



ما مصمم هستیم تا کلیه آموخته هایمان را در اختیار دانشجویان و دانش پژوهان پرچسته کشور قرار دهیم و معتقدیم که با این

عمل، در سائندگی های آتی که توسط شما توانمندان بوجود خواهد آمد شریک خواهیم بود.

شما نیز با بکارگیری علوم تان، ایران را سرفرازتر کنید

آزمایشگاه مهندسی زهکشی

با تشکر فراوان از استاد ارجمند جناب آقای مهندس امیرزاده که از هیچ کوششی جهت آموزش به

دانشجویان دریغ نکرده اند

انواع تنبوشه ها: تنبوشه های رسی یا لوله های سفالی: این لوله ها دارای اندازه های مختلفی هستند. معمولاً طول آنها بین ۳۰ تا ۵۰ س م میباشند. تنبوشه های رسی معمولاً از خاک رس ساخته شده و معمولاً مقطع آنها بشکل چندضلعی و یا بیضوی و یا دایره ای بوده و قطر آنها ممکن است ۵، ۶، ۸، ۱۰ و یا ۲۰ س م باشد در نوع مقطع دایره ای شکل معمولاً یک طرف لوله حالت جمع شدگی یا تنگتر و طرف دیگر کمی بازتر یا گشادتر در نظر گرفته میشود و یا مقطع بطور ساده یا بوسیله نروماده پهلوی همدیگر چیده و باهم ممزوج میشوند. این لوله ها توسط ماشین یا بادست دنبال هم در کانال حفر شده کارگذاری میشوند و آب از محل اتصال آنها وارد لوله میشود. چون لوله ها در هنگام کار گذاشتن بخوبی آبنبندی نمیشوند، لذا در محل اتصال آنها فضای کافی برای عبور آب وجود خواهد داشت. لوله های سفالی در برابر اسید و سولفاتهای خاک بسیار مقاوم بوده و در خاک از بین نمیرود.

۱- تنبوشه های سیمانی یا لوله های بتنی: در صورتی که تنبوشه های سفالی در دسترس نباشد از این لوله ها که با قطر متوسط یا بزرگ که در حدود ۱۵ الی ۴۰ س م و طول آنها بین ۳۰ تا ۵۰ س م میباشند، استفاده میشوند. بزرگترین نقطه ضعف این تنبوشه ها تاثیر سوز، اسید و سولفات خاک بر روی آن است که منجر به خوردن شدن آن میشود و بدین جهت بایستی از سیمان ضد سولفات در ساختن آنها استفاده نمود. در این لوله ها نیز آب از محل اتصال لوله وارد زهکش میشود. گاهی بدنه لوله دارای سوراخ هایی است که جریان آب را تسهیل میکند ولی پس از چندی نرات خاک این سوراخها را مسدود میسازند.

۲- لوله های پلاستیکی: این لوله ها از جنس P.E (پلی اتیلن) و یا P.V.C (پلی وینیل کلراید) ساخته میشوند که نوع P.V.C بیشتر رایج است. یکی از معایب مهم اینگونه لوله ها شکنندگی آنها در اثر فشار و ترک خوردن در هنگام یخبندان است. بیشتر لوله های پلاستیکی بصورت موجدار ساخته میشوند این امر مقاومت بیشتری به لوله ها میدهد تا فشارهای زیادتری را تحمل نماید ولی وجود لوله های موجدار اصطکاک زیادتری را در مقابل حرکت آب ایجاد مینماید. لوله های موجدار پلاستیکی معمولاً با قطر خارجی (OD) ۴۰، ۵۰، ۶۵، ۸۰، ۱۰۰، ۱۲۵، ۱۶۰ و ۱۲۰۰ م م ساخته میشوند. خطر داخلی (ID) آنها حدوداً ۰٫۹ قطر خارجی میباشد ($ID=0.9*OD$) توصیه میشود برای کولکتورها بجای استفاده از لوله های پلاستیکی قطر از لوله های بتنی استفاده شود. لوله های پلاستیکی بصورت مشبک یا سوراخ دار ساخته میشوند تا آب بتواند از سوراخ های آنها وارد لوله شود. این منافذها، درز و یا شکافهای ساده ای هستند که بعرض ۰٫۶ تا ۲ م م و بطول ۵ م م در داخل شیار (موج) لوله ایجاد شده اند. بطور کلی تعداد و سطح مقطع درزها باید بطوری باشند که مساحت سوراخها در هر متر طول لوله حداقل ۸۰۰ م م مربع باشد. لوله های پلاستیکی بصورت صاف و یا موجدار به بازار عرضه میشوند. نوع موجدار علاوه بر سبکی وزن بصورت چنبره یا کلاف درمی آید و برنوع صاف ارجحیت دارد و به علت وجود برآمدگی یا موجدار بودن قسمت داخلی لوله ها، مقاومت در برابر جریان، قابل توجه بوده و برای انتقال مقدار ثابتی از جریان قطر این لوله ها باید ۲۵٪ بیشتر از قطر لوله های صاف باشد.

۳- لوله های فلزی یا آهنی: در فعالیتهای زهکشی از لوله های فلزی در موارد زیر استفاده میشود:

الف: بصورت آخرین قطعه در یک خط تنبوشه سفالی یا پلاستیکی

ب : در مواردی که سایر انواع تنبوشه قادر به تحمل بار خاک روئی نیست .

ج : هنگام عبور از زیر جاده های مزرعه

د : برای نصب در قسمتهایی از خاک که شن روان وجود داشته و یک لوله بلندویکپارچه پروری است .

معمولاً به دلیل رسوب سیلت و مواد دیگر در داخل لوله ها توصیه میشود قطر آنها بزرگتر انتخاب شوند تا از نظر کشش آب در آینده اشکالی بوجود نیاید .

در مورد گرفتگی لوله های زهکش نتایج حاصله از پژوهشهای مربوطه عبارتست از :

- ذرات خاک میتوانند از بالا و پائین تنبوشه ها همراه آب وارد آن شوند .
- شستشو و انتقال ذرات بیشتر در خاکهای ناپایدار مثلاً شنی صورت میگیرد .
- در مورد شدت ته نشینی ذرات منتقله نمی توان رقم قطعی ارائه داد مثلاً تنبوشه های که در خاکهای رسی کار گذاشته شده است پس از ۳۰ سال فقط چند میلی متر رسوب داشته است در صورتی که همین تنبوشه ها در خاکهای شنی پس از چند ماه ممکن است تا نیمه پر شوند. آنچه مسلم است بخش اعظم انتقال ذرات خاک بلا فاصله پس از تعبیه سیستم زهکشی صورت میگیرد و پس از آن خاک تاحدی پایدار شده و رسوبات کاهش می یابد . برای جلوگیری از گرفتگی لوله ها بهتر است با فیلترهایی انواع تنبوشه ها را ببوشانیم . برای شستشوی درون تنبوشه ها نیز سرعت آب نباید از ۰٫۳۵ متر در ثانیه کمتر باشد و برای رفع گرفتگی لوله ها از آب تحت فشار (فلاشینگ) استفاده میشود .

رسوب ترکیبات آهن : در تنبوشه ها نیز ذرات آهن نکته ضروری است که آهن دوظرفیتی محلول در آب زیر زمینی وارد زهکشها شده و در اثر تماس با هوا به آهن سه ظرفیتی تبدیل میشود که چون غیر محلول است ، رسوب میکند . برای رهایی از آن علاوه بر شستشوی فشار میتوان از ورود هوا به تنبوشه ها جلوگیری کرد تا اکسیداسیون صورت نگیرد و برای این کار مخرج خط زهکشی را در زیر سطح آب در نهر زهکشی قرار میدهم و با استفاده از کرینات کلسیم ، آهن را قبل از ورود به تنبوشه ها ته نشین میسازیم .

گراس و مکنزی مطالعات جالبی در مورد حالیت آهن و منگنز و رسوب آن در تنبوشه ها بعمل آورده و به این نتیجه رسیده اند که با آب محتوی ۲٪ گاز SO₂ میتوان این رسوبات را بحالت محلول در آورده و از تنبوشه خارج نمود . همچنین گولاتی و همکاران حرکت آب و ذرات معلق در آنرا بسوی زهکش مطالعه نموده و نتیجه گرفته اند در خاکی که قطر اغلب ذرات بین ۰٫۱ تا ۰٫۲۵ م م نوسان دارد امکان رسوب ذرات در تنبوشه ها از هر خاکی بیشتر است .

جریان آب در داخل تنبوشه ها : هر فرمول زهکشی که در محاسبات طراحی زهکشی بکار میرود تصویر ساده ای است از آنچه که در دل خاک میگذرد و در این فرمولها چنین تصور میشود که اولاً هر تنبوشه یک لوله زهکشی ایده آل است که آب میتواند از هر نقطه واقع در پیرامون آن وارد شود و ثانیاً هر تنبوشه زهکشی از خاک همگن پوشانیده شده است . در مورد لوله زهکشی میدانیم که این لوله دارای دیواره ای است و آب فقط از شکاف بین نقطه تماس دو تنبوشه وارد آن میشود و در نتیجه مقاومتهای موجود در مقابل جریان آب بیش از آن است که فرض میشود در ثانی خط تنبوشه زهکشی معمولاً در بستری از مواد فیلتر قرار گرفته که ضریب آبگری آن از خاک مزرعه مفروض متفاوت است . عده ای عقیده دارند که ضریب نفوذ پذیری مواد فیلتر آنقدر زیاد است که جبران مقاومتهای ورودی آب را به زهکشها میکند ولی برای اینکه این امر صادق باشد ، ضریب نفوذ پذیری یا آبگری مواد فیلتر بایستی ۷ تا ۴ بار بیشتر از خاک مجاور باشد . در مورد مقاومتهای ورودی جریان به تنبوشه ها نیز ذکر نکات زیر ضروری است .

- اگر این مقاومت خیلی زیاد باشد موجب عدم موفقیت طرح زهکشی خواهد شد .
- نوع تنبوشه اهمیت چندانی در کارکرد سیستم زهکشی ندارد . آنچه مورد اهمیت است مشخصات خاک و فیلتر اطراف تنبوشه ها و بالاخص خاک است .
- اگر نصب زهکشها در شرایط رطوبتی مثلاً در مواقعی که سطح ایستابی در مجاور سطح خاک است و یا بارندگی شدید در ضمن پر کردن گودالهای زهکشی ، صورت گیرد ، امکان عدم موفقیت بیشتر است . خاکهایی که پایداری آنها کم است حساسیت بیشتری در این مورد دارند .
- هر لایه از مواد فیلتر خودمقدیری آب انتقال میدهند و در نتیجه از مقاومتهای تنبوشه ها در مقابل ورود آب می کاهد . بنابراین ضخامت مواد فیلتر نبایستی جزئی و غیر قابل توجه باشد .

در انتخاب نوع لوله زهکش معیار اصلی مقایسه هزینه ها و موجودی بودن آنها در بازار میباشد. در این زمینه باید به نکات زیر توجه نمود:

♦ اگر لوله های زهکش در محل موجود نباشد، ساختن لوله های بتنی بوسیله قالب ریزی ساده ترین روش تهیه لوله است.

♦ اگر تمام انواع لوله ها در اختیار باشد، استفاده از لوله های پلاستیکی موجدار در اولویت قرار دارد. دلیل آن سبکی و طویل بودن قطعات که از محاسن آن بوده و علاوه بر این اگر در کار گذاشتن لوله های پلاستیکی دقت نشود، این امر از کارایی آن نمی کاهد زیرا آب از محل اتصال وارد نمیشود. چنانچه کار گذاشتن لوله ها با ماشین صورت گیرد، لوله های پلاستیکی ارجح میباشد زیرا کار کردن با آنها به وسیله ماشین ساده است.

♦ در مورد قطرهای کمتر از ۱۰ س م، قیمت این سه نوع لوله چندان متفاوت نیست ولی در قطرهای بزرگتر، لوله های بتونی ارزاتر و لوله های پلاستیکی گرانترند.

پوشش دور لوله های زهکش : به موادی که دور لوله های زهکش ریخته میشوند فیلتر گفته میشود و دارای دو وظیفه اساسی میباشد

۱- از نظر هیدرولیکی باعث تسهیل جریان آب به داخل لوله شده و در نتیجه تلفات انرژی کاهش پیدامیکند

۲- از ورود ذرات معلق موجود در آب بداخل لوله جلوگیری بعمل می آورد بعبارت دیگر این مواد بعنوان صافی

یا پالا ینده عمل مینمایند.

عمل نمودن پوشش بعنوان صافی در اوایل احداث زهکش بسیار مهم است ولی پس از نشست و تثبیت خاکهای اطراف و بالای لوله این تاثیر از اهمیت کمتری برخوردار بوده، مگر در مورد خاکهای ناپایدار.

موادی که معمولاً برای پوشش دور لوله استفاده میشوند باید دارای نفوذپذیری زیادی باشند. این امر باعث میشود که اولاً افت انرژی در محل ورود آب به داخل لوله کاهش یابد و در ثانی سرعت آب (سرعت حقیقی از داخل ذرات) کاهش یافته، موجب میشود که ذرات معلق آب رسوب نموده و به داخل راه پیدانمایند. این دو منظور زمانی حاصل میشود که ضخامت پوشش حداقل ۵ تا ۱۰ س م و مقدار ضریب K آن در حدود ۱۰ برابر ضریب هدایت هیدرولیکی خاک باشد. موادی که میتوانند این دو منظور را فراهم سازند عبارتند از:

شن درشت و گراول (سنگریزه) -- مواد آلی (مانند شاخه و برگ و کاه و کلش) -- مواد مصنوعی (از قبیل الیاف و دانه های پلاستیکی). لازم به ذکر است که مواد آلی دوام چندانی ندارند.

عمل نمودن پوشش بعنوان صافی در شرایطی که امکان وارد شدن ذرات خاک به داخل لوله زیاد باشد بسیار حائز اهمیت است زیرا این مواد عامل اصلی مسدود شدن لوله ها میباشد. برای این منظور اندازه منافذ فیلتر باید به دقت تعیین گردد تا با اندازه ذرات خاک اطراف هماهنگی فیزیکی داشته باشد. یک فیلتر کامل از ورود هر ذره به داخل لوله جلوگیری میکند ولی تجربه ثابت نموده است که فیلترهایی خوب هستند که برخی از ذرات راکه اندازه آنها کوچک است از خود عبور دهند. این ذرات در آب بصورت معلق باقی مانده و همراه جریان آب از لوله ها خارج میگرددند.

وجود فیلتر در خاکهایی که به آسانی فرسایش پیدا می کنند الزامی است. تجربه نشان داده است که حساسترین خاکها در این رابطه خاکهای شنی نرم و سیلتی درشت می باشند که دانه بندی یکنواختی داشته و متوسط اندازه تشکیل دهنده آنها بین ۲۰ تا ۱۰ میکرون است. سرعت وارد شدن آب به داخل زهکش معمولاً آنقدر زیاد نیست که بتواند ذرات بزرگتر را نیز وارد زهکش نماید. در ضمن ذرات کوچکتر از ۲ میکرون هم بدلیل چسبندگی که دارند در مقابل جریان آب مقاومت نموده و وارد زهکش نمیشوند.

روش بکاربردن فیلتر : استفاده از موادی که بعنوان فیلتر و پوشش دور لوله های زهکش بکار برده می شوند بستگی به نوع مواد و روش لوله گذاری دارد که بصورت زیر صورت می گیرد:

- بصورت توده ای : این مواد بدون آنکه کوبیده شوند در تراشده و روی لوله ریخته میشوند بطوری که ۷۵٪ پوشش ایجاد شود. در هنگام کار با ماشین می توان پوشش را به ۱۰۰٪ نیز رساند از جمله موادی که بصورت توده ای مصرف میشوند میتوان از گراول و سنگریزه و پیت نام برد.

- لوله های پوشش داده شده : معمولاً بعضی از لوله های پلاستیکی موجدار قبلاً در کارخانه بوسیله پارچه یا مواد آلی و مصنوعی پوشش می شوند که به همان صورت در مزرعه در زیر زمین نصب می شوند.

• بصورت نوار : در این روش در زیریا روی لوله نواری از مواد آلی یا مصنوعی قرارداده میشود . امروزه این روش منسوخ شده و از همان لوله های از پیش پوشش داده شده استفاده میشود . باید توجه داشت که بیشتر آبی که داخل زهکش میشود ، از قسمت تحتانی زهکش میباشد . لذا ریختن فیلتر مناسب در زیر لوله اهمیت زیادی دارد چون خاک روی لوله نیز به اندازه کافی فشرده نمیشود امکان وارد شدن سیلت از قسمتهای بالا وجود دارد لذا توصیه میشود که فیلتر بطور کامل دور تادور لوله را ببوشاند .

بار وارد بر تنبوشه : بار وارد بر خط زهکشی عبارت از مجموع بار ناشی از وزن خاک روی خط زهکش و بار سطحی است . چون پس از پوشاندن چاله زهکشی ، انواع ماشین آلات در حرکت خواهند بود ، لذا بار سطحی در اغلب موارد فقط شامل وزن و ضربات وارده از حرکت ماشین آلات خواهد بود . برای محاسبه بار وارده از دو نوع معادله میتوان استفاده نمود . در نوع اول ، عرض کف چاله زهکش ۲ تا ۳ برابر قطر تنبوشه یا لوله بوده و در نوع دوم ، عرض کف چاله زهکش فقط کمی بزرگتر از قطر تنبوشه است . چون در مسائل زهکشی ، اغلب از چاله نوع دوم استفاده میشود ، لذا از معادله مارستون ($W=cwB^2$) استفاده میشود که W بار قائم وارد بر متر طول بر حسب کیلوگرم ، w وزن هر متر مکعب خاک بر حسب کیلوگرم ، B عرض گودال بر حسب متر و c ضریبی است که با توجه به عوامل مختلفی در نظر گرفته میشوند . چون تنبوشه هایی زهکشی معمولا در عمق ۱٫۵ متری و بیشتر کارگزارده میشوند ، لذا فشار حاصله از رفت و آمد ماشین آلات در این فاصله مستهلک می گردد و آنچه باقی می ماند وزن خاک روی تنبوشه است که آن هم اغلب وارد قابل تحمل است .

نظارت و کنترل کارکرد زهکشها : پس از تعبیه سیستم زهکش ممکن است شرایطی پیش آید که حاکی از عدم موفقیت خطوط زهکشی باشد به بیان دیگر وجود آب راکد در سطح خاک و یا رطوبت بیش از حد مطلوب در خاک نشانه این است که زهکشها مطابق با آنچه پیش بینی شده بود کار نمی کنند . برای رفع این نقیصه بایستی مسیر جریان را از سطح خاک تا زهکشها مورد مطالعه قرار دهیم . بطور کلی مسیر جریان را به چهار مرحله می توان تقسیم نمود .

مرحله اول - نفوذ عمودی آب در خاک تا سطح ایستابی .

مرحله دوم - حرکت آب زیر زمینی تا دیواره های گودالی که برای کار گذاشتن تنبوشه زهکشی حفر شده است .

مرحله سوم - حرکت آب از دیواره های گودال تادرون تنبوشه زهکش .

مرحله چهارم - حرکت آب در داخل تنبوشه زهکش تا تخلیه به نهر زهکش .

در هر یک از این مراحل مقاومت هایی برای جریان آب وجود دارند که با افت پتانسیل همراه است . حال میتوان با اندازه گیری پتانسیل در مرز بین دو مرحله مختلف ، افت پتانسیل را برای مرحله معینی تعیین کرد . چون مقدار جریان از زهکشها نیز قابل اندازه گیری است لذا میتوان مرحله ای که در آن افت پتانسیل بیش از حد است تعیین نمود .

ازمایش تخلخل موثر یا آبدی ویژه : تخلخل موثر یا آبدی ویژه نقش عمده ای در محاسبات روابط آب و خاک بطور عم و در مسایل زهکشی بطور اخص ایفاء می کند . آبدی ویژه عبارت است از نسبت مقدار آبی که یک خاک اشباع

در اثر نیروی ثقل از دست می دهد به حجم کل خاک و این مقدار بر حسب درصد بیان میشود $V = \frac{V_w}{V_t} * 100$

با بیان ساده تر اختلاف بین رطوبت اشباع و رطوبتی که در خاک میماند مساوی آبدی ویژه است .

برای مثال : اگر استوانه ای از خاک خشک در نظر گرفته و آن را از آب اشباع سازیم ، کلیه حجم خلل و فرج از آب پر شده و در نتیجه تخلخل موثر مساوی تخلخل کل خاک میگردد . اگر انتهای استوانه را باز نماییم مقداری رطوبت در اثر نیروی ثقل خارج گشته و مقداری آب نیز در خاک باقی می ماند . آبی که از استوانه خارج شده است مبین آبدی ویژه است مشروط بر اینکه سطح مقطع خاک در نظر گرفته شود .

بافت خاک یکی از عواملی است که سبکی و سنگینی ، یا میزان تخلخل خاک را تعیین میکند . هر چه بافت خاک درشت تر باشد آب کمتری را در خود نگه میدارد و در نتیجه آبدی ویژه و ضریب هدایت هیدرولیکی آن نیز بیشتر میشود . بطور کلی برای بافتهای مختلف ارقام زیر پیشنهاد میشود :

جدول تغییرات آبدهی ویژه با بافت خاک

بافت خاک	درصد آبدهی ویژه		
	حداکثر	حداقل	میانگین
رسی	۵	۰	۲
لیمون	۱۹	۳	۸
شنی رسی	۱۲	۳	۷
شن نرم	۲۸	۱۰	۲۱
شن درشت	۳۵	۲۰	۲۷
سنگریزه	۳۵	۲۱	۲۵

از طرفی بافت و ساختمان خاک تواما نفوذپذیری خاک را کنترل میکند و بنابراین بایستی انتظار داشت که ضریب آبگذری شاخص و نماینده ای برای آبدهی ویژه باشد زیرا خروج آب اضافی از خاک بستگی به ضریب آبگذری دارد.

در امور کشاورزی هنگامی که جریان آب در اثر نیروی ثقل خاتمه یابد، رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه خواهد بود، پس تخلخل موثر یا آبدهی ویژه عبارت از تفاضل رطوبت اشباع خاک و رطوبت در حد ظرفیت مزرعه خواهد بود. برای اندازه گیری تخلخل کل خاک از فرمول زیر استفاده میشود:

چگالی ظاهری خاک × رطوبت وزنی = رطوبت حجمی

رطوبت حجمی F.C - رطوبت حجمی خاک اشباع = μ = تخلخل موثر

$$A_s = \frac{M_s}{V_t}$$

که بین ۱,۱ تا ۱,۸ گرم بر سانتی متر مکعب است.

تخلخل موثر با ضریب آبگذری رابطه دارد و معمولاً با داشتن K می توان μ را بدست آورد $\mu = \sqrt{K}$ و با استفاده از منحنی و گراف ، با داشتن مقدار K میتوان به تخلخل موثر پی برد.

روشهای اندازه گیری تخلخل موثر: به دو روش این اندازه گیری صورت میگیرد

الف)) روش مستقیم با مزرعه ای یا صحرایی شامل

۱- استفاده از مزرعه نمونه یا مزرعه زهکش دار

۲- روش کرتی

ب)) روش آزمایشگاهی که با استفاده از دستگاه سلول فشار و یا صفحات فشاری

روش صحرایی از دقت بیشتری برخوردار است . در روش آزمایشگاهی چون مقدار مشخصی برای F.C تعریف نمی شود دارای خطا خواهد بود.

در روش آزمایشگاهی نمونه خاک را اشباع نموده سپس در دستگاه سلول فشاری قرار میدهند و تحت فشار $\frac{1}{10}$ تا $\frac{1}{3}$ اتمسفر قرار میدهند . در اثر فشار هوا ، آب موجود در نمونه خاک خارج شده و بعد از ۲۴ ساعت درصد رطوبت را اندازه گرفته و رطوبت باقی مانده در حد F.C خواهد بود . در صورتیکه در روش صحرایی چون سطح وسیع تری مورد آزمایش قرار میگیرد از دقت بیشتری برخوردار است .

مسایل مورد نیاز : ورقه نایلونی به ابعاد ۲×۲ متر، بیل، مته نمونه برداری، ظرف نمونه برداری، ترازو، اتوکلاو، سطل، بیلچه و آب

روش کار: محلی را که معرف مزرعه میباشد را انتخاب نموده و مطمئن هستیم که عمق آب تحت الارضی زیاد بالا نیست (عمق بیشتر از ۲ متر) مساحتی معادل ۱×۱ متر انتخاب نموده و در اطراف آن پشته ای به ارتفاع ۱۵-۲۰ س م ساخته و تمامی علفهای هرز داخل کرت را خارج نموده تا تعرق انجام نگیرد. سپس جهت جلوگیری از شسته شدن کف کرت قسمتی از مشمع را روی کرت پهن نموده و با سطل به ارتفاع ۲۰ تا ۱۵ س م آب در کرت میریزیم تا خاک به حد اشباع برسد سپس مشمع را بر روی کرت پهن نموده بنحوی که تمامی سطح کرت را بپوشاند و با استفاده از بیل خاک اطراف را در کنار مشمع ریخته تا از تبخیر جلوگیری شود و از وزن باد نیز در امان باشد . بعد از گذشت ۸ تا ۱۰ ساعت از کف کرت نمونه

در حالت اشباع را برداشته و درصد رطوبت آن را معین میکنیم و نمونه گیری از کرت هر ۱۲ تا ۲۴ ساعت روزانه انجام می گیرید تا در صد روز متوالی به مقدار معینی برسید آن حالت رطوبت باقی مانده در زمین در حد F.C خواهد بود و محاسبات لازم را انجام و منحنی رطوبتی خاک را ترسیم می نماییم.

اندازه گیری وزن مخصوص ظاهری خاک: وسایل مورد نیاز: استوانه فلزی با حجم معین، بوشن (لوله کمکی)، چکش، کاردک، طرف نمونه برداری، ترازو و اتوکلاو

شرح آزمایش: به منطقه مورد نظر رفته یک سطح صافی که عاری از پوشش گیاهی و یا خار و حاشاک باشد را انتخاب نموده با استفاده از استوانه فلزی با حجم معین (ارتفاع ۴.۲ و قطر ۵.۵ س م) که دارای لبه تیز میباشد (جهت جلوگیری از خراب شدن ساختمان خاک و سهولت در نمونه برداری) / لبه استوانه فلزی را روی خاک که رطوبت در حد ظرفیت مزرعه F.C بوده قرارداده و استوانه را با فشار دست به داخل زمین فرو نموده بطوریکه کاملاً در خاک قرار گیرد و برای انجام کار، بهتر است از یک لوله فلزی یا یک عدد رینگ با استفاده از چکش استوانه را بهتر در خاک فرو برده بنحویکه لبه بالایی استوانه فلزی بیش از یک س م در خاک کاملاً فرو رود. سپس با استفاده از بیلچه استوانه را از زمین خارج و بوسیله کاردک خاکهای اطراف و دوسر استوانه را تمیز نموده بطوریکه خاک باقیمانده به اندازه حجم داخلی استوانه باشد. نمونه خاک فوق را در ظرف نمونه برداری ریخته و بوسیله ترازو توزین و با استفاده از اتوکلاو آنرا خشک نموده و مجدداً توزین نموده و محاسبات لازم را انجام میدهم برای انجام این آزمایش رطوبت خاک باید در حد F.C باشد تا ساختمان خاک دیسپرس و خراب نشود و این امر سهولت نمونه برداری را بهمراه دارد. محاسبات با استفاده از رابطه زیر صورت میگیرد

یک توده خاک از سه جزء تشکیل شده است: ۱/ ذرات جامد ۲/ آب (رطوبت) ۳/ هوا

یا $V_t = r^2 \pi * h$ که V_t حجم کل (حجم استوانه) میباشد. وزن مخصوص ظاهری خاک نیز از رابطه

$$A_s = \frac{M_s}{V_t}$$
 بدست می آید.

خاک ایده آل: خاکی است که دارای ۵۰٪ مواد جامد و ۲۵٪ هوا و ۲۵٪ رطوبت یا آب باشد.

در فرمولها M_a جرم هوای خاک، M_w جرم آب خاک، M_s جرم قسمت جامد M_t جرم کل اجزاء است معمولاً به جای جرم خاک وزن خاک را بکار میبریم که حاصل ضرب جرم و شتاب است.

حجم کل خاک نیز از رابطه $V_t = V_a + V_w + V_s$ بدست می آید و حجم خلل و فرج خاک از رابطه $V_f = V_a + V_w$ بدست می آید.

تخلخل خاک: تخلخل یعنی فضای خالی بین ذرات جامد خاک که به وسیله هوا، گازها و آب اشغال میشوند. میزان تخلخل عمدتاً نتیجه ساختار خاک است. ساختار خاک نیز تحت تاثیر عواملی چون بافت، ثبات ساختار، عملیات زراعی و عوامل و شرایط محیطی است. پس تخلخل خاکها به طور مستقیم از ساختار خاک و به طور غیر مستقیم از تمام این عوامل ناشی می شود. میزان کل تخلخل و نسبت ریزی و درشتی فضای خالی بین ذرات خاک، در آبیاری مزرعه و رشد گیاه بسیار موثر است. آب در هنگام آبیاری بخش بیشتر خلل فرج خاک را اشغال می کند. در خلل فرج ریز تر اثر نیروی موئینه ای یا نیروی لوله های موئین آب نکه داشته میشود و به مصرف ریشه گیاهان میرسد. در حالی که در خلل و فرج درشت تر آب تحت تاثیر نیروی گرانش به اعماق زمین میرود و هوای آن را میگیرد. ریشه گیاه برای رشد مناسب به آب و هوای نیاز دارد پس تخلخل کل خاک و نحوه تقسیم خلل و فرج بین ذرات ریز و درشت در تغذیه و تنفس گیاه بسیار با اهمیت است. تخلخل خاکهای زراعی بین ۳۵ تا ۵۵٪ متغیر است. تخلخل کمتر و بیشتر از این دود بدترت در خاکهای زراعی مشاهده میشود (تخلخل کمتر از ۳۵٪ مشکلات زیادی به ویژه از لحاظ تهویه، نفوذ پذیری، ظرفیت نگهداری خاک و ریشه دوانی ایجاد میکند. تخلخل بیش از ۶۰٪ به ندرت در خاکهای زراعی (خاکهای هوموسی و تورب) مشاهده می شود). تخلخل مطلوب تخلخلی است که حدود ۵۰٪ باشد و به نسبت مساوی بین خلل و فرج ریز و درشت تقسیم میشوند.

اندازه گیری خلل و فرج کل: تخلخل کل خاک از رابطه $P_t = \frac{R_s - A_s}{R_s} * 100$ بدست می آید که در آن P درصد خلل و فرج است و نسبت حجم فضای خالی بین ذرات به حجم کل توده خاک (دست نخورده و درحالت طبیعی) را تشکیل میدهد . R_s وزن مخصوص حقیقی خاک و برحسب $\frac{g}{cm^3}$ است. وزن مخصوص حقیقی عبارت است از وزن خاک خشک شده دردمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به حجم ذرات تشکیل دهنده توده خاک .

A_s وزن مخصوص ظاهری خاک برحسب $\frac{g}{cm^3}$ است. وزن مخصوص ظاهری عبارت است از وزن توده خاک خشک شده دردمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد به حجم کل توده خاک دست نخورده و دررطوبت گاوری. وزن مخصوص حقیقی و ظاهری از طریق اندازه گیری مستقیم بدست می آیدکه دقیق تر است. درموردی که این اندازه گیری امکان پذیرنباشد وقت زیادی نیزموردنظر نباشد، میتوان ازجدولهایی استفاده نمودکه درآنهاوزن مخصوص ظاهری باتوجه به بافت خاک به طورتقریب داده شده است .

وزن مخصوص ظاهری خاکها برحسب بافت خاک ۱٫۱ تا ۱٫۸ متغیراست. وزن مخصوص ظاهری خاکهای رسی (خاکهای سنگین) کمتر از وزن مخصوص خاکهای شنی (خاکهای سبک) است .

اگر در خاک مواد آلی وجود نداشته باشد، وزن مخصوص حقیقی حدود ۲٫۶ است. در صورتی که خاک دارای مواد آلی باشد، وزن مخصوص حقیقی از این رابطه بدست می آید: $R_s = \frac{2.6 - 1.5 * \%X}{100}$ که %X درصد مواد آلی میباشد . اگر در خاک دارای بافت و ساختار و شرایط متوسط، وزن مخصوص حقیقی ۲٫۶ و وزن مخصوص ظاهری ۱٫۴ فرض شود،

$$P_t = \frac{2.6 - 1.4}{2.6} * 100 = 46\%$$

یعنی اگر حجم کل خاک دست نخورده، به همان حالت که در طبیعت و مزرعه وجود دارد ۱۰۰ فرض شود، ۴۶ قسمت آن فضای خالی (مجموع خلل و فرج ریزودرشت) تشکیل میدهد . برای روشن تر شدن موضوع ، خاک گلدانی در نظر گرفته میشود که رطوبت آن به حد اشباع کامل برسد (یعنی آنقدر آب به گلدان افزوده شود که آب در سطح گلدان ظاهر شود). در این حالت اگر حجم کل خاک گلدان ۱۰۰ فرض شود ، حجم آبی که مصرف شده است (حجم آبی که فضای خالی بین ذرات را پر کرده است) ۴۶ خواهد بود.

جدول وزن مخصوص ظاهری و تخلخل خاکها و رابطه آنها با بافت خاک

وزن مخصوص ظاهری (تقریب)	تخلخل کل (تقریب)	بافت خاک	کیفیت بافت خاک
۱٫۶۵	۳۸	شنی	بافت بسیار سبک
۱٫۵	۴۳	شنی لومی رسی	بافت سبک
۱٫۴	۴۷	لیمونی شنی رسی	بافت متوسط
۱٫۳۵	۴۹	رسی لیمونی شنی	بافت متوسط سنگین
۱٫۳	۵۱	رسی لیمونی	بافت سنگین
۱٫۲۵	۵۳	رسی	بافت بسیار سنگین

تخلخل هر خاک معرف حجم خلل و فرج در خاک بوده و مقدار آن بین ۰٫۳ تا ۰٫۶ نوسان میکند . در خاکهای درشت بافت ، تخلخل کمتر از خاکهایی با بافت ریزاست و اندازه خلل و فرج در خاک اولی بیشتر است. در خاکهای رسی ، مقدار تخلخل همواره در حال تغییر است زیرا خاک مرتباً و به تناوب آماس و انقباض حاصل کرده ، خاکدانه تشکیل شده، انتشار یافته، متراکم گشته و ایجاد درز و ترک مینماید . تخلخل خاک نکته ای درباره توزیع و ابعاد خلل و فرج خاک آشکار نمی سازد. خلل و فرج خاک، در جذب آب و هوای انتقال آنها، گسترش ریشه ها ، هدایت حرارتی و قدرت ساختمانی خاک اهمیت فراوانی دارد و اندازه گیری آن بطور مختلفی امکان پذیر است . مقدار تخلخل از رابطه زیر محاسبه میشود :

مواد جامد خاک است. $F = \frac{V_f}{V_t} = \frac{V_a + V_w}{V_s + V_a + V_w}$ که V_t حجم کل خاک ، V_f حجم خلل و فرج ، V_a حجم هوا ، V_w حجم آب و V_s حجم

یکی دیگر از روابط محاسبه تخلخل خاک چنین است : $n = (1 - \frac{A_s}{R_s}) * 100$

حفر چاهک مشاهده ای : وسایل مورد نیاز:

آگر یا مته خاک : از انواع آگر جهت حفر چاهک میتوان استفاده نمود، لیکن بهتر است باتوجه به شرایط خاص خاک از انواعی استفاده شود که حداقل تراکم و پراکندگی را در دیواره چاهک ایجاد نماید.

عمق چاهک بستگی به شرایط خاک دارد . ابتدا چاهکی به عمق ۲ متر تا بالای سطح ایستابی حفر نموده و لایه های مختلف خاک را با توجه به ضخامت لایه ها مشخص و یادداشت مینماییم.

ضمناً دقت بسیاری مینماید اعمال نموده که چاهک دارای قطریکخواخت و بطور مستقیم حفر شود . در بسیاری از حالات خاک یکخواخت نبوده و شامل دو لایه یا بیشتر می باشد که نهایتاً ضریب آگذری آنان با یکدیگر متفاوت میباشد که در اینصورت لازم میباشد چاهک و یا چاهکهای در اعماق مختلف حفر نمائیم و قطر چاهک بین ۸ الی ۱۰ س م انتخاب نموده تا بر اساس آن بتوان آزمایشات مورد نظر را انجام داد .

تعیین بافت خاک در مزرعه : در مزرعه ترکیب مکانیکی خاک با روش لمسی تخمین زده میشود به این صورت که خاک مرطوب را بین انگشتان لمس میکنند و بافت خاک را مشخص میکنند. این روش معیار مشخصی است که بالمس کردن انجام پذیر است و احتیاج به تجربه و مهارت دارد و با تکرارها ، نتایج را با نتیجه آزمایشگاهی مطابقت نموده و خیلی دقیقتر بدست خواهد آمد. لمس خاک خشک و مرطوب فرق میکند. یعنی در حالت خشک ذرات رس دور هم جمع شده و ایجاد ذرات سخت میکند که شبیه Silt Sand است .

اگر درصد ذرات ماسه بیشتر باشد آن خاک راماسه ای گویند و اگر درصد ذرات رس بیشتر باشد آن راری می نامند . سیلت از رس و ماسه تشکیل میشود. لوم نیز خاکی است با بافت متوسط که به مقدار تقریباً مساوی ذرات رس ، سیلت و ماسه دارد. دانه های ماسه را با انگشت می توان تمیز داد و با چشم غیر مسلح به آسانی قابل رویت بوده، اما دانه های رس را که مانند آردند بسختی می توان با چشم غیر مسلح دید. تک تک ذرات رس که بیشتر آنها کلوئیدی غیر آلی بوده متراکم و شکننده بوده و باعث سله بستن خاک می شود .

در آزمایشگاه بافت و میزان کاتیونها و آنیونها با دقت اندازه گیری میشوند .

اندازه قطر ذرات بر حسب میلی متر :

شن - سنگ ریزه Gravel ۱ تا ۲

ماسه Sand ۰,۰۵

لای (سیلت) Silt ۰,۰۰۲ تا ۰,۰۵

رس Clay کمتر از ۰,۰۰۲

بافت خاک : اندازه ذرات تشکیل دهنده خاک بافت آنرا تعیین می کند .

چاهک وارانه یا چاهک معکوس : آزمایش چاهک وارانه در بالای سطح ایستابی انجام میشود و در منابع فرانسوی بنام پورشه و کسلر معروف است در مناطقی که سطح آب زیرزمینی پایین است این شیوه بکار می رود برای تعیین ضریب آگذری اشباع K_s شامل حفر چاهک در یک عمق معین و پر کردن آن به وسیله آب تا عمق مورد نظر و اندازه گیری میزان نفوذ آب می باشد. این روش در مقایسه باروشهای دیگر از سادگی خاصی برخوردار است ولی تجربیات نشان میدهد که این روش از دقت بالایی برخوردار نمی باشد اما بعلا سادگی و همچنین زمان کوتاه جهت انجام آزمایش ، استفاده از آن بسیار معمول است . چنانچه دقت مطلوبی در آزمایشات مورد نظر باشد استفاده از روش فوق توصیه نمی شود و لاقلاً به همراه روشهای دیگر در شرایط مشابه توصیه می شود .

وسایل مورد نیاز : آگر، شناور، متر، سه پایه (سطح میناء) ، لوله مشبک و اسکراچر می باشد.

شرح آزمایش : ابتدا در نقطه مورد نظر برای آزمایش چاهکی به قطر ۱۰ الی ۱۵ س م و به عمق ۲ متر حفری نماییم و در صورت تراکم دیواره چاهک با خراش دهنده آن را رفع میکنیم. چنانچه دیواره چاهک دارای بافتی سست و پایدار نبوده و احتمال ریزش داشته باشد، در این صورت لوله مشبک در آن نصب می نماییم. سپس با ریختن آب به داخل چاهک آنرا بحداشباع میرسانیم. پس از اشباع، چاهک آماده آزمایش می باشد. ابتدایه عمق یک متر آن را از آب پر نموده و سپس با استفاده از یک شناور و میله مدرج (متر تاشو) وشه پایه مخصوص (سطح مبناء) یا وسیله مناسب دیگر افت سطح آب را در چاهک در مقابل زمان اندازه گیری می نماییم.

محاسبات : پس از برداشت آمار از رابطه ذیل جهت محاسبه ضریب آبگذری یا هدایت هیدرولیکی خاک استفاده می نماییم

$$K = 1.15r \frac{\log \left[ht_i + \frac{r}{2} \right] - \log \left[ht_r + \frac{r}{2} \right]}{t_x - t_i} = 1.15r \operatorname{tag} \alpha$$

در رابطه فوق K ضریب آبگذری، بر حسب س م / ث

ht_i عمق سطح اولیه آب تا کف چاهک بر حسب س م

ht_x عمق سطح آب در زمان t_x تا کف چاهک بر حسب س م

r شعاع چاهک بر حسب س م

tag α شیب خط تغییرات عمق آب بر حسب زمان.

چنانچه مقدار $\left[ht_i + \frac{r}{2} \right]$ در مقابل زمان روی کاغذ لگاریتمی رسم گردد خط مستقیمی که شیب آب برابر tag α می

باشد، بدست می آید. زمانیکه آزمایش ضریب آبگذری در بالای سطح ایستابی اندازه گیری میشود توجه به این نکته ضروری میباشد که رقم بدست آمده ممکن است با ضریب آبگذری بعد از بالا آمدن سطح ایستابی متفاوت باشد و این ممکن است به دلیل خاصیت تورم پذیری رسها باشد. تغییر در ساختمان اگر زیاد باشد، می بایست در محاسبه ضریب آبگذری در نظر گرفته شود.

روش پمپاژ به چاهک کم عمق : یکی از روشهای بسیار دقیق اندازه گیری ضریب آبگذری در بالای سطح ایستابی، روش پمپاژ به داخل چاهک کم عمق می باشد. اصولاً آزمایش شامل اندازه گیری حجم آبی است که بصورت افقی از یک چاهک جریان می یابد بطوریکه ارتفاع آب در چاهک ثابت می ماند. اندازه گیری با استفاده از این روش بسیار قابل اعتماد بوده و جهت مطالعه زهکشی مورد نیازی باشد، اما به ادورت و همچنین صرف وقت بسیار زیادی نیازمند است. چنانچه در مطالعات اندازه گیری ضریب آبگذری با دقت بالا مدنظر باشد، استفاده از روش فوق حتی به تعداد محدود توصیه میشود.

وسایل مورد نیاز : آگر، لوله مشبک، اسکرچر، ساعت و آیینه یا چراق قوه و ادوات خاص مورد نیاز به قرار ذیل :

۱- مخزن آب به ظرفیت ۲۰۰ لیتر که مردج شده باشد. محلی در زیر این مخزن جهت اتصال آن به کخزن دیگر

در صورت نیاز میبایست در نظر گرفته شود.

۲- صفحه چوبی که به عنوان پایه از آن استفاده میشود.

۳- لوله به قطر ۲٫۵ و طول ۱۲۰ س م که در کنار مخزن جهت محکم نمودن آن نصب میگردد.

۴- دریچه و شناور جهت تنظیم آب در داخل چاهک.

۵- میله جهت تنظیم و نگهداری دریچه شناور که در داخل چاهک نصب میگردد.

۶- دماسنج

جهت تنظیم سطح آب از دریچه شناور استفاده می گردد. برای انجام این منظور استفاده از شناورهای داخل کار بر اتور توصیه شده است. این شناور جهت تنظیم سطح آب در داخل چاهک بخوبی عمل میکند. چنانچه از انواع کوچک این شناورها استفاده گردد حجم چندانی را اشغال نمی نماید.

شرح آزمایش : ابتدا چاهکی بوسیله یک آگر معمولی حفر نموده، پس از حفر چاهک استفاده از اسکرچر تراکم احتمال دیواره های چاهک رفع نموده و در صورت لزوم لوله مشبکی در آن نصب می نماییم.

دریچه شناور راجهت کنترل آب در محل مورد نظردرون چاهک قرارداد سبب بوسیله یک لوله پلاستیکی آن رابه مخزن مدرج آب که در کنار چاهک در روی صفحه چوبی قرار گرفته ، وصل می نماییم . البته بعد از مخزن نیز یک شیر جهت قطع و وصل کردن جریان بهتراست که نصب گردد .

قطر لوله پلاستیکی رامی توان $\frac{3}{8}$ الی $\frac{1}{2}$ اینچ انتخاب نمود تا بر احوالی جریان کافی رابه داخل چاهک هدایت نماید . پس از انجام مراحل نصب شیر را باز نموده تا آب بداخل چاهک جریان یابد . البته با استفاده از یک تکه کرباس یا گونی یا شن ، کف چاهک را پوشش می نماییم . جریان آب در داخل چاهک باعث بالا آمدن سطح آب تا محل برخورد با شناور می شود . پس از برخورد با شناور ، جریان آب قطع می گردد . در اثر نفوذ ، سطح آب در داخل چاهک افت می نماید و شناور باعث باز شدن دریچه خواهد شد تا سطح آب دوباره به ارتفاع ثابت برسد . پس از انجام مراحل فوق ، مقادرات سطح آب را در داخل مخزن اندازه گیری می نماییم و در صورت نیاز مخزن را دوباره پر نموده ، آماده مرحله بعدی می سازیم . مدت زمان بین هر دو قرائت بستگی به جنس خاک مورد آزمایش دارد . معمولاً بین ۱۵ دقیقه الی ۲ ساعت توصیه میگردد . لازم است در زمان هر قرائت درجه حرارت نیز جهت تصحیح ، اندازه گیری گردد . چنانچه آب مورد استفاده دارای مواد معلق باشد ، در سر راه لوله یک فیلتر جهت گرفتن این مواد میبایست نصب گردد . مقدار مکزیم و می نیمم آب مورد نیاز جهت انجام این آزمایش از روی نمودگرمی که در منابع علمی موجود است ، با توجه به بافت خاک ، قطر چاهک و ارتفاع آب در درون آن ، قابل تخمین میباشد . استفاده از این نمودگرم بخصوص در حالتی که بافت خاک شنی باشد ، بدلیل آنکه میتوانیم زمان قرائت را قبل از آنکه تمام آب مخزن تخلیه گردد تخمین بزنیم ، مفید خواهد بود . قرائتها در فواصل زمانی کافی انجام میگردد و تا هنگامی که مقدار آبگذری ثابت گردد ، ادامه می یابد . در صورتیکه میزان حجم آب تخلیه شده از میزان مکزیم حدس زده شده از نمودگرم بیشتر بود ، در این صورت باید دقت نمود تا خطای احتمالی ، آزمایش را تحت تاثیر قرار ندهد .

جهت محاسبه مقدار K ، دو حالت در نظر گرفته میشود

$$K = \frac{1440 \left[\text{Log} e \left[\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1} \right] - 1 \right] Q}{2\pi h^2} \quad \text{حالت اول } TU \geq 3H$$

$$K = \left[\frac{3 \text{Log} e \frac{h}{r}}{\pi h(h + 2TU)} \right] Q \quad \text{حالت دوم } 3H > TU \geq H$$

در رابطه فوق : K ضریب آبگذری بر حسب متر در روز h عمق ثابت آب تا کف چاهک بر حسب متر

TU عمق ثابت لایه نفوذناپذیر یا سطح آب تا سطح ثابت بر حسب متر r شعاع چاهک بر حسب متر است .

محدودیتهای روش پمپاژ : اندازه گیری ضریب آبگذری با استفاده از این روش ، هر چند دارای دقت بسیار بالایی می باشد اما دارای دو محدودیت عمده نیز هست .

✓ جهت انجام این آزمایش زمان بسیار زیادی لازم میباشد . در روشهایی که تاکنون بحث آنها به میان آمد ، جهت انجام آزمایش وقت چندان زیادی لازم نیست ، اما انجام این آزمایش ممکن است تا ۳ روز و یا بیشتر نیز طول بکشد .

✓ ادوات بسیار زیادی جهت انجام این روش لازم می باشد ، از طرف دیگر آب بسیار زیادی نیز مصرف میگردد (بخصوص در حالتی که ضریب آبگذری خاک بالا باشد) ، که با توجه به مسئله حمل و نقل و تعدد آزمایشات در یک منطقه ، این موضوع می تواند بعنوان یک عامل محدود کننده مطرح گردد .

با توجه به دقت بالای آزمایش ، استفاده از این روش حتی بصورت محدود و در کنار روشهای دیگر اندازه گیری ضریب آبگذری در بالای سطح ایستابی ، جهت ارزیابی دقت آزمایشات توصیه شده است .

در صورتیکه سدیم خاک بالا باشد ، آب مورد استفاده باید حاوی ۱۵۰۰ الی ۲۰۰۰ PPM نمکهای محلول و ترجیحاً کلسیم باشد .

تأثیرات درجه حرارت : ضریب آبگذری خاک بستگی به خصوصیات خاک و مایع دارد . درجه حرارت آب بروزن مخصوص ولزجت آب تاثیر می گذارد . در عمل این تغییرات در محاسبه ضریب آبگذری K در درجه حرارت X سانتیگراد

را میتوان با اندازه گیری K در درجه حرارت Y سانتیگراد و رابطه ذیل محاسبه نمود :

$$KX^\circ = KY^\circ \frac{\eta Y^\circ}{\eta 20^\circ}$$

معمولاً در محاسبات ضریب آبگذری ، اثر درجه حرارت در نظر گرفته نمی شود و لزجت برابر فرض شده است ، در صورتیکه لزجت با درجه حرارت تغییر میکند . در حرارت ۱۰ درجه سانتیگراد، لزجت برابر ۱,۳۰۳ سانتی پواز و در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد برابر ۱,۰۰۲ سانتی پواز و در درجه حرارت ۳۰ درجه سانتیگراد برابر ۰,۷۸۹ سانتی پواز می باشد ، لذا مشاهده می شود که در درجه حرارت ۲۰ درجه ، لزجت به عدد یک نزدیکتر میشود و بهتر است کلیه مقادیر K را در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد بیان نماییم .

$$K20^\circ = KY^\circ \frac{\eta Y^\circ}{\eta 20^\circ}$$

روش چاهک : روش چاهک یکی از معمولترین روشهای اندازه گیری ضریب آبگذری درین سطح ایستابی می باشد . این روش ساده و قابل اتکا بمنظور اندازه گیری K جهت مطالعه و طراحی سیستمهای زهکشی می باشد .

استفاده از این روش اساساً بسیار ساده بوده و ادوات چندانی را نیاز ندارد . چاهکی در عمق مشخص در زیر سطح ایستابی حفر میگردد . وقتی که آب داخل چاهک به حالت تعادل با آب زیرزمینی رسید ، آنگاه توسط یک پمپ یا بیلر مقداری از آب داخل چاهک را تخلیه می نماییم . پس از تخلیه ، آب زیرزمینی به داخل چاهک نفوذ می نماید و باعث بالا آمدن سطح آب در داخل چاهک میگردد . مقدار بالا آمدن آب چاهک را در زمانهای مختلف اندازه گیری نموده و با استفاده از فرمول ویا راه حل گرافیکی مقدار K را محاسبه می نماییم . البته استفاده از این روش به نقاطی محدود میگردد که آب زیرزمینی حداقل برای مدتی از سال در آنها بالا باشد .

بمنظور اندازه گیری ضریب آبگذری با روش چاهک ، چهار مرحله در نظر گرفته میشود

۱- حفر چاهک ۲- تخلیه آب از چاهک ۳- اندازه گیری میزان آب بالا آمده در زمانهای مشخص $\frac{\Delta y}{\Delta t}$

۴- محاسبه مربوطه .

حفر چاهک : حفر چاهک باید به طریقی باشد که حداقل پراکندگی و تراکم را در خاک داشته باشیم . عمق چاهک بستگی به شرایط خاک دارد . ابتدا چاهکی به عمق ۲ الی ۶ متر حفر نموده و لایه های مختلف خاک را مشخص می نماییم تا براساس آن عمق چاهکهای دیگر مشخص گردد . در صورتیکه خاک یکنواخت باشد ، ۶۰ الی ۷۰ س م در زیر سطح ایستابی عمق مطلوب جهت اندازه گیری می باشد . در ضمن دقت بسیاری میبایست اعمال نمود که چاهک دارای قطر یکنواخت باشد . در بسیاری از حالات خاک یکنواخت نبوده و شامل ۲ لایه و یا بیشتر میباشد که نهایتاً ضریب آبگذری آنان با یکدیگر متفاوت است که در اینصورت لازم است چاهک و یا چاهکهای در اعماق مختلف حفر نمائیم . کف چاهک باید ۱۰ الی ۱۵ س م از لایه پایینی بالاتر و حداقل ۲۰ س م در زیر سطح ایستابی باشد . در صورتیکه ضریب آبگذری خاک بنظر بالا باشد و خاک نیز یکنواخت باشد در این حالت حفر چاهکی با عمق ۳۰ الی ۵۰ س م در زیر سطح ایستابی مناسب خواهد بود . در ضمن قطر چاهک بین ۸ الی ۱۰ س م انتخاب شود تا براساس آن بتوان آزمایشات مورد نظر را انجام داد .

تخلیه آب از چاهک :

پس از حفر چاهک حداقل ۲ الی ۳ بار آب آنرا میبایست تخلیه نمود تا چنانچه خلل و فرج دیواره چاهک در اثر حفاری بسته شده باشد ، با نفوذ آب به داخل چاهک به حالت طبیعی باز گردد . پس از تخلیه تامل نموده تا آب چاهک به حالت تعادل با آب زیرزمینی برسد . در این مرحله چاهک آماده آزمایش است در ضمن میتوان از یک اسکرانچر جهت رفع تراکم دیواره چاهک استفاده نمود .

یکی از طرق عملی تخلیه آب از چاهک استفاده از بیلر میباشد که از یک لوله بطول ۵۰ الی ۶۰ س م و قطر ۲ س م کمتر از قطر چاهک تشکیل یافته و در انتهای آن یک سوپاپ نصب شده است بطوریکه در هنگام ورود به داخل آب سوپاپ باز شده ، آب داخل آن می گردد و در حین بالا آمدن فشار آب داخل بیلر باعث بسته شدن آن میشود و با چند بار عمل تخلیه توسط این وسیله ، سطح آب به اندازه کافی افت می نماید . چنانچه از بیلر جهت تخلیه آب استفاده شود ، در اینصورت

شناور و متر میبایست پس از انجام عمل تخلیه داخل چاه قرار داده شود و طی این مدت سطح آب در چاهک مقداری بالا می آید و این مسئله در خاکهای با ضریب آبگذری بسیار بالا بشکل حاد خود جلوه می نماید. در این نوع خاکها در فاصله زمانی که شناور درون چاهک قرار میگیرد و قرائت آغاز میگردد، مقدار زیادی از آب تخلیه شده به درون چاهک بازگشت می نماید. بمنظور جلوگیری از این پدیده میتوان از پمپی مخصوص که جهت اندازه گیری ضریب آبگذری طراحی و ساخته شده است استفاده نمود. شلنگ این پمپ در داخل چاهک قرار گرفته و براحتی آب تخلیه می گردد و تواما با آن نیز شناور و متر درون چاهک قرار دارد که در نتیجه بردقت آزمایش افزوده خواهد شد. البته لازم به ذکر است که گاهی اوقات ورود علف به داخل پمپ باعث عملکرد ناقص آن میگردد. عملکرد این نوع پمپها در خاکهای با ضریب آبگذری بالا بسیار خوب می باشد. ساختمان این نوع پمپ بسیار ساده می باشد و از یک مکندة پلاستیکی و ۲ سوپاپ یک طرفه تشکیل یافته است و در صورت نیاز شدید ساخت آن چندان مشکل نمی باشد. در صورتیکه خاک دارای ضریب آبگذری پایینی باشد، بهتر است که حداقل آب را به ارتفاع ۴۰ س م به منظور افزایش مقدار بالا آمدن آن تخلیه نماییم و در اندازه گیری ضریب آبگذری بالا، مقدار ارتفاع سطح زمین تا میزان تخلیه شده آب از چاهک، در حد ۲۰ س م ارجح است.

اندازه گیری میزان بالا آمدن آب در زمانهای مختلف $\frac{\Delta y}{\Delta t}$

اندازه گیری اساسا شامل محاسبه میزان بالا آمدن آب در زمانهای مختلف میباشد. $\frac{\Delta y}{\Delta t}$ فواصل زمانی میتوانند مساوی یکدیگر باشند و میزان بالا آمدن آن براساس آن سنجیده شود و یا اینکه فواصل مساوی بالا آمدن معیار قرائت زمان قرار گیرد. در نهایت برای دقت بیشتر بهتر است ۵ قرائت در فواصل زمانی مساوی برداشت گردد. فواصل زمانی ۴ بستگی به سرعت داخل شدن آن به داخل چاهک دارد. معمولا ۵، ۱۰، ۱۵ و ۳۰ ثانیه انتخاب میشوند. چنانچه ضریب آبگذری خاک بسیار بالا باشد ($\frac{\Delta y}{\Delta t} = 10 \text{ mm/S}$) در اینصورت فاصله هر قرائت ۵ ثانیه توصیه میشود. در ضمن می بایست دقت نمود تا قرائتها حداکثر تا موقعی ادامه یابد که بیش از ۲۵٪ آب تخلیه شده به چاهک باز نگردد و به عبارت دیگر قبل از اینکه Δy بزرگتر از $\frac{1}{4} y_0$ گردد، قرائتها خاتمه یابد. زیرا که این حد به بعد از دقت آزمایش کاهش می یابد.

برای مثال چنانچه آب چاهک به ارتفاع ۴۰ Cm تخلیه شده باشد ($y_0 = 40 \text{ Cm}$) در اینصورت Δy از ۱۰ Cm نباید بیشتر باشد و چنانچه $y_0 = 25 \text{ Cm}$ شد، Δy از ۷ Cm نباید بیشتر گردد. نحوه اندازه گیری بالا آمدن آب با استفاده از وسایل بسیار ساده امکان پذیر میباشد. اساسا با استفاده از یک شناور، تغییرات آب توسط یک میله نازک یا وسیله مناسب دیگری که بر روی آن قرار میگیرند، به خاک از چاهک منتقل میشود و با استفاده از یک نقطه ثابت قرائت میگردد.

وسایل مورد نیاز آزمایش آگر: از انواع آگر جهت حفر چاهک میتوان استفاده نمود لیکن بهتر است با توجه به شرایط خاص خاک از انواعی استفاده شود که حداقل تراکنم را در دیواره چاهک ایجاد نماید. بیلر و یا پمپ تخلیه: جهت تخلیه آب، از بیلر و یا پمپ تخلیه میتوان استفاده نمود و همواره استفاده از پمپ تخلیه پیشنهاد میگردد.

شناور: این وسیله تغییرات سطح آب را به میله ای که میتواند بصورت یک متر فلزی باشد، منتقل می نماید. در صورتی که از متر فلزی استفاده شود، میبایست دقت نمود تا از استحکام کافی برخوردار باشد. سه پایه: با استفاده از یک سه پایه مخصوص که بر روی آن شکافی تعبیه شده و متر و یا میله مدرج در آن شکاف قرار میگیرد، تغییرات سطح آب قرائت میگردد. با استفاده از این سه پایه تسلط بیشتری بر آزمایش اعمال خواهد شد. در روی این سه پایه محل خاصی برای قرار دادن نوار متر تعبیه گردیده است. لوله مشبک: چنانچه خاک مورد آزمایش از استحکام کافی برخوردار نباشد، در این صورت از یک لوله مشبک که درون چاهک نصب میگردد، استفاده میشود.

ادوات متفرقه: ساعت، آئینه یا چراغ قوه سطل.

محاسبات :

محاسبات جهت تعیین ضریب آبگذری از طریق فرمول ویا نوموگرام امکان پذیر است . در محاسبه ۲ حالت در نظر گرفته میشود /:

۱- عمق لایه غیرقابل نفوذ مساوی و یا بزرگتر از نصف فاصله سطح آب تا کف چاهک قرار داشته باشد .

$$L \geq \frac{1}{2} H$$

۲- کف چاهک بر روی لایه غیرقابل نفوذ قرار گرفته باشد . $L=0$

حالت اول $L \geq \frac{1}{2} H$: جهت محاسبه از فرمول ارنست استفاده می شود که در این حالت به قرار ذیل میباشد :

$$K = \frac{4000r^2}{(H + 20r)(2 - \frac{y}{H})y} * \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad \text{. در این رابطه :}$$

K ضریب آبگذری برحسب متر در روز H عمق چاهک از سطح ایستابی برحسب سانتیمتر

y فاصله سطح ایستابی تا متوسط عمق آب در چاهک برحسب سانتیمتر r شعاع چاهک برحسب سانتیمتر

Δy تغییرات y در مدت Δt برحسب سانتی متر Δt تغییرات زمان برحسب ثانیه و

L نیز فاصله کف چاهک تا لایه غیرقابل نفوذ که دارای نفوذ پذیری 0.1 و یا کمتر از لایه های بالاتر میباشد، برحسب سانتیمتر .

در صورتیکه شرایط ذیل رعایت گردد فرمول فوق دارای دقت کافی میباشد (ماکزیمم خطا ۲۰٪)

$$3 \text{ Cm} < r < 7 \text{ Cm} \quad , \quad 20 \text{ Cm} < H < 200 \text{ Cm} \quad , \quad 0.2 H < y \quad , \quad H < L \quad \text{و} \quad y \leq \frac{1}{4} y_0$$

چنانچه مقدار L بزرگتر از نصف H باشد ، زمینه جهت احراز شرایط فوق کافی میباشد ، اما جهت دقت بیشتر بهتر است ترتیبی داده شود تا L بزرگتر از H گردد . با استفاده از نوموگرامهایی موجود در منابع علمی نیز میتوان برای شعاع های مختلف چاهک ، مقادیر K را بدست آورد .

$$C = \frac{4000r^2}{(H + 20r)(2 - \frac{y}{H})y} \Rightarrow K = C \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

حالت دوم : $L=0$

در این حالت کف چاهک بر روی لایه غیرقابل نفوذ قرار گرفته است که از رابطه ذیل ضریب آبگذری قابل محاسبه میباشد :

$$K = \frac{3600r^2}{(H + 10r)(2 - \frac{y}{H})y} * \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad , \quad C = \frac{3600r^2}{(H + 10r)(2 - \frac{y}{H})y} \Rightarrow K = C \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

مقدار C با توجه مقادیر r و H و y ، از روی نوموگرام های موجود در منابع علمی ، میتوان مقدار C را بدست آورد و با

توجه به $\frac{\Delta y}{\Delta t}$ مقدار K محاسبه می گردد .

محدودیتهای روش چاهک :یکی از معمولی ترین روشهای مورد استفاده جهت اندازه گیری ضریب آبگذری در زیر سطح ایستابی ، روش چاهک میباشد که در اغلب موارد دارای نتایج قابل اتکاء جهت انجام مطالعات زهکشی میباشد . نتایج این روش تحت شرایطی که لایه های مورد آزمایش تحت فشار باشند، غیرقابل اتکاء می باشد و استفاده از آن توصیه نشده است . در شرایطی که لایه تحت فشار باشد ، استفاده از روش پیزومتر که مستلزم وسایل و صرف وقت چندان زیادی نیز نمی باشد ، توصیه شده است .

در صورتیکه ضریب آبگذری خاک بیش از ۰,۲۵ متر در ساعت باشد، امکان تخلیه آب با بیلر بسیار مشکل بوده که در اینصورت میبایست از یک پمپ جهت تخلیه سریع آب استفاده نمود.

از طرف دیگر در خاکهایی با ضریب آبگذری پایین $2 * 10^{-5}$ تا $2 * 10^{-4}$ متر در ساعت بدست آوردن قرائتهای دقیق چندان آسان نمی باشد.

وجود عدسی های شنی یکی از عوامل دیگری میباشد که ممکن است خطای زیادی را در آزمایش وارد نماید بخصوص زمانی که در بین لایه های کم نفوذ قرار گرفته باشند.

انجام این آزمایش در مناطقی که خاک مورد آزمایش گراولی سخت باشد، بسیار مشکل است و در صورت حاد بودن مسئله غیر ممکن می باشد. نصب دیواره مشبک در حالتی که چاهک ریزش داشته باشد، به انجام آزمایش، بسیار کمک مینماید.

در اندازه گیری با این روش می بایست دقت نمود تا سطح ایستابی در اثر تخلیه افت ننماید، در غیراینصورت دقت آزمایش کم خواهد شد.

خطاهای حاصله در اندازه گیری H و y نسبت عکس به اندازه های آن دارد. بعنوان مثال چنانچه $H=50$ سانتیمتر باشد یک سانتیمتر خطا در اندازه گیری آن باعث ۲٪ خطا در اندازه گیری K میشود در صورتیکه $H=100$ Cm باشد، یک سانتیمتر خطا باعث ۱٪ خطا در K میشود. در مورد y نیز به همین صورت میباشد.

بنابراین مشاهده می شود که دقت اندازه گیری تا حد م م چندان ضروری بنظر نمیرسد. معمولا ۱۰٪ اختلاف در اندازه گیری K در یک چاهک بسیار نرمال می باشد.

چنانچه از راه حل گرافیکی استفاده شود، دارای ماکزیمم خطای ۵٪ میباشد.

در صورتی که تمایل دارید تا مطالب و مقالات علمیتان در سایت قرار گیرد با مدیریت سایت تماس بگیرید .

موفق باشید

فرزین نجفی پور

پایان