INSO
17887-4
1st.Edition
2014

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

استاندارد ملی ایران
۱۷۸۸۷-۴
چاپ اول
۱۳۹۳

آزمون و تحقیقات خاک و پی - آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت۴: آزمون‌های پمپاژ

Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing – Part 4: Pumping tests

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 کمیسیون های 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 تشکیل‌می‌دهد به تصویب رسیده‌باشد.

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

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 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 می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی 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 قسمت۴: آزمون‌های پمپاژ»

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 مسؤل اداره کل استاندارد استان گلستان
خدام عباسی، روح الله (کارشناس فیزیک)	رییس اداره اندازه شناسی و اوزان و مقیاس های اداره کل استاندارد سمنان
رخشانی، حسین (کارشناس ارشد زمین شناسی)	نماینده شرکت اکتشافات نفتی رضی
طیبان، محمد رضا (کارشناس مهندسی عمران)	رییس گروه صنایع ساختمانی 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	۲
۳	اصطلاحات و تعاریف، نمادها و یکاها	۲
۳-۱	اصطلاحات و تعاریف	۲
۳-۲	نمادها و یکاها	۳
۴	وسایل	۴
۵	روش انجام آزمون	۴
۵-۱	آماده‌سازی آزمون	۴
۵-۲	هماهنگی و برنامه ریزی جهت دفع آب پمپاژ شده	۵
۵-۳	اجرا و تجهیزکردن گمانه	۵
۵-۴	اجرا و تجهیز نمودن فشارسنج‌ها	۸
۵-۵	اجرای آزمون پمپاژ	۹
۵-۶	عدم قطعیت اندازه‌گیری	۱۲
۵-۷	وقفه ها در پمپاژ	۱۲
۵-۸	پایان آزمون	۱۲
۶	بیان نتایج آزمون	۱۲
۷	گزارش‌های آزمون	۱۳
۷-۱	گزارش آزمون میدانی	۱۳
۷-۲	گزارش آزمون	۱۴

پیوست الف (اطلاعاتی)	ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون پمپاژ - مثال	۱۵
پیوست ب (اطلاعاتی)	تعیین آزمون پمپاژ تخلیه	۱۷
پیوست پ (اطلاعاتی)	تفسیر نتایج آزمون پمپاژ	۲۲
پیوست ت (اطلاعاتی)	کتابنامه	۲۹

پیش گفتار

استاندارد «آزمون و تحقیقات خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت۴: آزمون‌های پمپاژ» که پیش‌نویس 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 منتشرمی‌شود.

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 خواهدشد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارایه‌شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدید نظر استانداردهای ملی استفاده‌کرد.

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

ISO 22284-4:2012, Geotechnical investigation and testing - Geohydraulic testing - Part 4: Pumping tests.

مقدمه

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

آزمون و تحقیقات خاک و پی- آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت۴: آزمون‌های پمپاژ

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش آزمون پمپاژ به عنوان بخشی از خدمات تحقیقات ژئوتکنیکی مطابق با استانداردهای بند ۲-۲ و ۲-۳ می‌باشد.

به طور کلی یک آزمون پمپاژ از دو بخش اصلی تشکیل شده‌است:

- پایین آوردن سطح فشارسنجی آب زیرزمینی به وسیله پمپاژ در یک گمانه؛
- اندازه‌گیری حجم آب پمپاژ شده و همچنین سطح آب زیرزمینی در گمانه آزمون و فشارسنج‌های قبل، در هنگام و بعد از پمپاژ به عنوان تابعی از زمان؛

این بخش از استاندارد کلیه آزمون‌های پمپاژ در سفره‌های آب زیرزمینی که نفوذپذیری آن‌ها به نحوی است که در اثر عملیات پمپاژ از یک گمانه می‌توان گرادیان فشارسنجی را در محدوده چند ساعت تا چند روز بسته به شرایط زمین و هدف مورد نظر پایین‌آورد کاربرد دارد. همچنین این استاندارد کلیه آزمون‌های پمپاژ در خاک و سنگ را دربرمی‌گیرد.

آزمون‌هایی که در این استاندارد به آن‌ها پرداخته می‌شود شامل آزمون‌هایی هستند که برای ارزیابی پارامترهای هیدرودینامیک یک سفره آب زیرزمینی و پارامترهای گمانه لحاظ می‌شوند و شامل موارد زیراست:

- نفوذپذیری سفره آب زیرزمینی؛
- شعاع تاثیر پمپاژ؛
- دبی پمپاژ یک گمانه؛
- افت سطح آب زیرزمینی در یک سفره در هنگام عملیات پمپاژ؛
- تاثیر پوسته؛
- ذخیره‌ی گمانه؛
- تغییر سطح آب زیرزمینی در یک سفره بعد از پمپاژ.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر شامل مقرراتی است که درمتن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده‌است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب‌می‌شود.

در صورتی‌که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده‌باشد، 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 نظراست.

استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی‌است:

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

2-2 EN 1997-1:2004, Eurocode 7: Geotechnical design - Part 1: General rules

2-3 EN 1997-2:2007, Eurocode 7: Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing

2-4 ISO 14688-1, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of soil - Part 1: Identification and description

2-5 ISO 14689-1, Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of rock - Part 1: Identification and description

2-6 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 بند۲-۱، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به‌کار می‌رود.

۳-۱-۱

شعاع تاثیر پمپاژ R(t)

عبارت‌است از فاصله افقی محور گمانه پمپاژ که دارای کمترین مقدار سطح فشارسنجی آب زیرزمینی بوده تا جایی‌که سطح فشارسنجی آب زیرزمینی صفر می‌شود.

یاد آوری- در یک شرایط پایدار مقدار شعاع تاثیر پمپاژ (Rt) ثابت بوده و از این رو با R_a نشان داده می‌شود.

۲-۳ نمادها و یکاها

نماد	تعریف	واحد
D	قطر گمانه حفاری شده	متر
d	ضخامت سفره آب زیرزمینی	متر
L	طول چاه قسمت مرطوب	متر
Q	دبی جریان	متر مکعب بر ثانیه
Qd	دبی تخلیه، ارزیابی تخلیه مکش و آماده سازی چاه	متر مکعب بر ثانیه
Qe	آزمون مکش تخلیه	متر مکعب بر ثانیه
Ra	شعاع تاثیر پمپاژ در یک شرایط پایدار	متر
Rt	شعاع تاثیر پمپاژ نسبت به زمان	متر
S	فاکتور ذخیره	-
T	قابلیت انتقال	متر مربع بر ثانیه
t	زمان	ثانیه
v	سرعت	-
a	شیب خطی مشخص شده از ارتفاع آب زیرزمینی چاه	-
b	مبدا خط عرضی مشخص شده از ارتفاع آب زیر زمینی چاه	-
c	ارتفاع آب زیر زمینی اصلی پمپ تخلیه	-
d_N	اندازه درون یابی شده منحنی دادنه بندی قراردادی، مربع چشمه الک ضلع d در برابر درصد وزنی اندازه کوچک برابر است با درصد N	-
e	فاصله بین کف گمانه و سطح نامحدود آب زیرزمینی در انتهای یک سفره	متر
k_h	ضریب نفوذپذیری افقی	متر بر ثانیه
Δh	افت سطح آب در گمانه	متر
$\Delta h'$	افت سطح آب در گمانه پس از ۲ ساعت	متر
Δh_f	سطح فروکش آب در چاه، آزمایش مقدماتی در زمان مستقر شدن	متر
Δh_{max}	بیشینه افت سطح آب در گمانه زمان پمپاژ	متر

۴ وسایل

۴-۱ یک گمانه و فشارسنج (استاندارد بند ۲-۶ را ملاحظه کنید.)

۴-۲ پمپ و لوله‌هایی‌که قادر به پمپاژ از گمانه هستند. پمپ‌ها باید مجهز به لوله تخلیه‌ای به اندازه‌ی کافی بلند باشند تا آب از پمپ به فاصله‌ی مناسبی تخلیه گردد تا بر روی محدوده انجام آزمون تاثیری نداشته باشد. همچنین ظرفیت پمپ باید به اندازه‌ای باشد که تخلیه‌ی گمانه حداقل برابر با میزان تخمین زده شده حداکثر ارتفاع افت باشد.

یادآوری- آزمون‌های پمپاژ معمولا با استفاده از پمپ‌های الکتریکی شناور که درون گمانه نصب می‌شوند انجام می‌گردند. هر چند بسته به شرایط، آزمون‌های پمپاژ را می‌توان با استفاده از پمپ‌های مکشی که درسطح نصب و تعبیه شده‌اند، و یا وسایل مخصوص تخلیه نظیر مکنده‌ها نیز انجام‌داد.

۴-۳ یک سامانه برای تنظیم و اندازه‌گیری میزان آب پمپاژ شده (متر مکعب بر ثانیه). دستگاه‌های اندازه‌گیری دبی پمپاژ باید واسنجی شده و برای گستره‌ی مقادیر دبی پمپاژ در هنگام آزمون از دقت کافی برخوردار باشند.

۴-۴ سامانه‌ای برای اندازه‌گیری سطح آب در گمانه و فشارسنج‌ها.
آشفتگی در گمانه که ناشی از پمپاژ است باید مدنظر قرار گرفته شود. دستگاه‌ها باید قادر به اندازه‌گیری سطوح آب در محدوده بیشتر از ارتفاع افت آبی که در هنگام آزمون مورد انتظار است، باشند.

۴-۵ دستگاه اندازه‌گیری زمان و یا دستگاه ثبت زمان در ثانیه.

۵ روش انجام آزمون

۵-۱ آماده‌سازی آزمون

۵-۱-۱ کلیات

قبل از انجام آزمون پمپاژ باید چند نکته را مورد توجه و بررسی قرار داد:

۵-۱-۱-۱ اطلاعات پایه درخصوص شرایط زمین و آب زیرزمینی مطابق با استاندارد بند ۲-۱؛

۵-۱-۱-۲ میزان افت سطح آب زیرزمینی و یا میزان حجم آب تخلیه در زمان آزمون پمپاژ؛

۵-۱-۱-۳ نقطه تخلیه آب پمپاژ شده و موقعیت آن نسبت به گمانه؛

۵-۱-۱-۴ مدت زمان آزمون.

۵-۱-۲ تعیین میزان دبی پمپاژ در آزمون پمپاژ

به منظور حصول اطمینان از اینکه گمانه آب کافی را در زمان عملیات پمپاژ تامین خواهدکرد یا نه باید دبی و دبی پمپاژ تخمین زده شود و پمپی که دارای ظرفیت مناسب است را انتخاب کنید.

میزان دبی پمپاژ آب را می‌توان با یک یا چند روش زیر تخمین زد:

۵-۱-۲-۱ بر اساس هدف آزمون و تجربه‌ی شرایط محلی؛

۵-۱-۲-۲ به وسیله‌ی ارزیابی نظری ظرفیت گمانه، طبق روشی که در پیوست ب توضیح داده شده است؛

۵-۱-۲-۳ با تحلیل اطلاعات از مرحله مقدماتی آزمون پمپاژ طبق روشی که در پیوست ب توضیح داده شده است.

۵-۲ هماهنگی و برنامه‌ریزی جهت دفع آب پمپاژ شده

دفع آب تخلیه شده باید مطابق با قوانین و مقرارت انجام پذیرد. اگر آب پمپاژ شده از طریق شبکه فاضلاب دفع نگردد باید در فاصله مناسبی از گمانه پمپاژ دفع شود تا اثر قابل توجهی بر الگوی افت آب زیرزمینی نداشته باشد.

۵-۳ اجرا و تجهیزکردن گمانه

۵-۳-۱ طراحی گمانه

گمانه باید طوری طراحی شود که مطابق با معیارهای زیر باشد (شکل ۱ را ببینید).

گمانه باید:

۵-۳-۱-۱ عمق کافی برای نفوذ در زیر آب‌های زیرزمینی لایه‌های مورد نظر را داشته باشد. اگر گمانه به خوبی به سفره نفوذنکند حداقل باید به بخش اشباع‌شده سفره با عمق حداقل ۲۵ برابر قطر گمانه مشبک با حداقل مقدار۳ متری نفوذ کند.

۵-۳-۱-۲ باید قطر حفاری مناسب را دارا بوده تا مواد فیلتر مورد نیاز را قراردهد و هچنین گمانه مشبک باید با قطر مناسب باشد تا وسایل پمپاژ با ظرفیت مناسب وکافی را قرارداده تا به بتوان به میزان پمپاژ مورد نیاز دست یابیم.

۵-۳-۱-۳ باید مواد فیلتر مناسبی را داشته‌باشد تا اطمینان حاصل‌شود که آب پمپاژ شده حاوی رسوبات اندک وکمی است تا در اثر ورود ذرات ریز از خاک به پمپ و وسایل تصفیه سطح زمین آسیبی نرسد. درصورتی‌که گمانه در یک سنگ ایستا و پایدار ایجاد شده باشد می‌توان گمانه را بدون نیاز به مواد فیلترینگ ایجاد نمود.

۵-۳-۱-۴ ارتفاع گمانه باید کافی وکارآمد بوده و غربال گمانه مناسب باشد تا اطمینان حاصل‌شود که می‌توان به میزان تخلیه مورد نیاز دست یافت.

مواد فیلتر باید موادی با نفوذپذیری بالا و دانه‌ای باشد و اندازه‌ی ذرات کنترل‌شود و باید از دانه‌های مواد معدنی بی‌اثری متناسب با ساختار شیمیایی سفره‌های آب زیرزمینی باشد. درخاک‌های دانه‌دار، منحنی دانه‌بندی مصالح فیلتر باید شرایط زیر را دارا باشد:

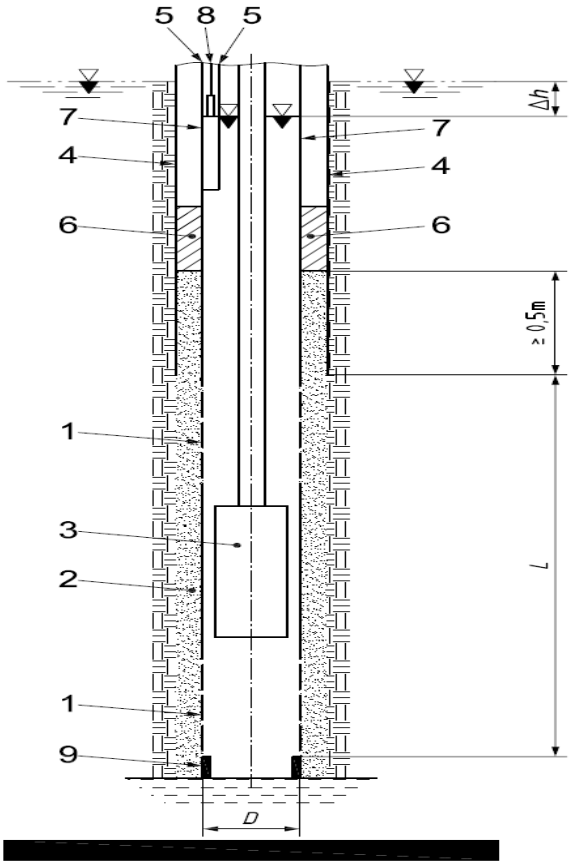
$$5\, d_{15\ \text{soil}} \le d_{15\ \text{filter}} \le 5\, d_{85\ \text{soil}}$$

در این رابطه d_{15} عبارت است از قطری از ذرات تشکیل دهنده مصالح فیلتر که اندازه ۱۵٪ ذرات از این مقدار کمتر می‌باشد.

در خاک‌های ریزدانه یا هنگامی که شبکه مشبک چاه مجهزبه توری ژئوتکستایل[1] باشد، هدف از مصالح فیلتر پر کردن فضای بین خارج شبکه مشبک گمانه و دیواره سوراخ گمانه می‌باشد. در آن شرایط، مصالح فیلترینگ باید ماسه درشت با نفوذپذیری بسیار بالا یا شن‌ریزی با ضریب نفوذپذیری حداقل ۱۰۰ برابر خاک و یا سنگ مورد آزمون باشد.

ضخامت فضای حلقوی فیلتر باید حداقل۵۰ میلی‌مترباشد. همچنین قطر داخلی گمانه باید مطابق با هدف مورد نظر انتخاب‌گردد.

1-Geotextile



راهنما

۱ شبکه مشبک گمانه (لوله‌ی شیاردار)

۲ ماده‌ی فیلتر

۳ پمپ شناور

۴ لوله جداره گمانه

۵ لوله‌ای برای اندازه‌گیری سطح آب

۶ پلاگ مسدودکننده

۷ لوله ساده

۸ دستگاهی برای اندازه‌گیری سطح آب

۹ پایه صافی

L طول فیلتر

D قطر گمانه حفاری

شکل ۱- گمانه تجهیزشده جهت انجام آزمون پمپاژ

۵-۳-۲ روش نصب

گمانه باید به طریقی مشابه با نصب فشارسنج‌ها و مطابق با استاندارد بند ۲-۶ اجرا گردد. هنگام نصب مواد گمانه باید دقت کافی لحاظ شود. دقت خاص را باید به موارد زیر معطوف داشت:

۵-۳-۲-۱ غربال گمانه باید به داخل گمانه و به سطح خاصی پایین آورده‌شود و در مرکز گمانه نصب شود و بالا و پایین غربال باید در سطح طراحی قرارگیرد. باید دقت نمود تا محل اتصالات لوله مشبک و لوله جداره نشت نداشته باشند همچنین لوله جداره و شبکه مشبک باید به‌صورت عمودی و مستقیم نصب شوند.

۵-۳-۲-۲ درصورت لزوم مواد فیلترینگ باید در فضای بین غربال و لوله جداره موقت گمانه قرارداده‌شود. مواد فیلتر را باید به تدریج در طی مراحل انجام‌داد تا خطر بسته‌شدن در فضای حلقوی بین لوله جداره و شبکه مشبک کاسته‌شود. مواد فیلتر ترجیحاً از طریق لوله ترمی[1] قرار داده شود.

۵-۳-۲-۳ درصورت لزوم، یک پلاگ مسدودکننده از ماده‌ای با نفوذپذیری بسیار کم (نظیر بنتونیت) در فضای حلقوی بین دیواره‌ی گمانه و لوله جداره گمانه بلافاصله در بالای ماده فیلتر قرار داده‌شود. هدف از پلاگ مسدودکننده جلوگیری از نفوذ کردن آب سطحی یا آب سایر سفره‌ها به درون غربال گمانه است.

۵-۳-۳ آماده سازی گمانه

قبل از آزمون پمپاژ، گمانه باید با شست و شو به منظور افزایش نفوذپذیری خاک اطراف پوسته، توسعه داده شود. و از ورود باقی‌مانده‌های حفاری و ذرات خاک که ممکن است از طریق جریان آب به گمانه وارد شود جلوگیری‌کرد. چنین ذراتی می‌تواند فیلتر را مسدود کرده و به پمپ آزمون آسیب رساند.

توسعه باید با استفاده از پمپاژ انجام شود. روش‌های متداول عبارتند از هوادهی یا پمپاژ با استفاده از یک پمپ قوی که از وجود ذرات در آب تخلیه شده آسیب نبیند. در صورت استفاده از روش فشرده‌سازی هوا باید دقت کافی معطوف شود تا از تزریق هوا به درون زمین جلوگیری شود چرا که حباب‌های هوا در زمین می‌توانند بر نفوذپذیری سفره آب زیرزمینی تاثیر منفی‌گذارند.

سایر روش‌های دیگری به منظور افزایش نفوذپذیری عبارتند از:

۵-۳-۳-۱ ایجاد جریان فواره‌ای در داخل غربال گمانه؛

۵-۳-۳-۲ ایجاد جریان آب درون غربال گمانه برای ایجاد جریان آب به درون و از بیرون گمانه؛

۵-۳-۳-۳ اسیدزنی(استفاده از اسیدها در سنگ‌های کربناته).

۵- ۴ اجرا و تجهیز نمودن فشارسنج‌ها

۵-۴-۱ طریقه نصب

فشارسنج‌ها باید مطابق با استاندارد بند ۲-۶ نصب شوند.

1-Tremie

لوله‌های فشارسنج در عمقی نصب می‌شوند که بتوان تاثیر گمانه را مشاهده کرده و آن را به خوبی ثبت کنند. در صورت امکان فشارسنجی که نزدیکترین فشارسنج به گمانه است را در عمقی یکسان در انتهای گمانه قرار می‌دهیم.

۵-۴-۲ آماده سازی فشارسنج‌ها

قبل از شروع آزمون، فشارسنج‌ها را باید مطابق با استاندارد بند ۲-۶ تمیز نماییم. سطح آب در فشارسنج‌ها را باید قبل و بعد از آزمون اندازه‌گرفت تا هر گونه تغییر در سطح آب زیرزمینی مشخص‌گردد. زمان پاسخ آنها با مشاهده افزایش آب در لوله فشارسنج بررسی می‌شود. مدت زمان نظارت بستگی به ماهیت سفره و هدف آزمون پمپاژ دارد.

۵-۵ اجرای آزمون پمپاژ

۵-۵-۱ کلیات

آزمون پمپاژ از چهار مرحله تشکیل شده است:

۵-۵-۱-۱ مرحله قبل از پمپاژ [1] به منظور نظارت کردن سطح آب زیرزمینی؛

۵-۵-۱-۲ مرحله پمپاژ مقدماتی[2] برای تعیین میزان تخلیه آب در آزمون پمپاژ؛

۵-۵-۱-۳ مرحله آزمون پمپاژ؛

۵-۵-۱-۴ مرحله آزمون پس از پمپاژ[3] به منظور نظارت کردن برگشت‌پذیری سطح آب زیرزمینی.

۵-۵-۲ نظارت قبل از پمپاژ

قبل از شروع مرحله پمپاژ، سطح آب در گمانه آزمون و فشارسنج‌ها را باید برای تعیین سطح اولیه آب زیرزمینی نظارت کرد.

یادآوری- مدت زمان مرحله قبل از پمپاژ بستگی به هدف آزمون و شرایط محلی دارد. مدت زمان نوعی نظارت قبل از پمپاژ بین یک تا ده روز متغیر است. مدت زمان‌های طولانی‌تر نظارت هنگامی که سطوح آب زیرزمینی در معرض تغییرات ناشی از جزر و مد یا سایر تغییرات هستند لازم است.

۵-۵-۳ مرحله پمپاژ مقدماتی

قبل از آزمون اصلی پمپاژ، مدت زمان کوتاهی جهت بررسی عملکرد و کیفیت عملکرد وسایل منظورگردد.

یاد آوری- مدت زمان مناسب برای بررسی وسایل بین ۱۵ دقیقه تا ۲ ساعت است.

1-pre-pumping phase
2-preliminary pumping phase
3- post-pumping test phase

در زمان مرحله مقدماتی پمپاژ عملکرد صحیح پمپ‌ها، سامانه‌های کنترلی، شیرهای فشار، دستگاه‌های اندازه-گیری جریان عبوری و اندازه‌گیری سطح آب باید بررسی شوند. لوله تخلیه پمپاژ باید بررسی شود تا نشتی نداشته باشد.

برای آزمون‌های پمپاژ با مقیاس بزرگتر و یا پیچیده‌تر، مرحله مقدماتی پمپاژ را می‌توان برای فراهم کردن اطلاعاتی در مورد دبی تخلیه و ارتفاع افت گمانه استفاده نمود تا در تعیین دبی پمپاژ در زمان آزمون پمپاژ مورد استفاده قرارگیرد.(پیوست ب را ملاحظه کنید.)

۵-۵-۴ آزمون پمپاژ

آزمون پمپاژ را نباید تا زمانی که سطوح آب در گمانه و فشارسنج‌ها ثابت شده باشند پس از مرحله مقدماتی شروع نمود.

به‌طور کلی یک آزمون پمپاژ به دو صورت قابل انجام می‌باشد:

۵-۵-۴-۱ آزمون با دبی متغیر

این نوع آزمون شامل پمپاژ گمانه به صورت مرحله‌ای است و شامل افزایش یا کاهش دبی پمپاژ تا بیشترین ظرفیت گمانه یا پمپ مورد استفاده می‌باشد. از یک آزمون با دبی متغیر می‌توان برای تعیین دبی پمپاژ در زمان آزمون با دبی ثابت استفاده نمود.

۵-۵-۴-۱ آزمون با دبی ثابت

این نوع آزمون شامل پمپاژ گمانه با دبی ثابت در طول آزمون است.

اگر آزمون پمپاژ با دبی متغیر و در پی‌آن آزمون پمپاژ با دبی ثابت تشکیل شده‌باشد، ممکن است در انتهای آزمون با دبی متغیر، مدت زمانی جهت کنترل تصویری سطح آب زیرزمینی صرف گردد. در این روش زمان بین انتهای آزمون با دبی متغیر و شروع آزمون با دبی ثابت باید به اندازه‌ای طولانی باشد که به تثبیت سطح آب زیرزمینی انجام شود.

به محض شروع و یا تغییر در آب پمپاژ شده، تغییر در دبی پمپاژ را باید به سرعت انجام داد. در شروع آزمون پمپاژ، دبی پمپاژ آب باید ظرف دو دقیقه پس از شروع پمپاژ ثابت شود.

زمان شروع آزمون پمپاژ زمان صفر می‌باشد.

در زمان آزمون پمپاژ، اندازه‌گیری‌های سطح آب باید مطابق با اهداف آزمون پمپاژ و شرایط زمین صورت پذیرد. در مجموع اندازه‌گیری‌ها را باید به صورت متناوب در آغاز آزمون پمپاژ و یا هنگامی که دبی جریان عبوری در زمان آزمون با دبی متغیر تغییر کرده باشد و یا هنگامی که احتمال تغییر ناگهانی سطوح آب وجود دارد، باید انجام پذیرد. در مراحل انتهایی آزمون پمپاژ هنگامی که سطح آب به آرامی در حال تغییر است، قرائت‌ها را می‌توان با دوره‌های زمانی بیشتر انجام داد.

مراحل افزایش زمان بین قرائت‌ها به صورت زیر ارایه شده است:

— ≤ 30 s for $t \leq 5$ min;

— ≤ 1 min for $t = 5$ min to 15 min;

— ≤ 5 min for $t = 15$ min to 30 min;

— ≤ 10 min for $t = 30$ min to 1 h;

— ≤ 30 min for $t = 1$ h to 4 h;

— ≤ 1 h for $t > 4$ h.

اگر احتمال تغییر در سطح آب زیرزمینی در گمانه و فشارسنج‌ها با دبی قابل توجه وجود داشته باشد، وقتی‌که آزمون در شرایطی که آب زیرزمینی در معرض تغییرپذیری‌های جزر و مدی است انجام گیرد، قرائت‌های سطح آب را باید در بازه‌های زمانی متوالی‌تر در طول مدت آزمون پمپاژ انجام داد. در شرایط جزر و مدی، بازه زمانی بین قرائت‌ها نباید از ۱۵ دقیقه فراتر رود.

میزان تخلیه‌ی پمپاز را باید حداقل چهار بار در اولین ساعات، اندازه‌گیری کرد. اگر مقدار آب تخلیه شده ثابت بود، تخلیه آب را باید روزی یک بار اندازه‌گیری نمود. در غیر این صورت مقدار آب تخلیه شده را باید هر ساعت تعیین نمود.

احتمال دارد سطح آب‌های آزاد در مجاورت سایت آزمون، با تغییر در آزمون پمپاژ تداخل پیدا کند(وبرعکس). این تغییر را باید به صورت دوره‌ای درطول آزمون ثبت نمود.

پمپاژ باید تا پایان زمان آزمون ادامه پیدا کند و یا اگر نیاز باشد که آزمون به سطح ثابت برسد، تا سه قرائت متوالی که هرکدام از آن‌ها حداقل به فاصله یک ساعت از همدیگر انجام شود، ادامه داد تا سطوح آب در فشارسنج‌ها بیش از یک سانتی‌متر با یکدیگر تفاوت نداشته باشند.

۵-۵-۵ نظارت پس از پمپاژ [1]

هنگامی‌که در انتهای مرحله پمپاژ، پمپاژ متوقف شد، نظارت پس از پمپاژ شروع می‌گردد. در این مرحله سطح آب گمانه و فشارسنج‌ها باید ثبت شود. با آغاز مرحله تلمبه‌زنی، بازه‌های زمانی بین قرائت‌ها باید همانند مرحله عملیات پمپاژ باشد.

مدت زمان مرحله پس از پمپاژ، به هدف آزمون و شرایط محلی بستگی دارد و مدت زمان نظارت باید حداقل با مدت زمان کاهش سطوح آب زیرزمینی در مرحله پمپاژ برابر باشد. مگر اینکه هدف آزمون یا شرایط

1-post-pumping monitoring

زمین منجر به تغییر این شرایط گردد و یا تا زمانی که هر کدام از سه قرائت حداقل به فاصله یک ساعت از همدیگر ادامه داد تا سطوح آب در فشارسنج‌ها بیش از یک سانتی‌متر با یکدیگر تفاوت نداشته باشند.
به مجرد اینکه قرائت به دفعات کم‌تری انجام پذیرفت، وسایل پمپاژ را می‌توان جدا کرده و وسایل کنترل را نگه داشت، مشروط بر اینکه اختلالی در مرحله نظارت پس از پمپاژ ایجاد نشود. از برگشت جریان آب باید جلوگیری کرد.

۵-۶ عدم قطعیت اندازه‌گیری

عدم قطعیت اندازه‌گیری خودکار و دستی نباید از مقادیر زیر بزرگتر باشد:
- یک ثانیه در زمان یا یک درصد افزایش زمان، هر کدام که مقدار بیشتری را نشان دهد؛
- یک سانتی‌متر برای سطوح اندازه‌گیری آب؛
- پنج درصد بیشینه مقدار دبی برای تخلیه.

۵- ۷ وقفه‌ها[1] در پمپاژ

در زمان مرحله پمپاژ به جز مواردی که وسایل نگهداری به صورت دوره‌ای خاموش می‌شود، پمپاژ باید پیوسته انجام گیرد. در زمان آزمون با دبی متغیر یا ۲۴ ساعت اول آزمون با دبی ثابت، نباید وسایلی برای تعمیرات خاموش شود. تمام وسایل عملیات پمپاژ باید قبل از شروع آزمون به اندازه کافی تعمیر و تجهیز شوند.
اگر مشکل مکانیکی و یا سایر مشکلات باعث اختلال و توقف پمپاژ در زمان آزمون با دبی متغیر یا در ۲۴ ساعت نخست آزمون با دبی ثابت شود، آزمون را باید متوقف نمود. به سطوح آب زیرزمینی اجازه ترمیم و بهبودی داده می‌شود و آزمون را از زمان صفر با دبی متغیر و یا از آغاز مرحله قبلی برای آزمون با دبی متغیر دوباره شروع می‌نماییم.
به محض شروع آزمون پمپاژ با دبی ثابت بیش از ۲۴ ساعت، بسته به اهدف آزمون اختلالات بیش از یک ساعت در پمپاژ قابل قبول هستند اگر چه هرگونه خللی در پمپاژ را باید در حداقل نگه داشت.

۵-۸ پایان آزمون

پس از پایان آزمون پمپاژ، وسایل پمپاژ و کنترل تصویری را باید جدانمود و طبق استاندارد بند۲-۶ گمانه و فشارسنج‌ها را باید قفل، پر و یا با ملات رقیق پر کرد.

۶ بیان نتایج آزمون

نتایج اصلی آزمون عبارتند از:
۶-۱ ارتفاع افت گمانه و بهبود سطوح آب در گمانه و فشارسنج به‌عنوان تابعی از زمان؛
۶-۲ میزان تخلیه آب از گمانه به عنوان تابعی از زمان.

1-Interruptions

در زمان آزمون، نتایج باید به صورت گرافیکی ترسیم گردد. نتایج آزمون را می‌توان برای ارزیابی خصوصیات سفره (نظیر نفوذپذیری، قابلیت انتقال، ضریب ذخیره) و پارامترهای عملکرد گمانه مورد استفاده قرار داد.
برای آزمون‌های با دبی ثابت، تحلیل‌ها را می‌توان یا در حالت ثابت و یا در حالت گذرا انجام داد. تحلیل‌های حالت ثابت نسبتا ساده هستند اما اجازه تعیین ضرایب ذخیره را نمی‌دهند. تحلیل‌های حالت گذرا پیچیده‌تر بوده و می‌توان با آنها گستره وسیعی از پارامترها را تعیین کرد.
متداول‌ترین روش‌ها برای تحلیل نتایج آزمون پمپاژ در پیوست ج ارایه شده است.

۷ گزارش ها ی آزمون

۷-۱ گزارش آزمون میدانی

۷-۱-۱ کلیات

در محل پروژه، گزارشی میدانی باید تکمیل شود. این گزارش باید در صورت امکان از موارد زیر تشکیل شده باشد:

۷-۱-۱-۱ خلاصه ثبت وقایع گمانه مطابق با استاندارد بند ۲-۶؛

۷-۱-۱-۲ گزارش حفاری مطابق با استاندارد بند ۲-۶؛

۷-۱-۱-۳ گزارش نمونه‌برداری مطابق با استاندارد بند ۲-۶؛

۷-۱-۱-۴ گزارش حفر گمانه‌ها و فشارسنج‌ها مطابق با استاندارد بند ۲-۶؛

۷-۱-۱-۵ گزارش شناسایی و توصیف خاک و سنگ مطابق با استاندارد بند ۲-۴ و ۲-۵؛

۷-۱-۱-۶ گزارش نصب تجهیزات مطابق با بند ۷-۱-۲؛

۷-۱-۱-۷ گزارش واسنجی وسایل مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۷۰۶۱: سال ۱۳۹۳- آزمون و تحقیقات خاک و پی - آزمون ژئوهیدرولیک- قسمت ۱: قوانین کلی ؛

۷-۱-۱-۸ گزارش تاخیرات؛

۷-۱-۱-۹ گزارش مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون مطابق با بند ۷-۱-۳.

تمام بررسی‌های میدانی را باید طوری گزارش نمود تا شخص ثالث بتواند آن‌ها را بررسی‌نماید.

۷-۱-۲ سابقه نصب

سابقه نصب باید به خلاصه ثبت وقایع پیوست شود و شامل اطلاعات ضروری زیر باشد:

۷-۱-۲-۱ نوع وسایل؛

۷-۱-۲-۲ گمانه آزمون؛

۷-۱-۲-۳ فشارسنج‌ها؛

۷-۱-۲-۴ پمپ‌ها؛

۷-۱-۲-۵ واحد اندازه‌گیری سطح آب؛

۷-۱-۲-۶ واحد اندازه‌گیری دبی جریان؛

۷-۱-۲-۷ تاریخ‌ها و زمان نصب؛

۷-۱-۲-۸ سطوح آب زیرزمینی قبل و بعد از نصب؛

۷-۱-۲-۹ نام و امضای آزمون کننده.

۷-۱-۳ ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون

ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون باید به خلاصه ثبت وقایع پیوست شود و شامل اطلاعات ضروری زیر باشد، (پیوست الف را ببینید):

۷-۱-۳-۱ نام آزمایشگاه انجام دهنده آزمون؛

۷-۱-۳-۱ نام متقاضی؛

۷-۱-۳-۱ تاریخ و زمان آزمون؛

۷-۱-۳-۱ نام و تعداد پروژه؛

۷-۱-۳-۱ تعداد گمانه‌ها و فشارسنج‌ها؛

۷-۱-۳-۱ شماره استاندارد ملی؛

۷-۱-۳-۱ بالا آمدن آب و عمق آن در گمانه قبل از شروع پمپاژ؛

۷-۱-۳-۱ جدولی که نشان‌دهنده زمان گذشته شده از آغاز آزمون، دبی پمپاژ و سطوح آب اندازه‌گیری شده در گمانه و در هر فشارسنج باشد؛

۷-۱-۳-۱ نام و امضای آزمون‌کننده.

۷-۲ گزارش آزمون

گزارش آزمون باید از اطلاعات ضروری زیر تشکیل شده باشد:

۷-۲-۱ گزارش میدانی (در اصل خطی و یا رایانه‌ای)؛

۷-۲-۲ ارایه گرافیکی نتایج آزمون؛

۷-۲-۳ نام و امضای مسؤل آزمایشگاه.

پیوست الف

(اطلاعاتی)

ثبت مقادیر اندازه‌گیری شده و نتایج آزمون پمپاژ- مثال

الف-۱ آزمون پمپاژ با دبی متغیر پمپاژ

گزارش: آزمون پمپ										**آزمون پمپاژ با دبی متغیر مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۷۰۶۱**								
نام آزمایشگاه:			$Q_d=$ m^3/s			**تاریخ:**					**شماره پرونده:**							
آزمون کننده:			$Q_1=$ m^3/s $Q_2=$ m^3/s $Q_3=$ m^3/s $Q_4=$ m^3/s			**زمان شروع آزمون:**					**مکان :**							
						آزمون چاه:					**کف: صفحه**					**بالا: صفحه**		
شماره مرحله	دقیقه	t	۰	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۶	۷	۸	۹	
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																
	دقیقه	t	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۹۰	۱۲۰		
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																
شماره مرحله	دقیقه	t	۰	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۶	۷	۸	۹	
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																
	دقیقه	t	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۹۰	۱۲۰		
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																
شماره مرحله	دقیقه	t	۰	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۶	۷	۸	۹	
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																
	دقیقه	t	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۹۰	۱۲۰		
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																
شماره مرحله	دقیقه	t	۰	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵	۳	۳/۵	۴	۴/۵	۵	۶	۷	۸	۹	
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																
	دقیقه	t	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۹۰	۱۲۰		
آزمون چاه	متر	h																
	متر	Δh																
	مترمکعب برثانیه	Q																

الف-۲ آزمون پمپاژ

آزمون پمپاژ با دبی متغیر مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۴-۱۷۰۶۱

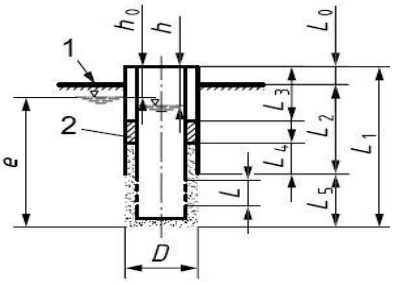
شماره پرونده:

مکان:

آزمون چاه:

تراز زمین: متر

نمودار چاه:



راهنما

۱ سطح زمین

۲ آب بند

حفاری

فاصله تا ابتدای دیوار L0= متر

عمق بستر L1= متر

لوله گذاری چاه

قطر داخلی: متر

عمق بستر L2: متر

عمق آب بند L3: متر

طول فیلتر L4: متر

صفحه چاه

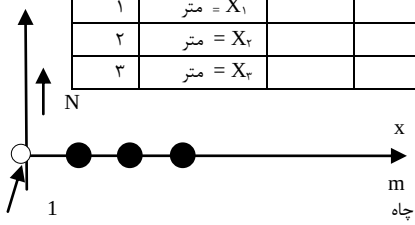
قطر داخلی = متر

طول= متر

پمپ

قطر=

فشار سنج			
صفحه بستر L_1m	نام BH	فاصله از چاه	شماره
		X_1 = متر	۱
		X_2 = متر	۲
		X_3 = متر	۳



۱ محور چاه

۲ نمودار فشار سنج قرار داده شده

پمپ تخلیه Qe : متر مکعب بر ثانیه

شروع پمپاژ

تاریخ:

ساعت:

پایان پمپاژ

تاریخ:

ساعت:

مدت زمان	دقیقه t	۰	۰٫۵	۱	۱٫۵	۲	۳	۳٫۵	۴	۵	۶	۷	۸	۹
چاه	متر h													
	$\Delta h = h - h_0 m$													
	مترمکعب برثانیه Q													
فشار سنج X_1	متر $h_{\times 1}$													
	$\Delta h_{\times 1} = h_{\times 1} - h_{\times 1.0}$													
فشار سنج X_2	$h_{\times 2}$													
	$\Delta h_{\times 2}$													
فشار سنج X_3	$h_{\times 3}$													
	$\Delta h_{\times 3}$													
پمپاژ	دقیقه t													
چاه	متر h													
	$\Delta h = h - h_0 m$													
	مترمکعب برثانیه Q													
فشار سنج X_1	متر $h_{\times 1}$													
	$\Delta h_{\times 1}$													
فشار سنج X_2	$h_{\times 2}$													
	$\Delta h_{\times 2}$													
فشار سنج X_3	$h_{\times 3}$													
	$\Delta h_{\times 3}$													
	$\Delta h_{\times 3} = h_{\times 3} - h_{\times 3.0}$													

آزمایشگاه:

آزمون کننده:

پیوست ب

(اطلاعاتی)

تعیین آزمون پمپاژ تخلیه

ب-۱ کلیات

به منظور حصول اطمینان از اینکه گمانه از آب کافی برخوردار بوده و همچنین به منظور تعیین ظرفیت مناسب پمپ باید دبی تخلیه آب در آزمون پمپاژ Q_d تخمین زده شود.

دبی تخلیه را می‌توان با یک یا چند روش زیر تخمین زد:

ب-۱-۱ بر اساس هدف آزمون و تجربه شرایط محیطی؛

ب-۱-۲ با ارزیابی نظری از ظرفیت گمانه، طبق روشی که دراین قسمت ارایه می‌شود؛

ب-۱-۳ با تحلیل اطلاعات از مرحله مقدماتی پمپاژ، طبق روشی که دراین پیوست توضیح داده شده است؛

ب-۱-۴ عمق آب در بالای ورودی تلمبه بیشتر از ۰٫۵ متر باشد.

ب-۲ ارزیابی ظرفیت گمانه

حداکثر دبی تخلیه را می‌توان طوری تنظیم کرد تا اطمینان حاصل‌کرد که سرعت در مدخل فیلتر ازیک سانتی-متر بزرگتر نباشد.

$$v = \frac{Q_d}{\pi DL}$$ معادله ب-۱

ارتفاع افت آب گمانه برای تخلیه Q_d ۰٫۲ را می‌توان با استفاده از وسایل ارایه شده دقیقا اندازه‌گیری کرد.

ب-۳ تحلیل اطلاعات حاصل از مرحله پمپاژ مقدماتی

ب-۳-۱ کلیات

برای اینکه دبی تخلیه مناسبی را که قرار است در آزمون پمپاژ مورد استفاده قرار گیرد، تعیین نمود، یک مرحله مقدماتی پمپاژ را می‌توان انجام داد.

ب-۳-۲ تعیین منحنی ویژه گمانه

منحنی ویژه ارتفاع افت آب در گمانه Δh برای دوره‌های پمپاژ در یک دبی ثابت پمپاژ به وسیله معادله زیر تعیین‌می‌شود:

$$\Delta h = aQ^2 + bQ$$ معادله ب-۲

ضرایب a و b از داده‌هایی که در زمان مرحله مقدماتی پمپاژ جمع‌آوری شده‌اند محاسبه می‌شود.

ب-۳-۳

مرحله پمپاژ مقدماتی در گمانه

مرحله پمپاژ مقدماتی در چهار مرحله متوالی با دبی تخلیه ثابت در هر مرحله به مدت دو ساعت در مرحله اول و یک ساعت در سه مرحله بعدی انجام می‌پذیرد.

میزان دبی تخلیه برای چهار مرحله به عنوان تابعی از بیشینه دبی پمپاژ حاصله از گمانه Q_d انتخاب شده‌اند و از رابطه زیر تعیین می‌گردند.

$$Q_i = 0{,}8\ Q_d/(5 - i) \qquad \text{معادله ب-۳}$$

که در آن:

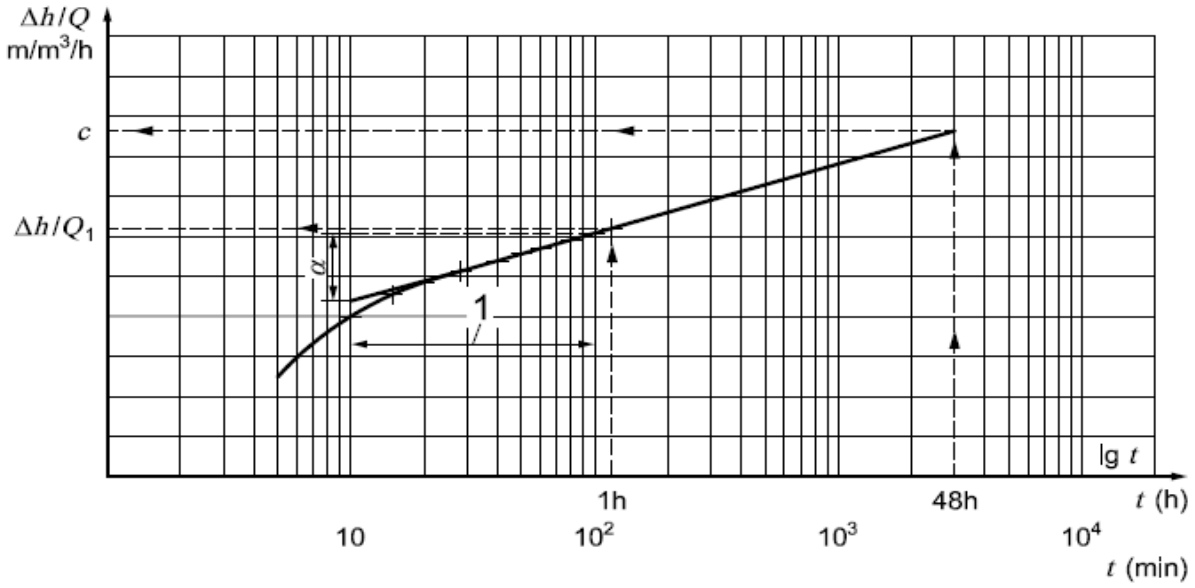
i مرحله ۱ تا ۴ است.

برای هر مرحله سطح آب در گمانه حداقل هر ۵ دقیقه یک بار درطول ۳۰ دقیقه نخست اندازه‌گیری می‌شود و سپس هر ۱۰ دقیقه یک بار اندازه‌گیری می‌شود.

درزمان مرحله نخست پمپاژ با دبی Q_1 افت ویژه $(\Delta h/Q)$ سطح آب گمانه به عنوان تابعی از زمان- امکان اندازه‌گیری شده و مقادیر زیر را ارایه می‌کند:

تعیین شیب مماس بر منحنی افت ویژه نسبت به زمان در مقیاس لگاریتمی زمان برای حالتی که پمپاژ که به مدت دو ساعت ادامه یابد.

تعیین افت ویژه آب گمانه $c = (\Delta h / Q_1)_{(48hr)}$ برای پمپاژ در دبی تخلیه Q_1 که از طریق برون‌یابی منحنی تا ۴۸ ساعت محاسبه‌م ی‌شود.



شکل ب-۱ مرحله آزمون پمپاژ- افت ویژه گمانه به عنوان تابعی از زمان در زمان مرحله اول- مثال

ب-۳-۴

تعیین ضرایب a و b منحنی ویژه گمانه

ضریب a شیب متوسط خط راست است که از نقاط با مختصات(Q_i, $\Delta h_i'/Q_i$) عبور می‌کند و برای چهار مرحله Q_i محاسبه می‌شود(شکل ب۲ را ببینید). $\Delta h'1$ ارتفاع افت آب گمانه که پس از دو ساعت در تخلیه Q1 (Dh′1 = Dh1) اندازه گرفته شده است.

برای سایر مراحل، $\Delta h'_i$ عبارت است از ارتفاع افت آب گمانه برون‌یابی‌شده برای مقادیر مختلف Q_i که به مدت دو ساعت ثابت نگه‌داشته شده‌اند. که طبق مراحل زیر تعیین می‌گردند:

برای مرحله با دبی پمپاژ Q_2 که ارتفاع افت آب در گمانه را در پایان یک ساعت ایجاد کرده است:

$$\Delta h'_2 = \Delta h_2 + \alpha\ (0{,}3\ Q_2 - 0{,}48\ Q_1)$$

معادله ب-۴

برای مرحله با دبی پمپاژ Q_3 که ارتفاع افت آب در گمانه را در پایان یک ساعت ایجاد کرده است:

$$\Delta h'_3 = \Delta h_3 + 0{,}3\ \alpha\ (Q_3 - Q_2 - Q_1)$$

معادله ب-۵

$$\Delta h'_4 = \Delta h_4 + \alpha\ [0{,}3\ Q_4 - 0{,}3\ Q_3 - 0{,}18\ Q_2 - 0{,}22\ Q_1]$$

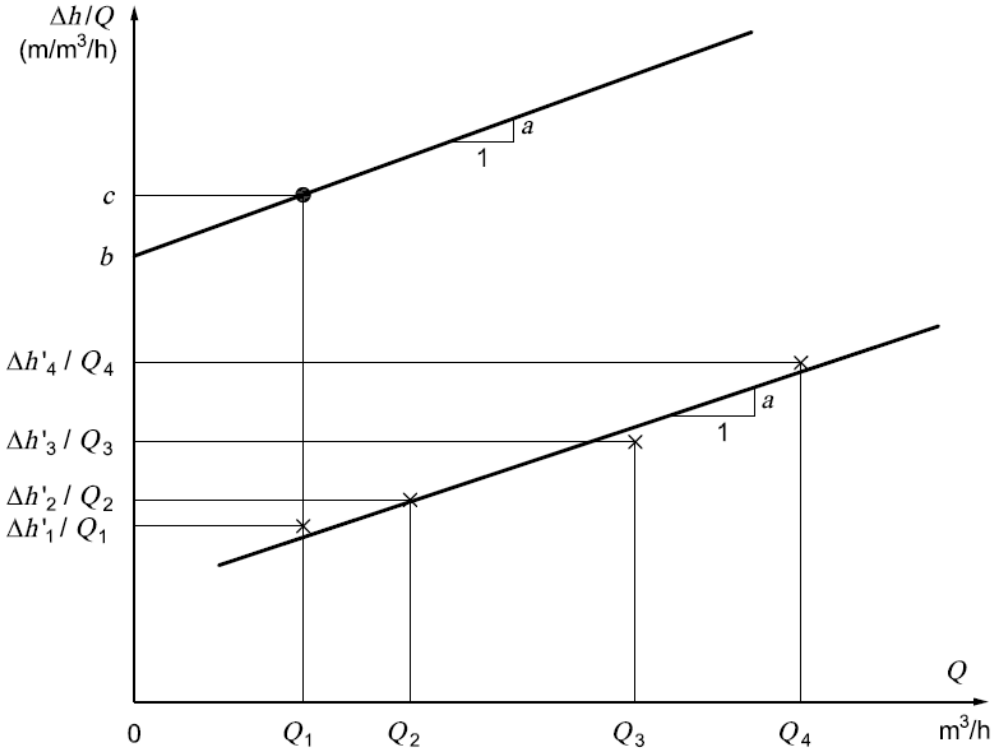
معادله ب-۶

برای مرحله با دبی پمپاژ $Q3$ که ارتفاع افت آب در گمانه را در پایان یک ساعت ایجاد کرده است:

که در آن:

α در قسمت قبل تعیین‌گردید.

b عرض از مبدا خط مستقیمی‌است که از نقطه با مختصات ($Q1$, C) عبور می‌کند (شکل ب۲ را ببینید).



شکل ب۲ - تعیین ضرایب a و b منحنی ارتفاع افت آب گمانه در زمان آزمون مقدماتی پمپاژ

ب-۳-۵

تعیین میزان دبی پمپاژ در آزمون پمپاژ Q_e

میزان دبی پمپاژ در آزمون پمپاژ از طریق معادله منحنی ویژه افت گمانه‌ای است که در قسمت ب-۱ تعیین شد:

$$Q_e = [(b^2 + 4a\Delta h_f)^{0,5} - b]/2a \text{ and } Q_e \leq 1.10^{-2}\ \pi\ DL$$ معادله ب-۷

که در آن:

Δh_f ارتفاع افت آب گمانه مورد نظر در انتهای آزمون است.

برای یک گمانه که به داخل سفره‌ای که سطح آب زیرزمینی آن در ارتفاع e بالای کف گمانه قراردارد،

داریم:

$$\Delta h_f \leq e/3. \qquad \text{معادله ب-۸}$$

برای یک گمانه که در سفره‌ای که دارای آب زیرزمینی محدود می‌باشد، حفر شده است، Δhf عبارت است از: آخرین ارتفاع افت آب گمانه که سطح آب را در گمانه از نیم‌متر بالای سطح بالایی سفره کمتر نمی‌آورد به طور کل، ارتفاع افت آب گمانه همواره آب گمانه را در ارتفاعی حداقل نیم متری بالای قسمت فوقانی صافی قرار می‌دهد.

$$\Delta h_f \leq e/3. \qquad \text{معادله ب-۹}$$

پیوست پ
(اطلاعاتی)
تفسیر نتایج آزمون پمپاژ

پ- ۱ آزمون‌های پمپاژ با دبی متغیر
ویژگی‌های گمانه را می‌توان مطابق بند ب-۲ از آزمون‌های دبی متغیر استخراج کرد.

پ-۲ آزمون‌های پمپاژ بادبی ثابت - تحلیل حالت پایدار
پ-۲-۱ کلیات
حالت پایدار عبارت است از حالتی که در مراحل پایانی یک آزمون پمپاژ، هنگامی که سطح آب‌های زیرزمینی ثابت می‌ماند یا بسیار آهسته تغییر می‌کند اتفاق می‌افتد.

روش‌های تفسیرکه در این بخش ارایه شده‌اند براساس فرضیات زیر استوارند:

پ-۲-۱-۱ سفره‌ی همگن و ایزوتروپیک با ضخامت ثابت و گستره افقی نامحدود؛

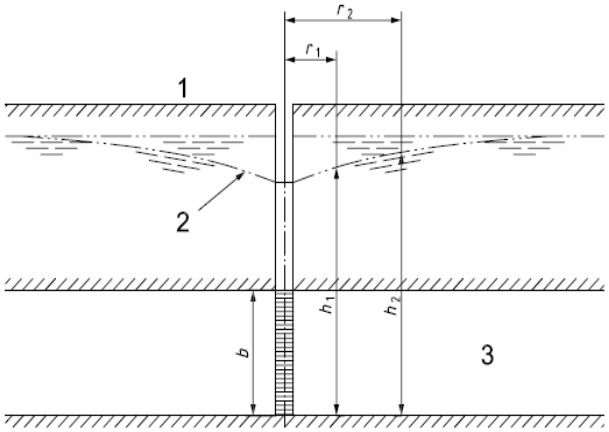
پ-۲-۱-۲ سطح آب زیرزمینی افقی قبل از شروع پمپاژ؛

پ-۲-۱-۳ دبی تخلیه ثابت؛

پ-۲-۱-۴ یک گمانه آزمون که کاملا در سفره نفوذ می‌کند؛

در مواردی که تفاوت قابل توجهی با شرایطی بالا وجود داشته باشد، تصحیحاتی را می‌توان اعمال کرد.

پ-۲-۲ سفره محدود
پ-۲-۲ -۱ کلیات
شرایط هیدرولوژیک یک سفره محدود در شکل ج-۱ نشان داده شده است.



راهنما:
۱ سطح آب ایستا
۲ سطح آب متعادل
۳ سفره محدود

شکل پ۱- سفره محدود

پ-۲-۲-۲ روشی بر اساس راه‌حل ریاضی Dupuit/Theim:

در مواردی که یک سفره‌ای که در بالا و پایین محدود باشد (شکل پ۱را ملاحظه کنید) قابلیت انتقال پذیری سفره را می‌توان طبق راه حل Thiem محاسبه نمود:

$$T = \frac{Q}{2\pi(h_2 - h_1)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$ معادله پ-۱

که در آن:

T قابلیت انتقال‌پذیری سفره برحسب متر بر ثانیه؛

Q دبی پمپاژ برحسب مترمکعب بر ثانیه؛

افت هیدرولیکی فشارسنجی که در فاصله r_1 از گمانه پمپاژ برحسب متر؛

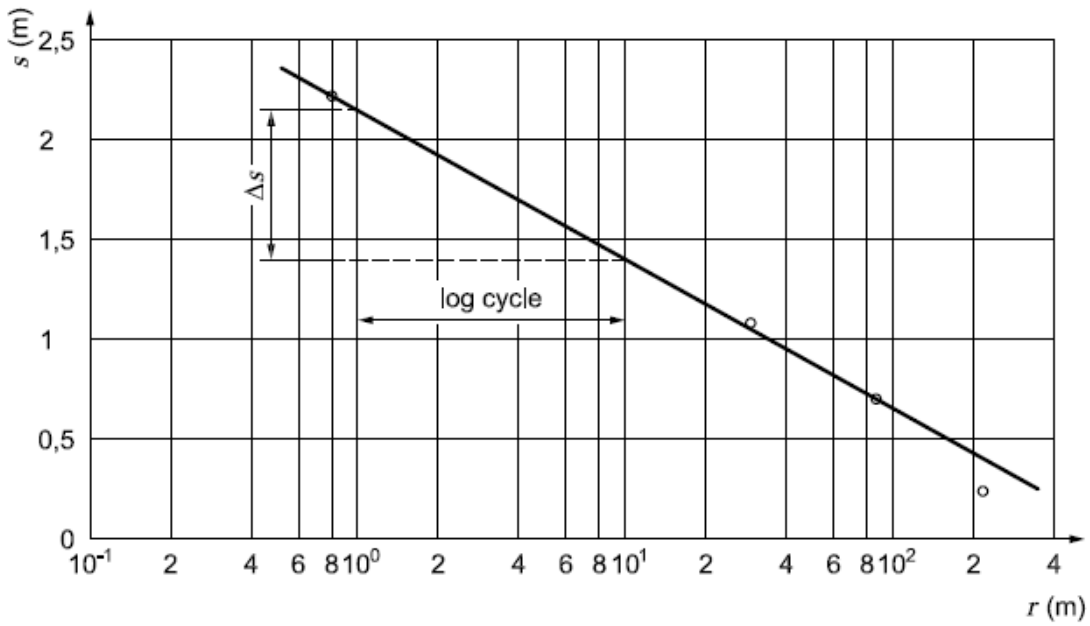
افت هیدرولیکی فشارسنجی که در فاصله‌ی r_2 از گمانه پمپاژ برحسب متر؛

ضریب نفوذپذیری k (برحسب متر بر ثانیه) را می‌توان از رابطه k=T/d به دست آورد که در آن d ضخامت سفره (برحسب متر) است.

پ-۲-۲-۳ روشی بر طبق راه حل گرافیکی Dupuit/Tehiem:

راه حل گرافیکی را می‌توان به شرح زیر استفاده کرد:

ارتفاع افت آب گمانه در هر گمانه رادر مقابل فاصله از محور گمانه پمپاژ در یک مقیاس نیمه لگاریتمی ترسیم می‌کنیم: (شکل پ۲)



شکل پ-۲ راه‌حل گرافیکی بر طبق Dupuit / Theim

Δs عبارت است از تغییر در ارتفاع افت آب گمانه در هر چرخه لگاریتم فاصله از گمانه و از ترسیم گرافیکی تعیین می‌شود و در معادله زیر قرار داده‌می‌شود:

$$T = \frac{2{,}30\ Q}{2\pi\Delta s}$$ معادله پ-۲

که در آن:

T قابلیت انتقال‌پذیری سفره برحسب متر بر ثانیه؛

Q دبی پمپاژبرحسب متر بر ثانیه؛

Δs تغییر در ارتفاع افت آب گمانه در هر چرخه لگاریتمی از زمان‌است برحسب متر.

پ-۲-۳ سفره نا محدود

برای نمونه‌ای از یک سفره نامحدود که زیر سفره افقی قرار دارد، معادله تغییر داده شده Dupuit/Thiem را می-توان مورد استفاده قرار داد:

$$k = \frac{Q}{2\pi(h_2^{\,2} - h_1^{\,2})} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)$$ معادله پ-۳

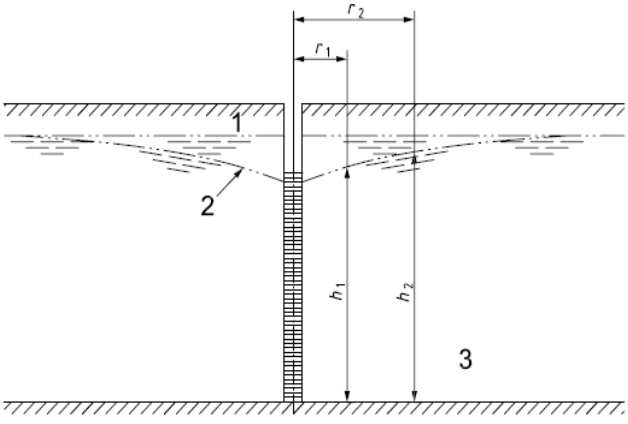
که در آن:

k ضریب نفوذپذیری برحسب متر بر ثانیه؛

Q دبی پمپاژ برحسب متر مکعب بر ثانیه؛

افت هیدرولیکی فشارسنجی که در فاصله r_1 از گمانه پمپاژ برحسب متر؛

افت هیدرولیکی فشارسنجی که در فاصله r_2 از گمانه پمپاژ برحسب متر؛



راهنما

۱ سطح آب ایستا

۲ سطح آب متعادل

۳ سفره ی آب نامحدود

شکل پ۳ - سفره آب نا محدود

راه‌حل گرافیکی که در قسمت پ-۲-۲-۱ ارایه شد را می‌توان برای سفره‌های نامحدود مورد استفاده قرار داد.

درصورتی که معادله Dupiu نتواند توصیفی دقیق از منحنی ارتفاع افت آب در نزدیکی گمانه که شرایط عبور افقی باید نشان دهد، می‌توان در سفره نامحدود به کار برد.

پ-۳ آزمون‌های پمپاژ ثابت - تحلیل حالت گذرا

پ-۳-۱ کلیات

حالت گذرا در شرایطی مانند مراحل اولیه مرحله پمپاژ، یعنی جایی‌که سطح آب زیرزمینی در حال افت است اتفاق می‌افتد. دبی افت با ادامه پمپاژ تغییر می‌کند. از سوی دیگر در زمان مرحله بعد از پمپاژ، حالت گذرا زمانی است‌که سطوح آب زیرزمینی در حال بالا آمدن می‌باشد.

پ-۳-۲ روش Theis

روش Theis را می‌توان در سفره‌های محدود که گمانه و فشارسنج‌ها کاملا به سفره نفوذ کرده‌اند، مورد استفاده قرار داد. به علاوه روش Theis علاوه بر فرضیاتی که برای روش‌های حالت پایدار بیان شده است، فرض بر آن است که آب ذخیره سفره به محض افت سطح آب گمانه رها می‌شود. این موقعیت معمولا در خاک‌هایی که نسبتاً عاری از ذراتی نظیر شن و ماسه هستند اتفاق می‌افتد.
با استفاده از روش تیس، میزان افت سطح آب زیرزمینی از رابطه زیر بدست‌می‌آید:

$$s = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$ معادله پ-۴

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$ معادله پ-۵

که در آن:

S افت سطح آب زیر زمینی برحسب متر؛

Q دبی پمپاژ برحسب متر مکعب بر ثانیه؛

t مدت زمان پمپاژ؛

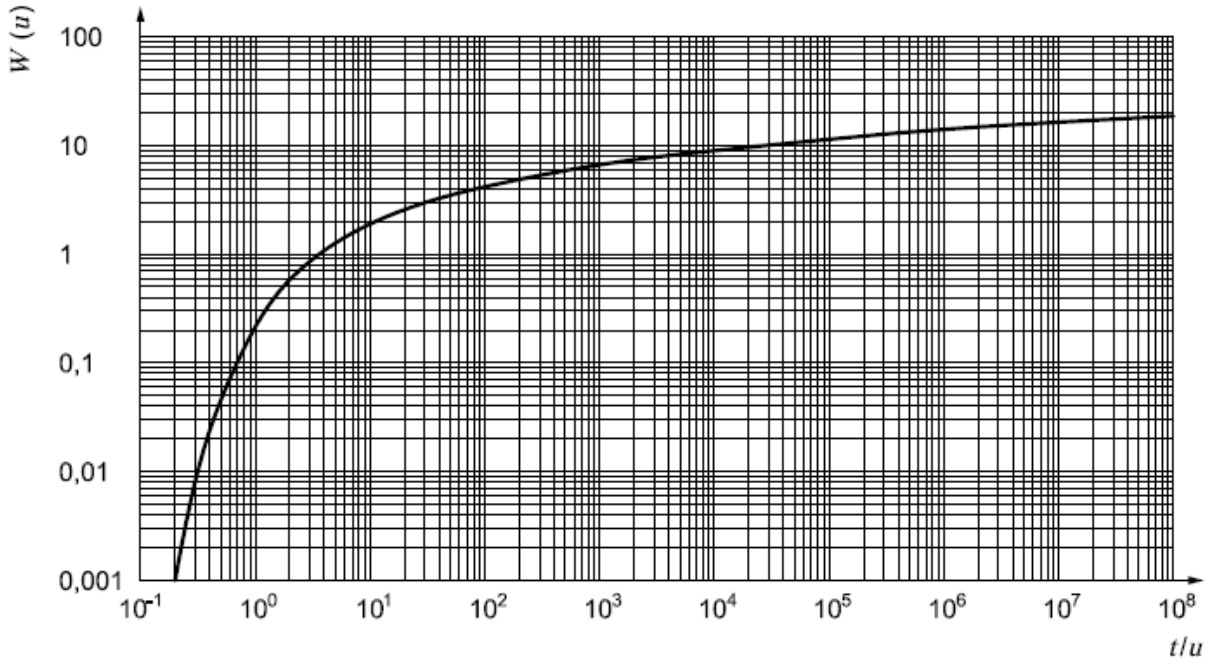
T قابلیت انتقال‌پذیری سفره برحسب مترمربع بر ثانیه؛

$W(u)$ ضرایب گمانه؛

r فاصله شعاعی فشارسنج از گمانه پمپاژ برحسب متر؛

S ضریب ذخیره سفره؛

ضریب نفوذپذیری k (برحسب متر بر ثانیه) را می‌توان از رابطه k=T/d به‌دست آورد که در آن d ضخامت سفره (برحسب متر) است؛
در این روش مقادیر افت سطح آب زیرزمینی در هر فشارسنج برابر r^2/t در یک محور لگاریتمی ترسیم می‌گردد.



شکل پ-۴ منحنی تیس

پ-۳-۳ روش Cooper and Jacob

روش کوپر و جاکوب یک روش خطی مستقیم بوده که از ساده‌سازی روش تیس به دست آمده است. این روش بر اساس همان فرضیات روش تیس استوار است با این تفاوت که در این روش مقادیر u کوچک می‌باشد:

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \leq 0{,}01$$ معادله پ-۶

این شرایط به خصوص در سفره‌های محدود زمانی‌که پمپاژ برای چندین ساعت متوالی ادامه پیدا می‌کند، نتایج بسیار رضایت بخشی ارایه می‌کند. روش کوپر و جاکوب در هر دو حالت تغییر در افت سطح آب زیرزمینی با گذشت زمان از شروع آزمون پمپاژ و یا تغییر در سطح آب زیرزمینی با افزایش فاصله از گمانه قابل کاربرد می‌باشد.
درحالت اول، مقادیر افت سطح آب زیرزمینی در هر فشارسنج در برابر زمان در یک مقیاس نیمه لگاریتمی ترسیم می‌گردد. (شکل پ۵) با استفاده از روابط ارایه شده زیر می‌توان پارامترهای مورد نظر گمانه را تعیین کرد:

$$k = \frac{2,3Q}{4\pi\Delta sD}$$ معادله پ-۷

$$S = \frac{2,25\ kdt_o}{r^2}$$ معادله پ-۸

که در آن:

Q دبی پمپاژ برحسب مترمکعب برثانیه؛

t_0 عبارت است از زمانی‌که مقدار افت سطح آب زیرزمینی برابر صفر می‌باشد(برحسب ثانیه)؛

k ضریب نفوذپذیری سفره(برحسب متر برثانیه)؛

d ضخامت سفره (برحسب متر)؛

r فاصله شعاعی فشارسنج از گمانه پمپاژ برحسب متر؛

S ضریب ذخیره سفره؛

Δs تغییر در سطح آب زیرزمینی در یک سیکل لگاریتمی زمان (برحسب متر).

در حالت دوم، مقادیر افت سطح آب زیرزمینی در هر فشارسنج در برابر فاصله از گمانه پمپاژ در یک مقیاس نیمه لگاریتمی ترسیم می‌گردد.(شکل پ۵) با استفاده از روابط ارایه شده زیر می‌توان پارامترهای مورد نظر گمانه را تعیین‌کرد:

$$S = \frac{2,25\ kdt}{r_o^2}$$ معادله پ-۹

$$k = \frac{2,3\ Q}{2\pi\Delta sd}$$ معادله پ-۱۰

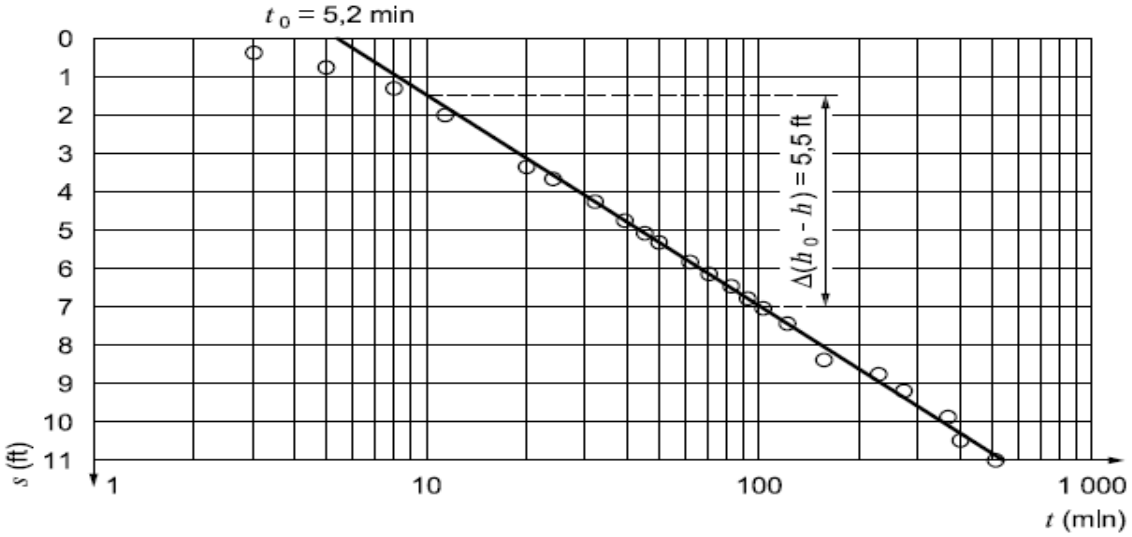
که در آن:

K ضریب نفوذپذیری سفره(برحسب متر بر ثانیه)؛

d ضخامت سفره (برحسب متر)؛

r_0 فاصله افقی از محور گمانه که مقدار افت سطح آب زیرزمینی در آن برابر صفرمی‌باشد(برحسب متر)؛

Δs تغییر در سطح آب زیرزمینی در یک سیکل لگاریتمی زمان(برحسب متر).



شکل پ۵- آنالیز خط مستقیم جاکوب و کوپر

پ-۳-۴ سایر روش‌های آنالیز پیچیده تر

روش‌های تیس و یا کوپر و جاکوب که در قسمت‌های قبل به آنها پرداخته شد بر این فرض استوار است که سفره آب زیرزمینی محدود بوده و گمانه به‌طور کامل در داخل سفره نفوذ کرده است. این روش‌ها را می‌توان در شرایط متفاوت با فرضیات بالا نیز مورد استفاده قرارداد. به عنوان مثال، این روش‌ها نتایج تقریبی از خصوصیات سفره-های نامحدود که میزان افت سطح آب زیرزمینی تنها بخش کوچکی از ضخامت سفره را تشکیل می‌دهد و یا درحالتی‌که میزان نفوذ گمانه در درون سفره آب زیرزمینی نسبت به ضخامت سفره بسیار کمتر است ارایه می‌کند.

پیوست ت

(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] Kruseman, G.P. and De R idd er, N.A. (1990). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Publication 47, 2nd edition. Wageningen, The Netherlands

[4] Theis, C.V. (1935). The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Transactions of the American Geophysical Union, 16, pp. 519-524

[5] Cooper, H.H. and Jacob, C.E. (1946). A generalized graphical method for evaluating formation constantsand summarizing wellfield history. Transactions of the American Geophysical Union, 27, pp. 526-534

[6] Driscoll, F.G. (1986). Groundwater and Wells. Johnson Division, St Paul, Minnesota

[7] Genetier, B. (1992), La pratique des pompages d’essai en hydrogéologie. Manuels et méthodes n° 9, Editions BRGM, Orléans, France