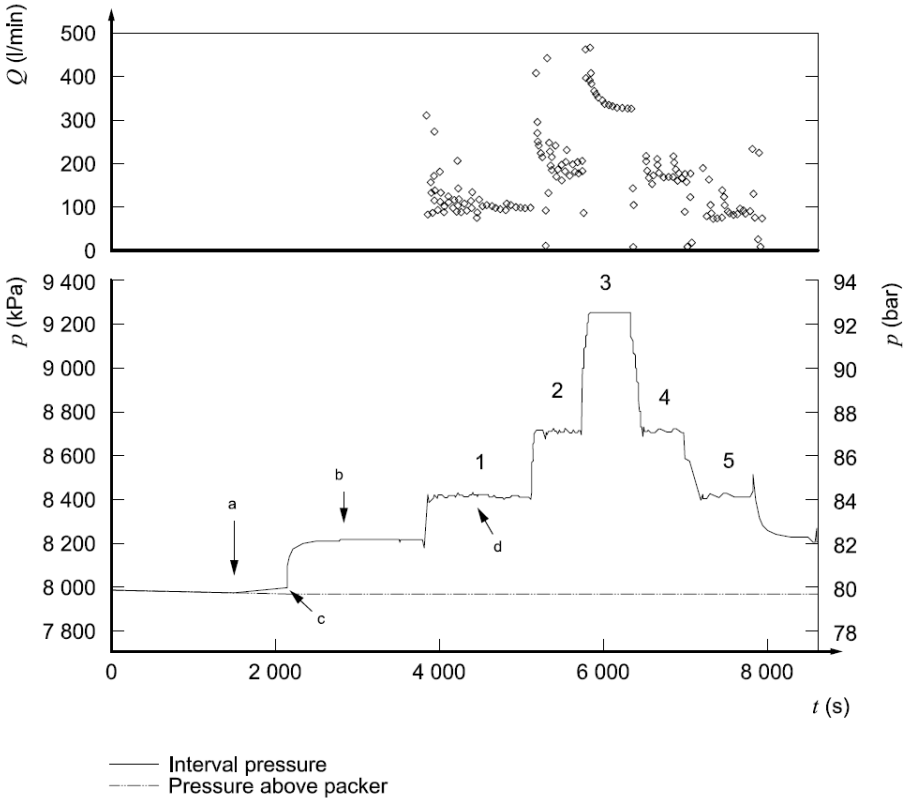
جدول ب۱ - ارزیابی آزمون‌های فشار آب در سنگ دارای ناپیوستگی شدید

مرحله فشار	Δh متر آب	نرخ جریان l/min	Lugeon محاسبه شده	مقدار k محاسبه شده
۱	0.9	90	10000	1.5×10^{-3}
۲	2.0	160	8000	1.1×10^{-3}
۳	2.7	200	7400	1×10^{-3}

سامانه پمپ و لوله‌کشی با نرخ جریان ۲۰۰ لیتر بر دقیقه با یک حداکثر فشار اعمالی تنها ۲٫۷ متر به محدوده خود می‌رسند. نرخ جریان به طور خطی با فشار افزایش نمی‌یابد. با نرخ جریان بالاتر، مقاومت بیشتر در زمین با جریان مغشوش بیشتر توسعه می‌یابد. این پدیده، پوسته ظاهری نامیده می‌شود. حول گمانه، مقاومت بالاتر (پوسته ظاهری) توسعه یافته است.

ب-۳-۲ آزمون فشار آب در سنگ با نفوذ پذیری کمتر

در شکل ب۴ نتایج یک آزمون فشار آب اصلاح شده نمایش داده می‌شوند (فیش و زیگلر ۲۰۰۱). در ابتدای آزمون، فشار در مقطع آزمون تعیین می‌شود. اگر فشار محیط تعیین نشود، آزمون می بایست با یک مرحله فشار اولیه متناظر با پتانسیل هیدرولیک در حالت سکون انجام شود، در نتیجه عملاً منجر به هیچ جریانی نمی‌شود. مرحله فشار اولیه با یک زمان توسعه یافته انجام می شود (۳۰ دقیقه). این امر امکان ارزیابی گذرای ارتباط جریان- فشار را فراهم می‌کند .



راهنما

a	انبساط مجرا بند
b	بازیابی فشار اولیه
c	حبس شدگی
d	مدت زمان توسعه یافته دوره تزریق اولیه

شکل ب۴ - آزمون فشار آب چند مرحله ای با اندازه‌گیری‌های فشار اولیه و فاصله زمانی توسعه یافته برای اندازه‌گیری

مثال:
ثبت سوابق کامل فشار و جریان بر حسب زمان برای مراحل مختلف آزمون چند مرحله‌ای، نرخ‌های فشار کوچکتر برای مراحل نزولی را نسبت به مراحل صعودی نشان می‌دهد. این اثر به دلیل اثر پوسته ظاهری نیست، یعنی یک انسداد از ناپیوستگی‌ها؛ بلکه به دلیل رژیم جریان گذرا است. گام‌های فشار قبلی به حالت پایدار نرسیده بودند و این امر گام‌های فشار نزولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

ب-۳-۳ محدوده‌های تفسیر

تفسیر آمون فشار آب عمدتاً مبتنی بر فرض محیط پیوسته یا حداقل این فرض است که مشخصه‌ها به شکل یکسان در مقطع آزمون یا مقطع تفسیر توزیع می‌شوند.
قابلیت هدایت هیدرولیکی تحت تأثیر باز شدن ناپیوستگی‌ها و توزیع آن‌هاست. قابلیت هدایت هیدرولیکی و قابلیت انتقال یک خصوصیت ماده نیست، بلکه به هندسه تفسیر بستگی دارد. به عنوان مثال، اگر یک سنگ با مجموعه ای از ناپیوستگی های با عرض ۰٫۱متر را فرض کنیم، اگر مقطع آزمون دارای طول ۱،۰٫۱، یا ۱۰متر باشد و باقی مقطع ناتراوا فرض شود، نتیجه با مرتبه‌ای از مقدار، متفاوت می‌باشد. قابلیت هدایت نسبی برای یک مقطع آزمون با طول ۰٫۱متری برابر با ۱ برای مقطع آزمون با طول ۱متر برابر با یک دهم و برای یک مقطع با طول ۱متر برابر با یک صدم است. توزیع ناپیوستگی ها و عرض بازشدگی آن‌ها، پارامترهای مهمی هستند و باید در تفسیر در نظرگرفته شوند .

پیوست ج
(اطلاعاتی)
ارزیابی نتایج آزمون با فرض شرایط ساکن

در صورتی که موقعیت گمانه تقریباً عمود بر آن مجموعه اتصالات باشد، نفوذپذیری یک مجموعه اتصالات را می‌توان تعیین‌کرد و یک جریان متقارن ساده را حول گمانه می‌توان فرض‌کرد. برای ارزیابی، یک جریان ثابت آرام فرض می‌شود. ارزیابی نتایج آزمون که در شکل ج۱ نشان داده می‌شود، باید مبتنی بر زوج پارامترهای Q/p_0 بر روی مماس باشد. نفوذپذیری متوسط توده سنگ k در صفحه مجموعه اتصالات i که توسط گمانه قطع می‌شود را می‌توان توسط معادله (C-1) تعیین کرد:

$$k_i = \frac{Q}{2 \cdot L \cdot h \cdot \pi} \cdot \ln \frac{R}{r_0}$$

معادله ج-۱

که در آن:

L طول مقطع آزمون(m)، R شعاع محاسبه شده بررسی اثر آزمون (m) (برای مقاصد عملی $10_m \leq R \leq 100_m$)؛

r شعاع گمانه (m)؛

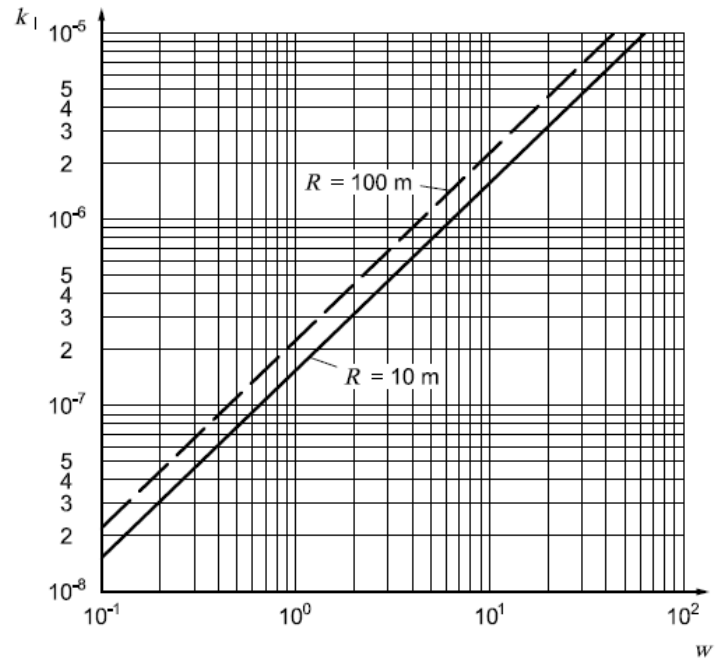
k_i نفوذپذیری توده سنگ محاسبه شده بر حسب m/s؛

Q نرخ جریان در انتهای آزمون بر حسب m^3/s ؛

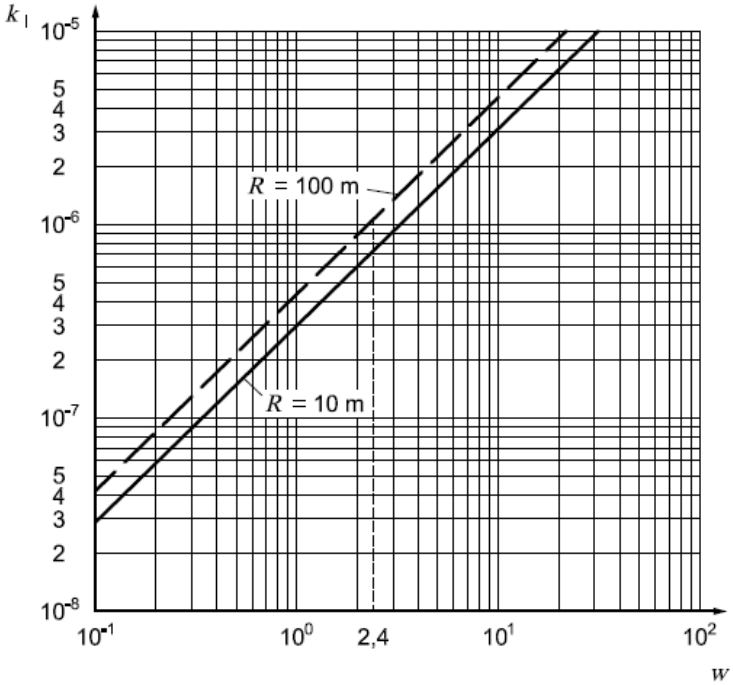
h بار هیدرولیکی در مقطع آزمون برابر با p_0/y_w بر حسب متر (m)؛

p_o فشار تزریق (MPa) ؛ و γ_w چگالی آب است.

معادله (C-1) از جانب ریسلر (۱۹۸۴) ارایه می‌شود و متناظر با معادله در راهنمای زمین (Earth Manual) است (USBR,1990).



شکل ج۱ –مثال‌هایی از ارتباط میان k_i بر حسب m/s و برداشت آب w بر حسب l/[min x m x (1.0_{MPa})]



شکل ج۲ – مثال‌هایی از ارتباط میان k_i بر حسب m/s و برداشت آب w بر حسب l/[min x m x (0.5MPa)]

هنگامی‌که ابعاد لیتر بر دقیقه برای Q و۱مگاپاسکال یا۰/۵ مگاپاسکال برای p که به طور عادی در میدان بکارگرفته می‌شوند، اعمال می‌شوند، ki (بر حسب m/s) برای po در ۱مگاپاسکال برابر است با:

$$k_i = \frac{10^{-6}}{12\pi} \cdot \ln\frac{R}{r_o} \cdot \frac{Q}{d \cdot p_o} = \frac{10^{-6}}{12\pi} \cdot \ln\frac{R}{r_o} \cdot w$$

معادله ج-۲

و برای p_o در ۵ مگاپاسکال:

$$k_i = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{12\pi} \cdot \ln\frac{R}{r_o} \cdot \frac{Q}{d \cdot p_o} = \frac{5 \cdot 10^{-5}}{12\pi} \cdot \ln\frac{R}{r_o} \cdot w$$

معادله ج-۳

با توجه به اینکه شعاع گمانه به‌کار رفته چندان نتیجه را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد، نمودارهای شکل‌های ج۱و ج۲ را می‌توان برای ارزیابی یک قطر متوسط گمانه به‌کار برد ($2r_o$=76.2 mm) . شکل ج۱ برای برداشت آب w بر حسب l/[min x m x (1MPa)] و شکل ج۲ برای برداشت آب w بر حسب l/[min.m.(0/5MPa)] اعمال می‌شود.

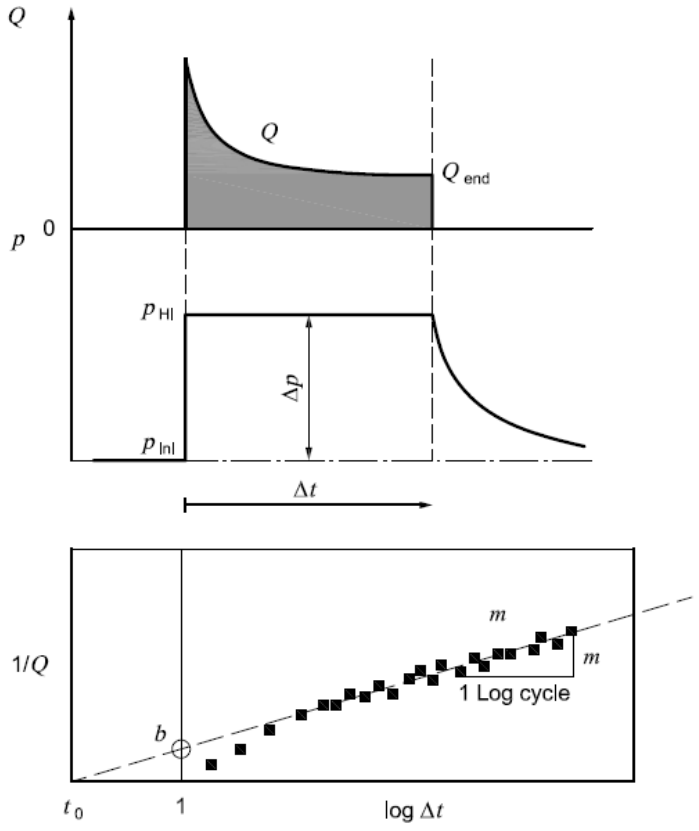
پیوست د
(اطلاعاتی)
ارزیابی آزمون‌های افت ثابت و نرخ ثابت

د-۱ اصول آزمون

آزمون‌های تزریق و پس‌گیری با فشار اعمالی ثابت یا نرخ‌های جریان ثابت با آزمون‌های پرکن به‌کار می‌روند. یک افت ثابت متناظر با مرحله اول یک آزمون چند مرحله‌ای است. آزمون‌های نرخ ثابت معمولاً زمان مشاهده کوتاه-تری نسبت به آزمون‌های بارثابت نیاز دارند، زیرا اثرات ذخیره حفره گمانه تنها یک اثر در طی چند ثانیه یا کسرهایی از یک ثانیه دارند. فشار در مقطع آزمون پس از آن ثابت باقی می‌ماند.

د-۲ آزمون‌های بار ثابت

با شیوه جاکوب– لومان [1](۱۹۵۲)، نرخ‌های جریان معکوس برحسب زمان لگاریتمی که با مقدار دهی اولیه آزمون افت ثابت آغاز می‌شوند، ترسیم می‌شوند (شکل د۱) .



شکل د۱ - نمودار شبه لگاریتمی آزمون افت ثابت

1-Jacob-lohman

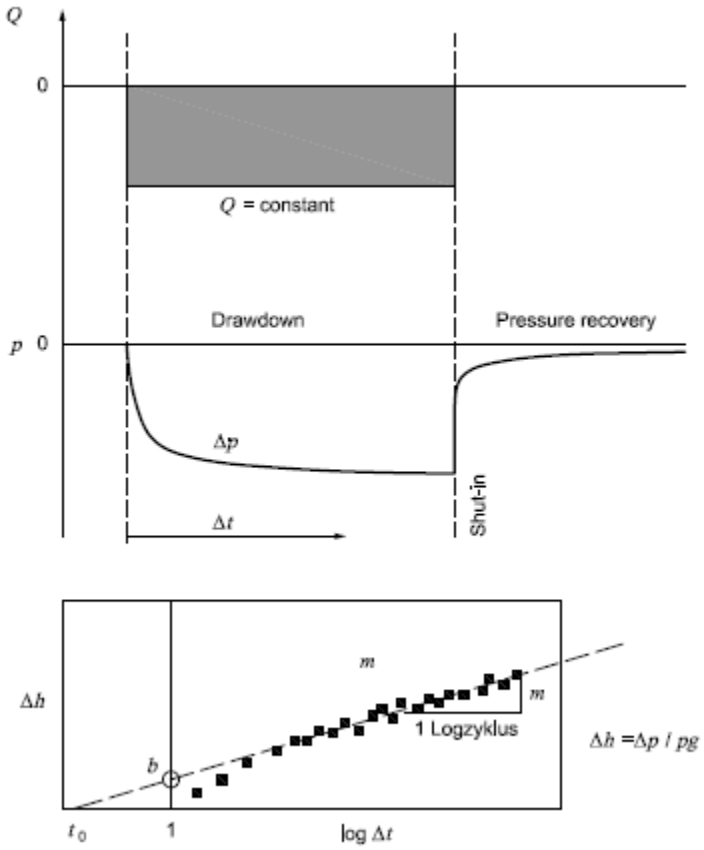
جدول د۱ - معادلات برای افت ثابت و شیب خط مستقیم

قابلیت انتقال	$[m^2/s]$	$T = \frac{0,183}{" h \cdot m}$
ضریب ذخیره	[-]	$S = \frac{2,25 \cdot T \cdot t_o}{r_w^2}$
تقاطع با محور زمان برای 1/q=0	[s]	$t_o = 10^{-b/m}$
زمان بدون بعد	[-]	$t_D = \frac{T \cdot \Delta t}{r_o^2 \cdot S}$

که در آن Q نرخ جریان [m3/s] ؛ m شیب خط تطابق یافته m[افت فشار \ لوگ چرخه]؛ r_O شعاع گمانه یا گمانه؛ t_O زمان بر روی محور افقی ($\Delta h=0$) با خط تطابق یافته؛ و b مقدار Δh تقاطع مقادیر با خط تطابق یافته است.

د-۳ آزمون‌های نرخ ثابت

تغییرات افت فشار از آغاز آزمون با نرخ ثابت بر حسب لگاریتم زمان ترسیم می‌شوند. شیب m بخش مستقیم خط داده های آزمون، تعیین می‌شود. از نرخ جریان و شیب m، قابلیت انتقال و سایر پارامترها محاسبه می‌شوند (جدول د۳).



شکل د۲ - نمودار شبه لگاریتمی برای آزمون نرخ ثابت

جدول د۲ - معادلات برای نرخ ثابت و شیب خط مستقیم

قابلیت انتقال	$[m^2/s]$	$T=\frac{2,30\cdot Q}{4\cdot\pi\cdot m}=\frac{0,183\cdot Q}{m}$
ضریب ذخیره	[-]	$S=\frac{2,25\cdot T\cdot t_o}{r_w^2}$
تقاطع با محور زمان برای $\Delta h=0$	[s]	$t_o=10^{-b/m}$
زمان بدون بعد	[-]	$t_D=\frac{T\cdot\Delta t}{r_o^2\cdot S}$

که در آن Q نرخ جریان [m3/s] ؛ m شیب خط تطابق یافته m[هد فشار \ لوگ چرخه] ؛ r_O شعاع گمانه یا سوراخ؛ t_O زمان بر روی محور افقی ($\Delta h=0$) با خط تطابق یافته و b مقدار Δh تقاطع مقادیر($t=1,\log\Delta t=0$) با خط تطابق یافته است.

پیوست ه
(اطلاعاتی)
ملات‌پذیری

ه -۱ ملات‌پذیری و سایر مشخصه‌های استخراج شده توده‌های سنگ

آزمون‌های پایه‌ای ملاحظات پرکن، ابزاری برای ارزیابی نیاز ملات‌ریزی توده‌سنگ برای فونداسیون‌های سد، تونل‌ها و سایر ساختارهای سنگی برای تبدیل آن‌ها به سازه‌ای نفوذ ناپذیر هستند. لاگئون Lugeon (۱۹۳۳) یک معیار تجربی برای سنگ سخت معرفی نمود که در آن هیچ ملات‌ریزی مورد نیاز نبود. این شرایط هنگامی صادق بود که برداشت آب برابر با ۱ لیتر بر دقیقه به ازای هر متر گمانه در فشار (10_{bar} (1 MPa) بود. انجمن بین‌المللی مکانیک سنگ یک گزارش را توسط یک گروه کاری منتشر نموده است که به شکل گسترده‌ای موضوع را بررسی می‌کند (ویدمن، هماهنگ کننده، ۱۹۹۵).

ه -۲ مشخصه‌های مواد ملات‌ریزی و تزریقی

مواد ملات‌ریزی دارای مشخصه‌هایی هستند که با مشخصه های آب متفاوت است. برخی ملات‌ها را می‌توان به عنوان سیال‌هایی با چسبندگی متفاوت نسبت به آب در نظر گرفت (سیلیکات‌ها، آکریلات‌ها، یا سایر ملات‌های شیمیایی)یا جامداتی معلق با اندازه دانه‌های مختلف معلق در آب باشند، که در نتیجه مایع تعلیقی (سوسپانسیون) نیز نامیده می‌شوند (ملات سیمان، سیمان ریز دانه).

ارتباط پایه‌ای میان قابلیت انتقال، قابلیت هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری مطلق در جدول ذیل ارائه می‌شوند.

مقادیر شاخص	نماد	واحدها	قابلیت انتقال	قابلیت‌هدایت هیدرولیکی	نفوذپذیری مطلق
قابلیت انتقال	T	m^2/s	-	KL	$(k/L)(\gamma/\eta)$
قابلیت هدایت هیدرولیکی	k	m/s	T/L	-	$K(\gamma/\eta)$
نفوذپذیری مطلق	K	m^2	$(T/L)(\eta/\gamma)$	$k(\eta/\gamma)$	-

L طول مقطع آزمون در گمانه (m)؛
η چسبندگی دینامیکی سیال (Ns/m^2)؛
و γ چگالی سیال (kg/m^3) است.
ملات و آب چسبندگی‌های متفاوت دارند. قابلیت هدایت هیدرولیکی زمین برای ملات را می‌توان با معادله زیر ارزیابی کرد (ISRM 1996) .

$$k = \frac{T}{N \cdot W_m} \cdot \frac{\gamma_w}{\eta_w} \cdot \frac{\eta_G}{\gamma_G}$$

معادله ه-۱

که در آن:

T قابلیت انتقال؛

N تعداد گسستگی‌ها به ازای هر متر؛

و W_m عرض اتصالات (m) است.

شاخص‌ها اشاره به w = آب، و G = ملات دارند.

ه-۳ اثر هیدرو جکینگ و شکست هیدرولیکی

با فشار کافی، ناپیوستگی‌های موجود در توده سنگ ممکن است باز شده یا عریض‌تر شوند و قابلیت هدایت هیدرولیکی و نفوذ پذیری ممکن است به میزان قابل توجهی تغییر یابند. در طی ملات ریزی ممکن است عبور از این فشار محدودکننده برای توانایی در تزریق مقداری ملات در ناپیوستگی‌ها و پرکردن آن‌ها لازم باشد. هنگام آزاد کردن فشار ملات‌ریزی، ناپیوستگی‌ها بسته خواهند شد و ملات باید غیرقابل نفوذ شود. اما، توده‌سنگ نباید به شکل غیرمشخص بزرگ شود یا ترک‌های جدید ایجادشوند. این امکان وجوددارد که توده سنگ دیگری بیشتر نفوذپذیر شود.