



جمهوری اسلامی ایران  
Islamic Republic of Iran  
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۷۸۸۷-۱

چاپ اول

۱۳۹۳

INSO

17887-1

1st.Edition

2014

آزمون و تحقیقات خاک و پی  
- آزمون ژئوهیدرولیک  
قسمت ۱: قوانین کلی

**Geotechnical investigation and  
testing- Geohydraulic testing -  
Part 1: General rules**

ICS: 93.020

## به نام خدا

### آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

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

نام 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 پیشنهادهای 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)<sup>۱</sup>، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)<sup>۲</sup> و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)<sup>۳</sup> است و به عنوان تنها رابط<sup>۴</sup> کمیسیون کدکس غذایی (CAC)<sup>۵</sup> 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 کالاها 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 سامانه 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 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 ۱: قوانین کلی»

### رئیس:

رحیمی، مرتضی

(کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی)

### سمت و / یا نمایندگی

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 عمران)

کارشناس مسئول صنایع برق، مکانیک و ساختمان  
اداره کل استاندارد استان گلستان

خدام عباسی، روح الله

(کارشناس فیزیک)

کارشناس اداره کل استاندارد استان سمنان

رخشانی، حسین

(کارشناس ارشد زمین شناسی مهندسی)

نماینده شرکت اکتشافاتی نفتی رضی

طیبیان، محمدرضا

(کارشناس عمران)

کارشناس اداره کل استاندارد استان سمنان

نعیمی، رضا

(کارشناس ارشد زمین شناسی زیست محیطی)

مدیرکنترل کیفیت شرکت گچ سمنان پارس

یغمایی، فرزاد

(کارشناس عمران)

کارشناس اداره کل استاندارد استان سمنان

## فهرست مندرجات

صفحه	عنوان	
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد	
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد	
و	پیش گفتار	
ز	مقدمه	
۱	هدف و دامنه کاربرد	۱
۲	مراجع الزامی	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها	۳
۳	اصطلاحات و تعاریف	۱-۳
۵	نمادها و یکاها	۲-۳
۶	وسایل	۴
۶	عمومی	۱-۴
۶	سامانه پشتیبان مقطع آزمون	۲-۴
۷	لوله اندازه گیری	۳-۴
۷	جداسازی مقطع آزمون	۴-۴
۷	وسایل ثبت و اندازه گیری	۵-۴
۸	لوازم اضافی	۶-۴
۸	واسنجی	۷-۴
۸	برنامه ریزی آزمون ها و تحقیقات ژئوهیدرولیک	۵
۸	عمومی	۱-۵
۹	انتخاب محل های آزمون	۲-۵
۱۰	انتخاب روش آزمون	۳-۵
۱۷	آماده سازی مقطع آزمون و نصب وسایل	۶
۱۷	الزامات بخش های حفاری و آزمون	۱-۶
۱۷	نصب فیلتر	۲-۶
۱۷	بررسی نصب	۳-۶

۱۸	الزامات ایمنی	۴-۶
۱۸	از هم پاشیدن	۵-۶
۱۸	فاکتورهای مؤثر بر نتایج آزمون	۶-۶
۲۰	نمونه‌هایی از جداسازی آزمون و روش‌های پشتیبانی	پیوست الف (اطلاعاتی)
۲۶	نمونه‌هایی از فاکتورهای شکلی	پیوست ب (اطلاعاتی)

## پیش گفتار

استاندارد «آزمون و تحقیقات خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک قسمت ۱: قوانین کلی» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران تهیه و تدوین شده‌است و در پانصدمین اجلاس کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده‌های ساختمانی مورخ ۱۳۹۳/۰۱/۲۷ مورد تصویب قرار گرفته‌است، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

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

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

ISO 22282-1:2012, Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing -  
Part 1: General rules.

## مقدمه

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

# آزمون و تحقیقات خاک و پی - آزمون ژئوهیدرولیک - قسمت ۱: قوانین کلی

## ۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین قوانین و اصول کلی برای آزمون ژئوهیدرولیک در خاک و سنگ به عنوان بخشی از خدمات تحقیقات ژئوتکنیک طبق استانداردهای بندهای ۲-۱۰ و ۲-۱۱ و همچنین تعریف مفاهیم و تعیین الزامات مرتبط با سنجش قابلیت نفوذپذیری در خاک و سنگ می‌باشد.

اهداف مختلف آزمون ژئوهیدرولیک عبارتند از دستیابی به اطلاعات راجع به قابلیت نفوذپذیری خاک یا سنگ در حالات طبیعی یا عملیاتی، ضریب قابلیت نقل و انتقال و ذخیره‌سازی، و پارامترهای هیدرودینامیکی سفره‌های آبی.

آزمون ژئوهیدرولیک برای اهداف متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرد، از جمله:

- ظرفیت جذب و اثربخشی تزریق دوغاب در توده‌ی سنگ؛
- ارزیابی نشست و زهکشی؛
- ارزیابی عملیات زهکشی آب زیرزمینی؛
- اثرات برش‌ها بر روی سدها؛
- اثرات فرونشست تونل‌ها و ستون‌ها؛
- کنترل استحکام پوشش یا پرشدگی؛
- ارزیابی جریان سیالات و تعلیقات در زمین؛
- برنامه‌ریزی برای اندازه‌گیری‌های کمکی.

این استاندارد در ارتباط با اجرای آزمون‌هایی با آب زیرزمینی بوده و صراحتاً سایر سیالات و محلول‌های معلق را در نظر نمی‌گیرد. جریان سایر سیالات و محلول‌های معلق را می‌توان با به‌کارگیری گرانروی مختلف و روابط بین قابلیت نقل و انتقال، ضریب نفوذپذیری و نفوذپذیری اصلی در نظر گرفت.

**یادآوری -** آزمون ژئوهیدرولیک برای تامین منبع آب مطابق استاندارد بند ۲-۱۲ است.

**یادآوری -** برای بیشتر انواع خاک، آزمون نفوذپذیری میدانی داده‌های قابل اطمینان‌تری نسبت به آزمون انجام شده در آزمایشگاه ارائه می‌کنند، زیرا حجم عظیمی از مواد مورد آزمون قرار گرفته و خاک به نوبه خود آزمون می‌شود، بنا بر این در بردارنده اثرات ناشی از ساختار توده زمین بوده ولی از اختلالات مرتبط با نمونه‌گیری جلوگیری می‌کند.



## 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 مدارکی 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 شماره ۲-۱۷۰۶۱: سال ۱۳۹۳-آزمون و تحقیقات خاک و پی-آزمون ژئوهیدرولیک-قسمت ۲: آزمون‌های نفوذپذیری آب در یک گمانه آزمایشی با استفاده از سامانه‌های باز
- ۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۷۰۶۱: سال ۱۳۹۳-آزمون و تحقیقات خاک و پی-آزمون ژئوهیدرولیک-قسمت ۳: آزمون‌های فشار آب در سنگ
- ۳-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۷۰۶۱: سال ۱۳۹۳-آزمون و تحقیقات خاک و پی-آزمون ژئوهیدرولیک-قسمت ۴: آزمون پمپاژ
- ۴-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۵-۱۷۰۶۱: سال ۱۳۹۳-آزمون و تحقیقات خاک و پی-آزمون ژئوهیدرولیک-قسمت ۵: آزمون نفوذسنجی
- ۵-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۶-۱۷۰۶۱: سال ۱۳۹۲-آزمون و تحقیقات خاک و پی-آزمون ژئوهیدرولیک-قسمت ۶: آزمون‌های نفوذ پذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته -روش آزمون

- 2-6** ISO 14688-1, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of soil - Part 1: Identification and description
- 2-7** ISO 14689-1, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of rock - Part 1: Identification and description
- 2-8** ISO 22475-1:2006, Geotechnical investigation and testing - Sampling methods and groundwater measurements - Part 1: Technical principles for execution
- 2-9** EN 1990, Eurocode: Basis of structural design
- 2-10** EN 1997-1:2004, Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules
- 2-11** EN 1997-2:2007, Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing

### ۳ اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها

#### ۱-۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف تعیین شده در استانداردهای بندهای ۲-۸، ۲-۹، ۲-۱۰ و ۲-۱۱، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود.

#### ۱-۱-۳

##### نرخ جریان (دبی)

حجم آب اضافه یا تخلیه شده از مقطع آزمون در واحد زمان است.

#### ۲-۱-۳

##### افت هیدرولیکی

مجموع افت موقعیت (ارتفاع) و افت فشار است.

#### ۳-۱-۳

##### مقطع آزمون

بخشی در یک گمانه که در آن آزمون انجام می‌شود.

#### ۴-۱-۳

##### اثر پوسته

اثر جداره مقطع آزمون بر آزمون است.

#### ۵-۱-۳

##### ضریب نفوذپذیری

نرخ جریان تقسیم بر مساحت است.

#### ۶-۱-۳

##### قابلیت نقل و انتقال

حاصل ضرب ضریب نفوذپذیری و ضخامت سفره‌های آبی اشباع شده است.

#### ۷-۱-۳

##### ضریب ذخیره سازی

حجم آب ذخیره یا آزاد شده از یک ستون سفره آبی با سطح مقطع واحد تحت تغییر افت هیدرولیکی واحد است.

۸-۱-۳

حالت پایدار

حالتی مبنی بر ثابت بودن افت هیدرولیکی و نرخ جریان نسبت به زمان است.

۹-۱-۳

حالت ناپایدار

حالتی پیش از حالت پایدار مبنی بر ثابت نبودن نرخ جریان یا افت هیدرولیکی نسبت به زمان است.

۱۰-۱-۳

شرایط اشباع

شرایط خاک مورد آزمون با همه فضاهای خالی پر شده با آب است.

۱۱-۱-۳

شرایط غیراشباع

شرایط خاک مورد آزمون با فضاهای خالی که قسمتی با آب پر شده و قسمتی دیگر با هوا یا گاز دیگری پر شده باشد.

۱۲-۱-۳

آزمون شیب صعودی

آزمونی که در آن فشار یا شیب در مقطع آزمون در ابتدا کاهش یافته و افزایش نیز ثبت شده است.

۱۳-۱-۳

آزمون شیب نزولی

آزمونی که در آن فشار یا بار در مقطع آزمون در ابتدا افزایش یافته و کاهش نیز ثبت شده است.

۱۴-۱-۳

آزمون شیب متغیر

آزمون شیب صعودی یا نزولی است.

۱۵-۱-۳

آزمون شیب ثابت

آزمونی که در آن فشار یا شیب در مقطع آزمون ثابت نگه داشته شده و تغییر در جریان ورودی یا جریان خروجی ثبت می شود.

۱۶-۱-۳

آزمون نرخ ثابت

آزمون که در آن نرخ جریان در مقطع آزمون ثابت نگه داشته شده و تغییر در فشار یا شیب ثبت می‌شود.

۱۷-۱-۳

کیک لجن

مواد جامد ته‌نشین شده در بسته فیلتر یا جداره گمانه است.

۱۸-۱-۳

مسدود شدن

کاهش نرخ جریان با انسداد مسیرهای جریان به دلیل رسوب‌زایی است.

۱۹-۱-۳

شستشو

افزایش نرخ جریان با عریض کردن یا بازکردن مسیرهای جریان به دلیل سایش است.

۲۰-۱-۳

فاکتور شکل

فاکتور نمونه که برای بیان نتایج آزمون به کار می‌رود.

۲-۳ نمادها و یکاها

برای این استاندارد نمادها و یکاهای ارائه شده در جدول ۱ به کار می‌رود.

جدول ۱ - نمادها و یکاها

واحد	تعریف	نماد
$m^2$	مساحت سطح مقطع داخلی لوله جداری	$A_c$
$m^2$	مساحت سطح مقطع داخلی لوله اندازه‌گیری	$A_m$
$m^2$	مساحت سطح آب در مخزن	$A_r$
m	قطر گمانه، قطر مقطع آزمون	$D$
m	ضخامت سفره آبی	$d$
m	فاکتور شکل	$F$
m	افت هیدرولیکی	$h$
m	فاصله سطح آب از سطح زمین	$h_o$
m	افت‌های هیدرولیکی به کاررفته	$h_1, h_2, h_3$
m	تغییر در افت هیدرولیکی	$\Delta h$

$m s^{-1}$	ضریب نفوذپذیری	$k$
$m^2$	نفوذپذیری ذاتی	$K$
$m$	طول (ارتفاع) مقطع آزمون	$L$
$kPa$	فشار	$p$
$m^3 s^{-1}$	نرخ جریان	$Q$
$m^3 s^{-1}$	نرخ جریان در آزمون ۱، ۲ و ۳	$Q_1, Q_2, Q_3$
1	ضریب ذخیره‌سازی	$S$
$m^2 s^{-1}$	قابلیت نقل و انتقال	$T$
s	زمان	$t$
s	زمان موردنیاز برای رسیدن به تعادل	$t_i$
s	زمان در شروع آزمون	$t_o$
$m^3$	حجم	$V$
Pa s	وسیله‌کوزیته دینامیکی سیال	$\eta$
$kgm^{-3}$	چگالی	$\gamma$

#### ۴ وسایل

##### ۴-۱ عمومی

مطابق با روش‌های مختلف آزمون، دستگاه می‌تواند متشکل از عناصر زیر باشد:

الف) سامانه پشتیبان مقطع آزمون؛

ب) لوله اندازه‌گیری؛

ت) جداسازی مقطع آزمون؛

ث) ابزارهای اندازه‌گیری و ثبت؛

ج) وسایل اضافی.

##### ۴-۲ سامانه پشتیبان مقطع آزمون

باید یک سامانه پشتیبانی از مقطع آزمون که در طول تحقیقات انجام شده در خاک یا سنگ از هندسه مقطع آزمون نگهداری کند، مورد استفاده قرار گیرد.

می‌توان از یک فیلتر یا یک کیسه شن برای پشتیبانی مقطع آزمون استفاده کرد. باید بسته فیلتر در برابر زمین اطراف پایدار بوده و آب‌بندی شده باشد.

ماده فیلتر باید یک ماده دانه‌ای انتخاب شود تا از ترک خوردن ذرات خاک یا فرسایش ذرات خاک داخل زمین اطراف جلوگیری به عمل آید. نفوذپذیری ماده فیلتر باید به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقدار مورد نظر در نفوذپذیری زمین بوده و نباید بر نتایج آزمون اثر بگذارد.

باید از تاثیر شیمیایی بین ماده فیلتر و آب جلوگیری به عمل آید.

#### ۳-۴ لوله اندازه‌گیری

بهتر است از یک لوله اندازه‌گیری با سطح مقطع شناخته شده برای اتصال مقطع آزمون به سطح زمین استفاده شود. لوله نباید به دلیل افت هیدرولیکی اعمال شده، تغییر شکل دهد. عناصر لوله اندازه‌گیری باید طوری انتخاب شوند تا حداقل تعداد اتصالات مشترک برای کاهش میزان نشتی حاصل شود. قطر آن‌ها باید مطابق با نرخ تغییر سطح آب باشد.

می‌توان یک شیر آب روی لوله اندازه‌گیری تعبیه نمود تا امکان جداسازی مقطع آزمون یا برقراری تماس با جو فراهم شود. بستن یا بازکردن این شیر نباید باعث ایجاد تغییر در حجم که در نتیجه منجر به تغییر فشار آب می‌گردد، شود. چنین تغییراتی می‌تواند بر کیفیت آزمون تأثیر گذارد.

#### ۴-۴ جداسازی مقطع آزمون

مقطع آزمون را می‌توان به صورت‌های زیر نیز جداسازی نمود:

۴-۴-۱ لوله جداره؛

۴-۴-۲ تویی آب‌بندی؛

۴-۴-۳ مسدودکننده تکی؛

۴-۴-۴ مسدودکننده‌های دو یا چندگانه.

مسدودکننده یک المان منبسط شده فشار بالا که متورم شده باشد برای مثال توسط هوای فشرده که به شدت به جداره گمانه فشار وارد کرده تا یک پوشش را به وجود آورد. طول منطقه پوشیده شده بستگی به همواری جداره گمانه و نوع سنگ و خاک برای ممانعت از نشتی در اطراف مسدودکننده دارد. طول مسدودکننده در زمان تورم حداقل ۰٫۵ متر، باید حداقل پنج برابر قطر گمانه باشد. فشار مؤثر مسدودکننده در جداره گمانه باید حداقل ۳۰٪ بیشتر از حداکثر فشار آزمون باشد.

مسدودکننده‌های تکی تنها بالای مقطع آزمون را می‌پوشانند، درحالی‌که مسدودکننده‌های دو یا چندگانه می‌توانند پایین مقطع آزمون را هم بپوشانند. باید توجه ویژه‌ای به تشخیص نشتی مسدودکننده‌ها، مخصوصاً نشتی بالقوه خط تورم مسدودکننده پایین، در مقطع آزمون معطوف شود.

مسدودکننده باید به اندازه کافی مستحکم باشد تا در برابر فشار تورم بدون خزش مقاومت کند و باید به اندازه کافی همگن باشد تا از هرگونه سوراخ شدگی پوسته ممانعت به عمل آید.

#### ۵-۴ وسایل ثبت و اندازه‌گیری

##### ۴-۵-۱ وسایل اندازه‌گیری سطح آب

تغییرات سطح آب را می‌توان به روش‌های زیر اندازه‌گیری نمود:

۴-۵-۱-۱ به وسیله نوار اندازه‌گیری مکانیکی همراه دستگاه اندازه‌گیری عمق آب یا نوار اندازه‌گیری الکتریکی (سطح سنج آب)؛

۴-۵-۱-۲ به وسیله یک سامانه شناور؛

۴-۵-۱-۳ به وسیله یک سامانه مبدل فشار.

**بادآوری** - تغییرات سریع در عمق با دقت بیشتری به وسیله فشارسنج‌ها اندازه‌گیری می‌شوند زیرا این وسایل قادر هستند تغییرات را سریع‌تر از سامانه شناور تشخیص دهند. سامانه‌های شناور بیشتر دقت خود را به خاطر اصطکاک کابل در طول جداره‌های گمانه از دست می‌دهند.

۴-۵-۲ وسایل اندازه‌گیری نرخ جریان

تغییرات در نرخ جریان را باید به صورت زیر اندازه‌گیری کرد:

۴-۵-۲-۱ به وسیله یک جریان سنج؛

۴-۵-۲-۲ به وسیله یک محفظه واسنجی شده.

۴-۵-۳ وسایل ثبت

ثبت باید به صورت‌های زیر انجام گیرد:

۴-۵-۳-۱ به صورت دستی؛

۴-۵-۳-۲ به صورت آنالوگ؛

۴-۵-۳-۳ به صورت دیجیتالی.

۴-۶ لوازم اضافی

بسته به نوع آزمون و تأثیر شرایط ممکن محلی، باید لوازم اضافی را به منظور امکان انجام اصلاحات برای تغییرات در دمای آب و فشار جوی مورد استفاده قرارداد.

۴-۷ واسنجی

ابزارها و وسایل مورد استفاده برای آزمون ژئوهیدرولیکی را باید به طور منظم مطابق با دستورالعمل تولیدکننده و استانداردهای مربوط واسنجی نمود. پیش از شروع آزمون، باید کنترل کرد که ابزارها و وسایل مورد استفاده واسنجی شده باشند. واسنجی باید ثبت و مستند شده و نتایج آن به گزارش آزمون طبق استاندارد بند ۲-۸ افزوده شوند.

۵ برنامه‌ریزی آزمون‌ها و تحقیقات ژئوهیدرولیک

۵-۱ عمومی

تحقیقات ژئوهیدرولیک باید به طریقی برنامه‌ریزی گردد تا از قابل دسترس بودن اطلاعات و داده‌های هیدرولوژیکی و زمین‌شناسی مرتبط در مراحل مختلف پروژه اطمینان حاصل شود. این اطلاعات باید به اندازه‌ای

کافی باشند تا بتوان ریسک‌های شناسایی شده و پیش‌بینی شده پروژه را مدیریت نمود. برای مراحل میانی و پایانی پروژه، باید اطلاعات و داده‌ها جهت پوشش ریسک‌های حوادث، تأخیرها، خسارات و آلودگی فراهم شده باشند.

اهداف تحقیقات ژئوهیدرولیک احراز شرایط آب‌های زیرزمینی، به منظور تعیین خصوصیات هیدرولیکی زمین و جمع آوری اطلاعات مرتبط اضافی درباره محل می‌باشد. پیش از آغاز تحقیقات ژئوهیدرولیک باید زمین‌شناسی و هیدرولوژی منطقه به عنوان اطلاعات اولیه مورد بررسی و تحقیق قرار گیرند، مانند:

۵-۱-۱ شناسایی خاک و سنگ مطابق با استاندارد بند ۲-۱ و بند ۲-۲؛

۵-۱-۲ شناسایی سفره‌های آب زیرزمینی و انواع آن (مثلاً محدود یا نامحدود)؛

۵-۱-۳ نفوذپذیری برآوردشده؛

۵-۱-۴ سطح(های) آب زیرزمینی.

بهتر است بررسی‌های ژئوهیدرولیکی هرگونه فعالیتی را که آزمون را تحت تاثیر قرار داده و یا تحت تاثیر آزمون قرار می‌گیرد، مورد ملاحظه قرار دهند، مانند:

۵-۱-۴-۱ زیرساخت‌های موجود، مثل ساختمان‌ها، پل‌ها، تونل‌ها؛

۵-۱-۴-۲ زهکشی آب یا آب‌زدایی؛

۵-۱-۴-۳ تخلیه آب قابل حمل.

بهتر است برنامه تحقیقات ژئوهیدرولیک به صورت نتایج در دسترس مرور شوند به طوری که فرضیه‌های اولیه را بتوان کنترل کرد.

برنامه تحقیقات ژئوهیدرولیک باید شامل موارد زیر باشد:

- برنامه‌ای با محل‌های آزمون و انواع آزمون‌ها؛

- عمق و طول مقطع‌های آزمون؛

- مشخصات روش‌های آزمون و اندازه‌گیری‌ها؛

- انواع وسایل مورد استفاده؛

- استانداردهای به کار رفته.

## ۵-۲ انتخاب محل‌های آزمون

محل‌های انجام آزمون و اعماق مقطع‌های آزمون باید بر مبنای اطلاعات اولیه به عنوان تابعی از شرایط زمین‌شناسی و هیدرولوژیک، ابعاد ساختار و مسایل مهندسی مرتبط انتخاب گردد.

مقطع آزمون باید بیانگر افت هیدرولیکی و همگنی زمین باشد.

هنگام انتخاب محل انجام آزمون، بهتر است موارد زیر مورد ملاحظه قرار گیرد:



۵-۲-۱ بهتراست نقاط انجام آزمون و اندازه‌گیری به شکل الگویی تنظیم شوند که شرایط ژئوهیدرولیک در حوزه مورد بررسی قابل ارزیابی باشد.

۵-۲-۲ در فاصله‌ای که هیچ تأثیر مضرى در حوزه مجاور قابل انتظار نیست، بهتر است حوزه مورد ملاحظه در بررسی‌های طراحی، قابل تعمیم به حوزه‌های مجاور باشد.

۵-۲-۳ بهتراست برای نقاط انجام آزمون و اندازه‌گیری، امکان استفاده از وسایل آزمون نصب‌شده (در طول بررسی زمین) جهت نظارت مداوم مورد ملاحظه قرار گیرد.

عمق و طول مقطع‌های آزمون باید قابل تعمیم به همه لایه‌هایی باشد که بر پروژه تأثیر خواهند گذاشت و یا تحت تأثیر پروژه قرار خواهند گرفت.

### ۵-۳ انتخاب روش آزمون

#### ۵-۳-۱ عمومی

روش آزمون باید بر اساس موارد زیر انتخاب شود:

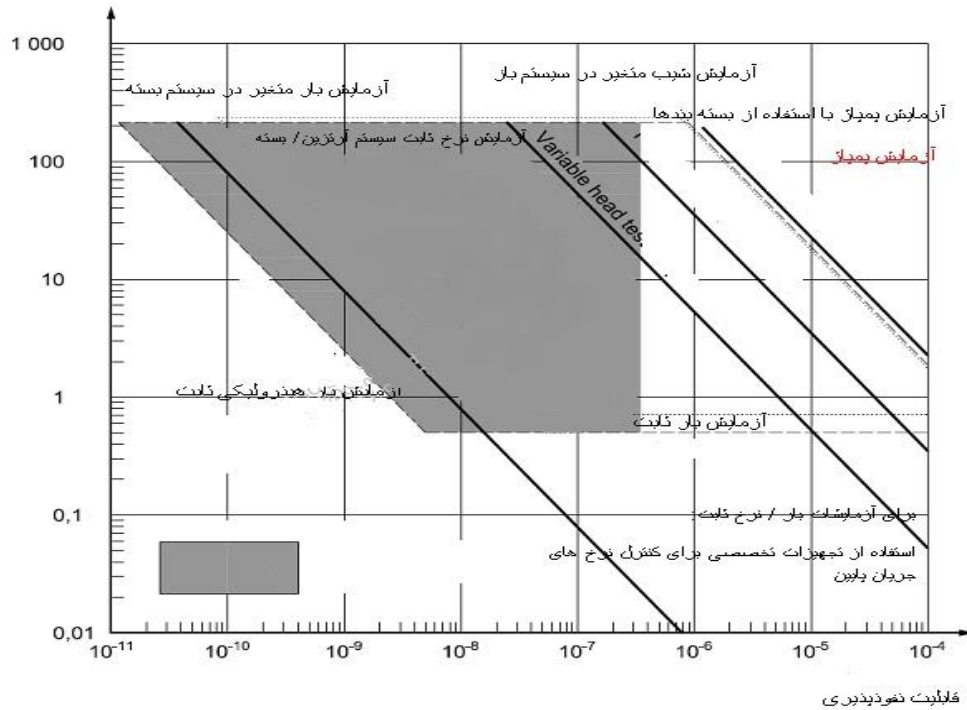
۵-۳-۱-۱ شرایط زمین (مثل نفوذپذیری مورد انتظار لایه‌های مختلف)؛

۵-۳-۱-۲ شرایط توپوگرافیکی و ژئومورفولوژیکی؛

۵-۳-۱-۳ نوع وسایل.

جدول ۲ نمایانگر روش‌های آزمون مربوطه برای شرایط مختلف زمین و نفوذپذیری مورد انتظار و شعاع نفوذ می‌باشد.

شکل ۱ نمایانگر روش‌های آزمون مربوط و زمان مورد انتظار مدت آزمون به عنوان تابعی از نفوذپذیری مورد انتظار زمین می‌باشد.



آزمایش بار متغیر در سیستم های بار مطابق با ISO ۲۲۲۸۲-۲

آزمایش پمپاژ مطابق با ISO ۲۲۲۸۲-۴

آزمایش بار متغیر در سیستم های بسته مطابق با ISO ۲۲۲۸۲-۶

### شکل ۱ - طول مدت آزمون و نفوذپذیری

- به دلیل وجود شرایط مرزی، روش آزمون مناسب را باید به صورت زیر انتخاب کرد:
- آزمون نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه های باز طبق استاندارد بند ۲-۱؛
- آزمون فشار آب در سنگها طبق استاندارد بند ۲-۲؛
- آزمون های پمپاژ طبق استاندارد بند ۲-۳؛
- آزمون های نفوذسنج طبق استاندارد بند ۲-۴؛
- آزمون های نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه های بسته طبق استاندارد بند ۲-۵.

- آزمون ها را می توان با مکش یا تزریق آب در زمین انجام داد.
- آزمون ها را می توان به صورت زیر انجام داد:
- با حفظ شیب ثابت و کنترل نرخ جریان؛
- با اعمال نرخ جریان ثابت و کنترل افزایش فشار؛

- با کاهش یا افزایش شیب (شیب متغیر) و کنترل تغییر افت هیدرولیکی در مقطع آزمون. برخی اثراتی که ممکن است نتایج آزمون را تحت تأثیر قرار دهند را می‌توان تنها در طول اجرای آزمون تشخیص داد.

برخی از این اثرات عبارتند از:

- جریان متلاطم؛

- شکست هیدرولیک سنگ یا خاک یا بالابردن هیدرولیک ناپیوستگی‌ها.

این اثرات ممکن را باید مورد توجه قرارداد.

در مورد جداره‌های گمانه‌ای ناپایدار در سنگ، می‌توان آزمون‌های را تنها پس از فرایند حفاری انجام داد (مثل آزمون‌های پرکن تکی از پایین لوله در جهت مخالف کف گمانه)

### جدول ۲- کاربردهای پیشنهادی برای روش‌های مختلف آزمون

کلید پیشنهادی	آزمون‌های نفوذپذیری با سامانه-های باز بند ۱-۲			آزمون‌های فشار آب در سنگ بند ۲-۲		آزمون‌های نفوذ سنجی بند ۲-۲		آزمون‌های قابلیت نفوذپذیری با استفاده از سامانه‌های بسته	
	جریان ثابت	شیب متغیر	شیب ثابت	آزمون سرپایین	آزمون سربالا	آزمون پمپاژ	شیب ثابت	شیب متغیر	آزمون ضربه فشار
هدف	2A	2B	2C	3A	3B	4	5A	5B	6
مانع هیدرولیکی									
خاک نرم									
ماسه									
شن									
خاک مخلوط									
سنگ با ناپیوستگی‌ها									
فاصله گذاری									
عریض	تنگ								
	باز								
متوسط	عریض								
	تنگ								
بسته	باز								
	عریض								
	تنگ								

جدول ۲- ادامه

آزمون‌های قابلیت نفوذپذیری با استفاده از سامانه‌های بسته	آزمون‌های نفوذ سنجی بند ۲-۴		آزمون‌های پمپاژ بند ۲-۳	آزمون‌های فشار آب در سنگ بند ۲-۲		آزمون‌های نفوذپذیری با سامانه‌های باز بند ۲-۱			کلید پیشنهادی
	شیب متغیر	شیب ثابت	آزمون پمپاژ	آزمون سرپایین	آزمون سربالا	شیب ثابت	شیب متغیر	جریان ثابت	
آزمون ضربه فشار	5B	5A	4	3B	3A	2C	2B	2A	هدف از آزمون
6									$>1E^{-2}$ m/s
									$1E^{-3} - 1E^{-2}$
									$1E^{-4} - 1E^{-3}$
									$1E^{-5} - 1E^{-4}$
									$1E^{-6} - 1E^{-5}$
									$1E^{-7} - 1E^{-6}$
									$1E^{-8} - 1E^{-7}$
									$1E^{-9} - 1E^{-8}$
									$<1E^{-9}$ m/s
									0.1 m
									1.0 m
									10 m
									100 m

### ۲-۳-۵ آزمون‌های نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه‌های باز

#### ۱-۲-۳-۵ اهداف

هدف از آزمون نفوذپذیری در گمانه با استفاده از سامانه‌های باز، تعیین نفوذپذیری محلی آب در خاک‌ها و سنگ‌ها زیر و روی سطح آب‌های زیرزمینی است.

#### ۲-۲-۳-۵ الزامات ویژه

آزمون‌ها باید مطابق با روشی که هماهنگ با الزامات ارائه شده در استاندارد بند ۱-۲ است، انجام و گزارش شود. هرگونه انحرافی از الزامات ارائه شده در استاندارد بند ۱-۲ باید به دقت توجیه و گزارش شود. مخصوصاً، هر تأثیری روی نتایج باید بلافاصله توضیح داده شود.

### ۵-۳-۲-۳ ارزیابی نتایج آزمون

گزارشات میدانی و آزمون مطابق با استاندارد بند ۲-۱ را باید به منظور ارزیابی مورد استفاده قرار داد.

### ۵-۳-۲-۴ کاربرد نتایج آزمون و مقادیر به دست آمده

اندازه‌گیری‌ها در گمانه‌های باز را می‌توان در سازندها انجام داد که در آن‌ها گمانه‌ها پایدار باقی می‌مانند. تعیین دقیق نفوذپذیری آب در تک تک لایه‌ها به دلیل اینکه این روش در یک گمانه باز و بدون پرکن‌ها انجام می‌شود، امکان‌پذیر نیست. بنابراین این آزمون میانگین نفوذپذیری سازندهای زمین‌شناسی نفوذ یافته را فراهم خواهد کرد. نفوذپذیری به دست آمده زمانی معنی‌دار است که سازند مورد آزمون از لحاظ هیدرولیک همگن باشد.

### ۵-۳-۳ آزمون‌های فشار آب در سنگ

#### ۵-۳-۳-۱ اهداف

هدف از آزمون فشار آب در سنگ‌ها تعیین:

- خصوصیات هیدرولیک توده سنگ، که عمدتاً تابع ناپیوستگی‌ها هستند؛

- ظرفیت جذب توده سنگ؛

- استحکام توده سنگ؛

- اثربخشی دوغاب‌ریزی؛

- رفتار ژئومکانیکی، مثل شکست هیدرولیک، هیدروچکینگ.

#### ۵-۳-۳-۲ الزامات ویژه

آزمون‌های باید مطابق با روشی که هماهنگ با الزامات ارایه شده در استاندارد بند ۲-۱ است، انجام و گزارش شود.

هرگونه انحرافی از الزامات ارایه شده در استاندارد بند ۲-۱ باید به دقت توجیه و گزارش شود. مخصوصاً هر تاثیری روی نتایج باید بلافاصله توضیح داده شود.

### ۵-۳-۳-۳ ارزیابی نتایج

آزمون‌های میدانی و آزمون مطابق با استاندارد بند ۲-۲ را باید برای مقاصد ارزیابی مورد استفاده قرار داد.

### ۵-۳-۳-۴ استفاده از نتایج آزمون و مقادیر حاصله

نتایج آزمون‌های فشار آب برای تشخیص و محلی‌سازی بخش‌های سنگی نفوذپذیر و غیرقابل نفوذ، جریان آب و ظرفیت جذب سنگ نفوذپذیر، الزامات دوغاب‌ریزی، موفقیت دوغاب‌ریزی و تغییر شکل رفتار بخش سنگی مورد آزمون، عمل می‌نمایند.

روش آزمون بسته بند اغلب در فونداسیون سد و پروژه‌های مرتبط با تونل به کار رفته است. مزیت این روش در تعیین خصوصیات دقیق جهت عمق در تک تک بخش‌ها نهفته است.

### ۵-۳-۴ آزمون‌های پمپاژ

#### ۵-۳-۴-۱ اهداف

هدف از آزمون‌های پمپاژ عبارت است از ارزیابی پارامترهای هیدرولیک یک سفره آبی و پارامترهای چاه، مانند:

- نفوذپذیری جهانی سفره آب زیرزمینی،
- شعاع نفوذ پمپاژ،
- نرخ پمپاژ یک گمانه،
- واکنش افت آب در چاه در یک سفره آب زیرزمینی در طول پمپاژ،
- اثر سطحی،
- ذخیره‌سازی گمانه،
- اندازه و نوع محدوده‌های سفره آب زیرزمینی بیرونی (بدون نوع جریان یا نوع شیب ثابت).

### ۵-۳-۴-۲ الزامات ویژه

آزمون‌ها باید مطابق با روشی که هماهنگ با الزامات ارائه شده در استاندارد بند ۲-۳ است، انجام و گزارش شود. هرگونه انحرافی از الزامات ارائه شده در استاندارد بند ۲-۳ باید به دقت توجیه و گزارش شود. مخصوصاً، هر تأثیری روی نتایج باید توضیح داده شود.

### ۵-۳-۴-۳ ارزیابی نتایج آزمون

گزارشات میدانی و آزمون باید مطابق با استاندارد بند ۲-۳ برای اهداف ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد.

### ۵-۳-۴-۴ کاربرد نتایج آزمون و مقادیر حاصله

این آزمون موارد زیر را ارائه می‌نماید:

- الف) تعیین ضریب قابلیت نقل و انتقال و ضریب ذخیره‌سازی سفره آب زیرزمینی؛
- ب) برآورد شعاع نفوذ پمپاژ و محاسبه ضریب نفوذپذیری آب در زمانی که سفره آب زیرزمینی شناخته شده است.

### ۵-۳-۵ آزمون‌های نفوذسنجی

#### ۵-۳-۵-۱ اهداف

هدف از آزمون نفوذسنجی تعیین ظرفیت نفوذ آب در زمین در سطح یا در اعماق کم (مانند گمانه‌های آزمون). این یک آزمون ساده برای تعیین ضریب نفوذپذیری است. این روش را با استفاده از شرایط حالت پایدار یا ناپایدار، در خاک‌های اشباع شده یا غیراشباع می‌توان به کار برد.

#### ۵-۳-۲ الزامات ویژه

باید آزمون‌های هماهنگ با روشی که منطبق بر الزامات ارایه شده در استاندارد بند ۲-۴ است، انجام گرفته و گزارش شوند.

هرگونه انحرافی از الزامات ارایه شده در بند ۲-۴ باید مشخص شده و اعلام شوند. مخصوصاً، باید هر تأثیری بر نتایج باید تذکر داده شود.

#### ۵-۳-۳ ارزیابی نتایج آزمون

گزارشات میدانی و آزمون باید مطابق با استاندارد بند ۲-۴ برای اهداف ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۵-۳-۴ کاربرد نتایج آزمون و مقادیر حاصله

این روش امکان برآورد ضریب نفوذپذیری عمودی را از مشاهدات به دست آمده از نرخ نفوذ آب در خاک فراهم می‌کند.

#### ۵-۳-۶ آزمون‌های نفوذپذیری آب در گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته

##### ۵-۳-۶-۱ اهداف

هدف از آزمون نفوذپذیری در گمانه با استفاده از سامانه‌های بسته، تعیین نفوذپذیری محلی آب در خاک‌ها و سنگ‌ها زیر و روی سطح آب‌های زیرزمینی است.

#### ۵-۳-۶-۲ الزامات ویژه

باید آزمون‌ها هماهنگ با روشی که منطبق بر الزامات ارایه شده در استاندارد بند ۲-۵ است، انجام گرفته و گزارش شوند.

هرگونه انحرافی از الزامات ارایه شده در بند ۲-۵ باید مشخص شده و اعلام شوند. مخصوصاً، باید هر تأثیری بر نتایج تذکر داده شود.

#### ۵-۳-۶-۳ ارزیابی نتایج آزمون

گزارشات میدانی و آزمون باید مطابق با استاندارد بند ۲-۵ برای اهداف ارزیابی مورد استفاده قرار گیرد.

#### ۵-۳-۶-۴ استفاده از نتایج آزمون و مقادیر حاصله

این روش معمولاً به عنوان یک روش تعیین مشخصات منطقه محلی برای زمین‌های دارای نفوذپذیری کم، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

## ۶ آماده سازی مقطع آزمون و نصب وسایل

### ۱-۶ الزامات بخش‌های حفاری و آزمون

حفاری گمانه‌ها و دستگاه‌های فشارسنج در صورت قابل اجرا بودن باید مطابق استاندارد بند ۲-۱۰، باشد. اگر از یک ابزار هم سطح‌کننده استفاده شود، باید عملیات حفاری مرتبط با مقطع آزمون با آب تمیز (بدون بنتونیت یا دوغاب زیست تجزیه‌پذیر) انجام گیرد و قبل از هر آزمون جداره گمانه (به وسیله بالا بردن هوا یا عبور متوالی ابزار با تزریق آب تا زمانی که آب تمیز از دهانه گمانه خارج شود) باید تمیزگردد، تا هرگونه رسوب نرم (کیک لجن) که باعث بسته شدن منافذ و شکاف‌های عامل نفوذپذیری شده و باعث انحراف در اندازه‌گیری‌ها می‌شوند، برطرف گردد. باید یک اتصال هیدرولیکی مناسب با زمین مجاور برقرار شود.

### ۲-۶ نصب فیلتر

درجه‌بندی بسته فیلتر، پهنای شیارها در فیلتر یا فاصله بین شیارها در جداکننده باید با توجه به توزیع اندازه دانه زمین اطراف انتخاب نمود. قطر لوله را باید با توجه به ظرفیت تخلیه مورد انتظار انتخاب نمود. لوله فیلتر باید به اندازه کافی محکم باشد تا در برابر تنش‌ها در زمان نصب، پاکسازی و فشارهای پیش‌بینی شده زمین و آب مقاومت کند.

یادآوری- فرآیندهای جداسازی بخش حفاری و آزمون، و انتخاب روشی مبتنی بر نوع و سازگاری زمین، در پیوست الف تشریح شده است.

### ۳-۶ بررسی نصب

پیش از شروع آزمون‌های باید عملکرد صحیح کلیه وسایل بررسی و ثبت گردد. سوابق واسنجی برای دستگاه‌های اندازه‌گیری باید جمع‌آوری و ثبت شود. فیلتر باید با آب تحت فشار شسته تا کاملاً تمیز شود. پس از نصب وسایل آزمون، موارد زیر باید بررسی شود:

- نشستی در اتصالات، دستگاه‌های پرکن و اندازه‌گیری؛
- تمیزی لوله‌های اندازه‌گیری؛
- پاسخ کل سامانه به افزایش یا کاهش افت هیدرولیک؛
- افت هیدرولیکی در فضای حلقوی بین میله تزریق و لوله موقتی در آغاز و پایان آزمون به منظور یافتن و کمی-سازی هر جریان در اطراف پرکن.

هنگام انجام آزمون‌های پمپاژ با فشارسنج‌های مجزا ویژگی‌ها طبق بند ۲-۱۰ کاربرد دارد.



#### ۴-۶ الزامات ایمنی

آزمون ژئوهیدرولیک در گمانه‌ها را باید منطبق بر مقررات ایمنی ملی، به طور مثال قوانین برای:

- وسایل سلامتی و ایمنی شخصی؛

- هوای تمیز، در صورت کار در فضاهای محدود؛

- اطمینان از ایمنی وسایل؛

- کار در زمین آلوده؛

- تاثیر محیطی؛

- مهمات عمل نکرده.

#### ۵-۶ از هم پاشیدن

##### ۱-۵-۶ کلیات

فرآیند غیرفعال سازی باید خطرات بالقوه برای محیط را به حداقل برساند، شامل:

- آلودگی به وسیله نشست سفره آب زیرزمینی (به عنوان مثال تغییرات سطح زمین در اثر عوامل طبیعی و انبارش زباله)؛

- نشست آب‌های سطحی بین سفره‌های آب زیرزمینی؛

- ریزش گمانه.

#### ۲-۵-۶ از هم پاشیدن گمانه‌ها

همه گمانه‌هایی که به گمانه‌های بررسی تبدیل نشده‌اند بهتر است دوباره مطابق با رویه‌های تاییدشده مطابق استاندارد بند ۲-۱۰ پرشده، بسته شده و ثبت شوند.

روش‌های پرکردن باید به نفوذپذیری مساوی یا کمتر از زمین‌های مجاور در طول درازا گمانه برسد.

#### ۳-۵-۶ از هم پاشیدن تأسیسات سطحی

پس از تکمیل پرکردن گمانه‌ها و تأیید کیفیت آن، باید تأسیسات سطحی برداشته شوند.

#### ۶-۶ فاکتورهای مؤثر بر نتایج آزمون

##### ۱-۶-۶ کلیات

ممکن است نتایج آزمون تحت تاثیر شرایط مرزی طبیعی قرارگیرد، مانند:

- گرانبوی سیال؛

- لایه‌بندی و ترک‌ها؛

- افت هیدرولیک متغیر (مثل اثرات جزر و مدی).

ضریب شکل مقطع آزمون برای تفسیر نتایج آزمون باید مورد ملاحظه قرارگیرد (به پیوست ب مراجعه کنید).

### ۲-۶-۶ گرانروی سیال

تعیین نفوذپذیری آب تحت شرایط محیطی انجام می‌شود. جریان آب تحت تأثیر گرانروی آب با تغییر دما تغییر می‌کند. برای اهداف عملیاتی، باید نفوذپذیری تعیین شده برای دمای محیطی گزارش شود و برای یک دمای مرجع (در آزمایشگاه معمولاً ۲۰ درجه سلسیوس است) تصحیح نگردد. سایر سیالات (آلاینده‌ها، مواد نفتی و غیره) منجر به نفوذپذیری‌های دیگر می‌شود. رابطه بین ضریب قابلیت نقل و انتقال، نفوذپذیری و نفوذپذیری اصلی در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳- رابطه بین ضریب قابلیت نقل و انتقال، نفوذپذیری و نفوذپذیری اصلی

مقادیر شاخص	علامت	واحدها	قابلیت نقل و انتقال $m^2/s$	ضریب نفوذپذیری $m/s$	نفوذپذیری صلی $m^2$
قابلیت نقل و انتقال	$T$	$m^2/s$	$T$	$k \cdot L$	$(KL)(\eta/\gamma)$
ضریب نفوذپذیری	$k$	$m/s$	$T/L$	$k$	$K(\gamma/\eta)$
نفوذپذیری اصلی	$K$	$m^2$	$(T/L)(\eta/\gamma)$	$k(\eta/\gamma)$	$K$

$L$  طول مقطع آزمون در گمانه (m)  
 $\eta$  گرانروی دینامیکی سیال (Pa·s)  
 $\gamma$  چگالی ( $t/m^3$ )

### ۳-۶-۶ لایه‌بندی و ترک‌ها

لایه‌بندی و ترک‌ها ممکن است نرخ جریان را در آغاز آزمون افزایش دهند. با گذشت زمان نرخ جریان تا سطح نرخ جریان سفره آبی مورد آزمون کاهش خواهد یافت. جهت دستیابی به مقادیر نماینده ضریب نفوذپذیری بهتر است آزمون تا زمان رسیدن به شرایط حالت پایدار ادامه یابد. طول مقطع آزمون به فضای بین ناپیوستگی‌ها بستگی دارد.

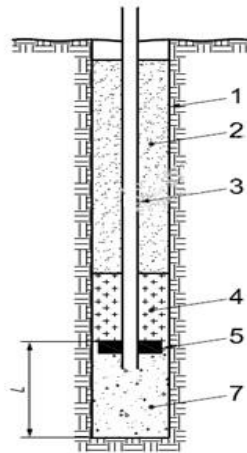
### ۴-۶-۶ سطوح متغیر آب سطحی

سطوح متغیر آب سطحی در زمین‌های مجاور ناشی از پمپاژ یا نوسان نزدیک رودخانه یا سطح دریا نتایج آزمون را با ایجاد تغییرات در سطح شیب‌دار تحت تأثیر قرار خواهد داد. جهت محدود کردن این اثرات در آزمون‌های بلند مدت، منابعی که ممکن است بر سطح آب سطحی تأثیر بگذارند بهتر است مورد بررسی قرار گرفته و این تغییرات در طول آزمون تحت نظارت قرار گیرد.

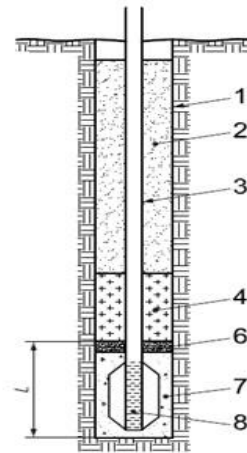
## پیوست الف (اطلاعاتی)

### نمونه‌هایی از جداسازی آزمون و روش‌های پشتیبانی

شکل‌های زیر نمایانگر نمونه‌هایی از جداسازی مقطع آزمون و روش‌های پشتیبانی هستند.



(ب) پشتیبانی با پلاگ بسته.



(الف) پشتیبانی با فیلتر شنی

راهنما

۱ حفره

۲ ماده تکیه‌گاه

۳ لوله رابط

۴ پلاگ بسته

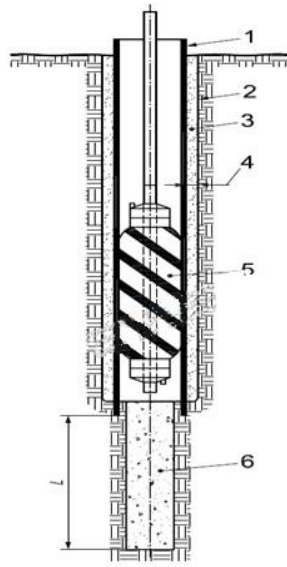
۵ صفحه جداساز مرکزی

۶ شن خرد

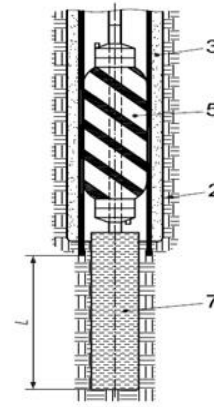
۷ ماده فیلتر

۸ لوله سوراخ‌دار با جداکننده

شکل الف ۱- مثالی از یک پشتیبان با فیلتر شنی و جداسازی با پلاگ بسته



ب) با لوله تصفیه

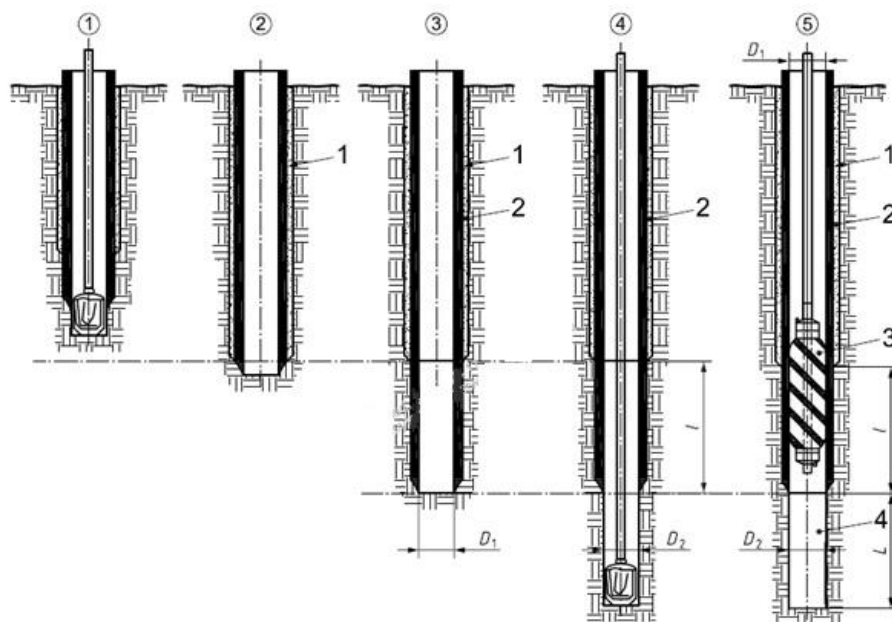


الف) با ماده تصفیه

راهنما

- ۱ لوله تکیه‌گاهی
- ۲ گمانه
- ۳ تکیه‌گاه آب‌بندی
- ۴ فضای حلقوی ( $\geq 2 \text{ mm}$ )
- ۵ بسته‌بند قابل تعویض
- ۶ ماده تصفیه
- ۷ لوله تصفیه

شکل الف ۲ - مثالی از لوله تکیه‌گاهی با فیلتر قابل تعویض داخلی



### مراحل مختلف

(اعداد مشخص شده با دایره نمایانگر مراحل مختلف هستند)

۱، ۲ گمانه یا لوله گذاری

۳ هدایت لوله گذاری

۴ حفاری مقطع آزمون

۵ جداسازی و پشتیبانی مقطع آزمون

### راهنما

۱ لوله هدایت شده

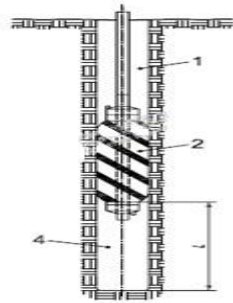
۲ دوغاب بنتونیت

۳ بسته بند قابل تعویض منفرد

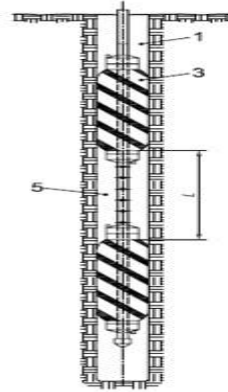
۴ مقطع آزمون، با طول  $L$ ، با ماده تصفیه موجود

$L$  بخش غیر دوغابی لوله

شکل الف ۳- مثالی از یک لوله هدایت شده با فیلتر قابل تعویض داخلی



ب) پکر دوگانه

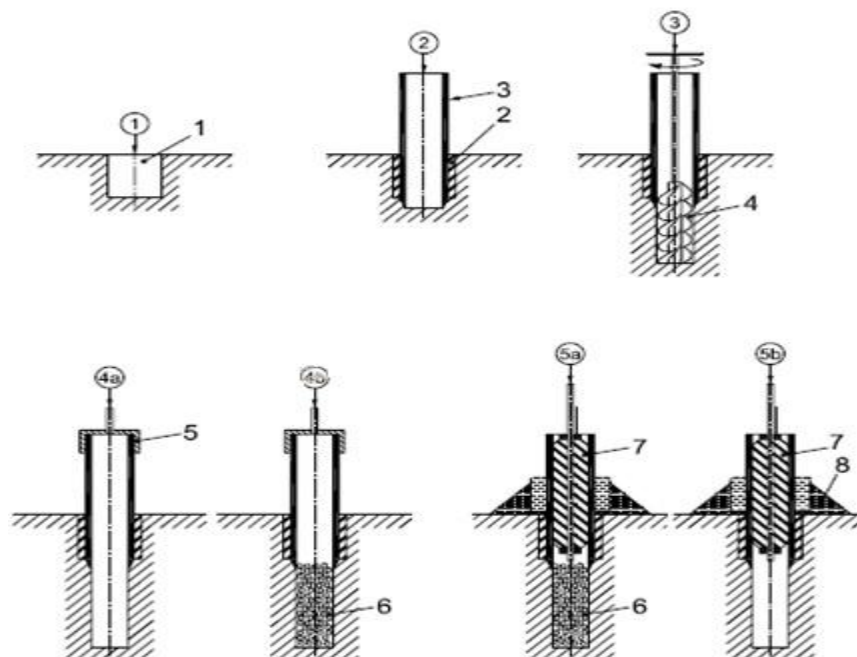


الف) پکر تکی

#### راهنما

- ۱ گمانه
- ۲ پکر قابل تعویض تکی
- ۳ پکر قابل تعویض دوگانه
- ۴ مقطع آزمون، با طول  $L$ ، با ماده تصفیه موجود
- ۵ مقطع آزمون، با طول  $L$

شکل الف ۴- مثالی از پکر قابل تعویض، که در مقابل جداره‌های گمانه نصب شدند

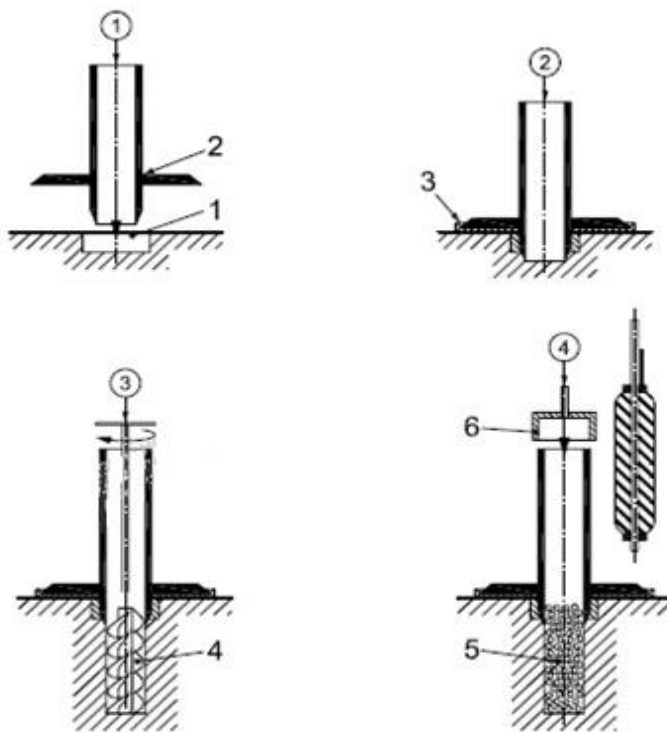


#### راهنما

- ۱ گمانه پایلوت
- ۲ دوغاب تکیه گاهی
- ۳ لوله الحاقی هدایت شده در پایین گمانه
- ۴ مقطع آزمون
- ۵ پلاگ بسته
- ۶ فیلتر شنی پشتیبانی
- ۷ فیلتر
- ۸ فونداسیون آب بندی

شکل الف ۵- مثالی از لوله الحاقی هدایت شده و محصور شده، ویژه آزمون های حفاری در عمق کم

یادآوری - اعداد درون دایره نمایانگر مراحل مختلف هستند.



#### راهنما

- ۱ گمانه پابلوت
- ۲ لوله با لبه جوش خورده
- ۳ دوغاب تکیه‌گاهی
- ۴ مقطع گمانه و آزمون
- ۵ پشتیبان موجود (فونداسیون تصفیه)
- ۶ ابزار بستن لوله (پلاگ بسته، بسته بند و غیره).




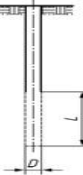
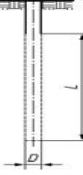
شکل ۶-الف مثالی از لوله الحاقی و لبه جوش‌دار، ویژه آزمون‌های حفاری در عمق کم

یادآوری - اعداد درون دایره نمایانگر مراحل مختلف هستند.



پیوست ب  
(اطلاعاتی)

نمونه‌هایی از فاکتورهای شکلی

	$F = 2 \cdot \pi \cdot D$	<p>Spherical cavity at the bottom of the well</p> <p>گمانه کروی در پایین چاه</p>
	$F = \pi \cdot D$	<p>Semi-spherical configuration - bottom of the well</p> <p>ترکیب شبه کروی - پایین گمانه</p>
	$F = \pi \cdot D \cdot \sqrt{4 \cdot \frac{L}{D} + 1}$	<p>Cylindrical cavity with: <math>0,7 &lt; L/D &lt; 1,2</math></p> <p>گمانه استوانه‌ای با:</p>
	$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\ln \left( \frac{L}{D} + \sqrt{\left( \frac{L}{D} \right)^2 + 1} \right)}$	<p>Cylindrical cavity with: <math>1,2 &lt; L/D &lt; 10</math></p> <p>گمانه استوانه‌ای با:</p>
	$F = \frac{2 \cdot \pi \cdot L}{\ln \left( 2 \cdot \frac{L}{D} \right)}$	<p>Cylindrical cavity with: <math>L/D &gt; 10</math></p> <p>گمانه استوانه‌ای با:</p>