Archive of SID

هدایت هیدرولیکی خاک‌ها و نحوهٔ کاربرد آن در طراحی شبکه‌های زهکشی

محمد حسین مهدیان[1]

تاریخ دریافت مقاله: ٨٣/٤/٩ تاریخ پذیرش مقاله: ٨٤/٥/٢٥

(یادداشت فنی)

چکیده

هدایت هیدرولیکی یکی از خصوصیات هیدرودینامیک خاک‌هاست که نقش تعیین کننده‌ای در حرکت و انتقال آب و املاح در خاک دارد. در پروژه های زهکشی، مقدار هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ضروری است. این مقدار تقریباً ثابت است. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها وجود دارد که در مجموع می‌توان آنها را به دو دسته بالا و زیر سطح ایستابی تقسیم کرد. بررسی‌های اولیه نشان می‌دهد که بین نتایج حاصل از این دو روش تفاوت قابل توجهی وجود دارد. به همین دلیل، این بررسی برای دستیابی به اهداف زیر برنامه‌ریزی شده است: ١- مقایسهٔ نتایج هدایت هیدرولیکی موجود برای روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی در پروژه های مطالعاتی و تحقیقاتی در داخل و خارج کشور، ٢- دلایل متفاوت بودن نتایج روش‌های یاد شده و ٣- راه حل‌های عملی برای نزدیک کردن نتایج اندازه‌گیری شده از روش‌های تعریف شده. بررسی‌ها نشان داد که نتایج روش‌های بالای سطحی ایستابی عموماً از روش‌های زیر سطح ایستابی کمتر است به نحوی که می‌توان گفت نتایج روش‌های زیر سطح ایستابی ٠/٥٠ تا ٣٢ برابر نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی بوده است. علت این تفاوت مربوط به عوامل مختلفی است که از جمله می‌توان به متفاوت بودن کیفیت آب مصرفی با آب زیرزمینی، محبوس شدن حباب‌های هوا در خلل و فرج درون خاک در شرایط بالای سطح ایستابی، و متفاوت بودن الگوی جریان در روش‌های فوق اشاره کرد. کمتر بودن نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی در مقایسه با روش‌های زیر سطح ایستابی، شاید این موضوع را تأیید کند که دستیابی به هدایت هیدرولیکی اشباع در روش‌های بالای سطح ایستابی مقدور نیست، لذا ضروری است که نتایج این نوع روش‌ها تعدیل و به عبارتی با روش‌های زیرسطح ایستابی متوازن شود. در این خصوص روش‌های مناسب به ترتیب اولویت: روش مدل‌های طبیعی، روش مدل‌های صحرایی، روش زمین آماری، روش مکنیل، و روش همبستگی بین بافت و ساختمان توصیه شده است.

واژه‌های کلیدی

روش‌های بالا و زیر سطح ایستابی، روش مکنیل، زمین آمار، کیفیت آب، هدایت هیدرولیکی، مدل طبیعی

١- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. کیلومتر ١٠ جاده مخصوص، خیابان شهید عاشری، خیابان شهید شفیعی، روبروی پخش هجرت، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تلفن: ١٦-٤٩٠١٤١٥، آدرس الکترونیک: **Mahdian@scwmri.ac.ir**.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

هدایت هیدرولیکی یکی از خصوصیات هیدرودینامیک خاک‌هاست که نقش تعیین کننده‌ای در حرکت و انتقال آب و املاح در خاک دارد. عواملی متعددی می‌تواند بر خصوصیت فوق تاثیر فزاینده یا کاهنده داشته باشد.

در پروژه‌های زهکشی، مقدار هدایت هیدرولیکی‌اشباع مورد استفاده قرار می‌گیرد که مقدار آن تقریباً ثابت است، با این همه، به دلیل فرآیندهای فیزیکی و شیمیایی، تغییرات پیوسته‌ای در حین عبور آب از خاک صورت می‌گیرد. بسیاری از صاحب نظران [۱۰ و ١٤] منطقی‌ترین شیوهٔ تعیین هدایت هیدرولیکی خاک‌ها را اجرای یک شبکه زهکشی به عنوان مزرعه آزمایشی در منطقهٔ مورد نظر توصیه می‌کنند. اما در عمل، اجرای چنین مزارعی اغلب امکانپذیر نیست و به ناچار باید روش‌های عملی‌تری را به کار برد.

روش‌های مختلفی برای تعیین هدایت هیدرولیکی خاک‌ها در مزرعه وجود دارد که در مجموع می‌توان آنها را به دو دسته بالا و زیر سطح ایستابی تقسیم کرد. روش‌های زیر سطح ایستابی به روش‌هایی اطلاق می‌شود که سطح ایستابی در عمق یا لایه‌ای وجود دارد که اندازه‌گیری این ضریب مد نظر است. برای تعیین هدایت هیدرولیکی خاک‌ها در زیر سطح ایستابی، روش‌های مختلفی وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی است. از جمله روش‌های زیر سطح ایستابی می‌توان به روش‌های چاهک[1]، پیزومتر[2] و دو چاهک[3] [۱] اشاره کرد. این روش‌ها هدایت هیدرولیکی افقی را اندازه‌گیری می‌کنند، البته روش پیزومتر می‌تواند در شرایطی، هدایت هیدرولیکی عمودی را نیز اندازه‌گیری کند. روش چاهک، در مقایسه با سایر روش‌های زیر سطح ایستابی، به لوازم و تجهیزات کمتری نیاز دارد. روش چاهک، متوسط هدایت هیدرولیکی افقی مربوط به مقطعی از خاک بین سطح ایستابی و ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر زیر عمق چاهک را اندازه‌گیری می‌کند [۱۵]. از این روش نمی‌توان در لایه‌های تحت فشار استفاده کرد. روش پیزومتر برای تعیین هدایت هیدرولیکی خاک‌های مطبق و لایه لایه توصیه می‌شود، ولی ضخامت لایه‌ها باید از ۳۰ سانتی‌متر بیشتر باشد. روش دو چاهک یا مشتقات آن برای خاک‌های دارای سنگ یا خاک‌هایی با بافت درشت مناسب است اما برای خاک‌های با هدایت هیدرولیکی پایین (خاک‌های رسی) کاربرد ندارند.

در روش‌های بالای سطح ایستابی، سطح آب زیرزمینی پایین است و به عبارتی شرایط برای اجرای روش‌های زیر سطح ایستابی فراهم نیست. از جمله روش‌های بالای سطح ایستابی می‌توان به روش‌های چاهک معکوس[4] و گلف[5] اشاره کرد. از آنجا که آب مورد نیاز برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی در این روش‌ها باید از محل دیگری تأمین شود، کیفیت فیزیکی و شیمیایی آن می‌تواند نقش اساسی در مقدار هدایت هیدرولیکی داشته

1- Auger Hole Method 2- Piezometer Method 3- Two -Well Method
4- Porchet Method 5- Guleph Permeameter Method

www.SID.ir

Archive of SID

باشد. برخی از روش‌های بالای سطح ایستابی به حجم آب کم و برخی به حجم آب قابل توجهی نیاز دارند که سبب افزایش هزینه‌های اجرایی آنها می‌شود.

از این نظر با توجه به مطالب یاد شده، اهداف این مطالعه مشتمل است بر: ۱- بررسی و مقایسهٔ نتایج هدایت هیدرولیکی برای روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی در پروژه‌های مطالعاتی و تحقیقاتی در داخل و خارج کشور، ۲- بررسی دلایل متفاوت بودن نتایج حاصل از اندازه‌گیری روش‌های یاد شده، و ۳- بررسی راه حل‌های عملی برای نزدیک کردن نتایج اندازه‌گیری شده روش‌های فوق به یکدیگر است به نحوی که بتوان از آنها در طراحی شبکه های زهکشی استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

این بررسی طی پنج مرحله به شرح زیر به انجام رسیده است:

- منابع معتبر تحقیقاتی منتشر شدهٔ داخلی و خارجی شامل کتاب‌ها و مقالات بررسی شد. آن دسته از منابع که حاوی نتایج مقایسهٔ روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی در مزرعه بودند، استخراج شد.
- نتایج تعدادی از پروژه های آبیاری و زهکشی که از روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی استفاده کرده اند، استخراج شد.
- نتایج حاصل از مراحل اول و دوم بررسی و ارزیابی شد.
- دلایل متفاوت بودن نتایج روش‌های بالا و زیر سطح ایستابی بر اساس نتایج منابع و دیدگاه‌های کارشناسی بررسی شد.
- راه حل‌های عملی برای تعدیل نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی بررسی و بر اساس دقت و امکانات اجرایی، مرتبه بندی شدند.

نتایج و بحث

بر اساس تجربیات موجود و توصیهٔ برخی از منابع معتبر نظیر فائو [۵]، روش چاهک، هدایت هیدرولیکی اشباع خاک‌ها را حاصل می‌سازد که می‌تواند مستقیماً در محاسبات تعیین فواصل زهکش‌ها به کار رود. به همین دلیل در اکثر منابع از روش فوق به عنوان مبنا به منظور ارزیابی روش‌های بالای سطح ایستابی استفاده شده است. اصولاً با افزایش میزان رطوبت خاک، هدایت هیدرولیکی افزایش می‌یابد تا اینکه به مقدار ثابتی برسد که همان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک است. لذا اگر شرایط به نحوی است که نمی‌توان نیمرخ خاک را به طور کامل اشباع کرد در نتیجه مقدار هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده از مقدار واقعی آن کمتر خواهد بود.

www.SID.ir

Archive of SID

- بررسی نتایج هدایت هیدرولیکی اندازه گیری شده

منابع مختلف می‌گویند که نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی از نتایج روش‌های زیر سطح ایستابی کمتر است. در این باره، در کتاب روش‌های آنالیز خاک [۲] ضرایبی برای تصحیح نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی توصیه شده است. این ضرایب به صورت نسبت هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده با استفاده از روش بالای سطح ایستابی به هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده به روش زیر سطح ایستابی بیان شده است. تالسما (۱٦٦٥) ضریب ۰/۵، وینگر (۱۹٦۵) ضریب ۰/۸۵ و سیلانپا (۱۹۵٤) ضریب ۰/۷۲ تا ۱/۹۷ را توصیه کرده‌اند [به نقل از منبع شمارهٔ ۲]. محققین دانشگاه گلف (Reynolds and Elrick, 1987) با مطالعه روی مخزن شنی هدایت هیدرولیکی واقعی خاک را حدود ۳/۵ برابر هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری کرده‌اند.

گالیشان و همکاران (Gallichand *et al*., 1990) روش گلف را با روش چاهک در خاک‌های رسی مقایسه و ارزیابی کردند. نتایج نشان می‌دهد که میانگین هندسی هدایت هیدرولیکی به‌دست آمده با استفاده از روش چاهک بزرگ‌تر از میانگین نتایج روش گلف است [٦].

در تحقیق دیگری، دورسی و همکاران (Dorsy *et al*., 1990) روش گلف را با نتایج روش چاهک در دو نوع بافت خاک لوم سیلتی و لوم رسی سیلتی بررسی کردند. بررسی نتایج تحقیقات این محققان نیز حاکی از آن است که نتایج روش چاهک از نتایج روش گلف خیلی بیشتر است [۳].

مادراموتو (Madramooto, 1990) سه روش چاهک، افت سطح ایستابی[1] و داده‌های خروجی زهکش[2] را برای تعیین هدایت هیدرولیکی خاک‌های لومی شنی که روی لایه‌ای از رس قرار داشتند، بررسی و ارزیابی کرد. لازم است توضیح داده شود که در دو روش بیان شدهٔ اخیر از سیستم موجود زهکشی زیرزمینی استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که مقادیر هدایت هیدرولیکی به دست آمده از سه روش نزدیک به هم است.

گاپتا و همکاران (Gupta *et al*., 1993) هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده با استوانه‌های مضاعف را با نتایج روش گلف مقایسه کرد. نتایج این دو تحقیق تفاوت معنی‌داری دارند بدین معنی که نتایج روش گلف دو برابر بیش از روش استوانهٔ مضاعف است [۷].

لازم به یادآوری است که روش استوانهٔ مضاعف، هدایت هیدرولیکی قائم خاک را اندازه‌گیری می‌کند.

در یک جمع بندی می‌توان گفت که نتایج تحقیقات محققان خارج از کشور حاکی از این است که بین روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی تفاوت قابل توجهی وجود دارد و نمی‌توان ضریب ثابتی را به منظور تعدیل نتایج نیز توصیه کرد.

رحیمیان (۱۳۷۵) در تحقیقی روش گلف و روش چاهک را در خاک‌های لومی سیلتی، در استان خراسان ارزیابی و مقایسه کرده است. این مقایسه نشان می‌دهد که به طور متوسط نتایج روش چاهک ۱٤/۵ برابر نتایج روش گلف است [۱۱].

در تحقیق دیگری، ترابی (۱۳۷۷) در خاک‌های شور- سدیمی منطقه رودشت در استان اصفهان،

1- Water Table Drawdown Method 2- Drain Outflow Data Method

www.SID.ir

Archive of SID

روش چاهک و روش استوانهٔ مضاعف را مقایسه کرده و دریافتند که نتایج روش چاهک ۷/۵ برابر نتایج روش استوانه مضاعف است [۱۳].

بار دیگر یادآور می‌شود که روش چاهک، عمدتاً هدایت هیدرولیکی افقی و روش استوانهٔ مضاعف، هدایت هیدرولیکی قائم را اندازه‌گیری می‌کند. بنابراین باید اختلاف نتایج را دست کم تا حدی به این علت نسبت داد.

مهدیان (۱۳٦۸) دو روش پمپاژ به درون چاهک سطحی و چاهک را در خاک‌های سنگین و شور-سدیمی دشت اشتهارد در استان تهران بررسی و مقایسه کرده است. نتایج نشان می‌دهد که با توجه به کیفیت آب مصرفی، نتایج روش چاهک بین ۳/۱ تا ٤/۳ برابر نتایج روش پمپاژ به داخل چاهک سطحی بوده است. ذکر این نکته نیز ضروری است که هر چه شوری آب مصرفی بیشتر بوده تفاوت نتایج هدایت هیدرولیکی خاک‌ها کمتر شده است [۹].

مهدیان (۱۳٦۸) همچنین روش‌های پمپاژ به درون چاهک سطحی و روش چاهک را در خاک‌های سنگین دشت چمچمال در استان کرمانشاه مقایسه کرده است. در این منطقه شرایط تغذیه و تخلیه به نحوی است که اندازه‌گیری هر دو روش در ۱۳ نقطه میسر است. به عبارت دیگر روش چاهک در زمستان اجرا شد که سطح ایستابی زیرزمینی بالا بود و روش پمپاژ به درون چاهک سطحی در تابستان اجرا شد که با افت سطح ایستابی همراه بود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که نتایج روش چاهک در حدود ۳۲ برابر نتایج روش پمپاژ به درون چاهک سطحی بوده است [۹].

در یکی از پروژه‌های جنوب منطقهٔ کرخه، نوسانات سطح آب‌های زیرزمینی به گونه‌ای بوده است که امکان اندازه‌گیری دو روش چاهک و چاهک معکوس در یک نقطه به تعداد ١٤ محل امکان‌پذیر شده است [۸]. به عبارت دیگر اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی با دو روش چاهک و چاهک معکوس، در دو مقطع مختلف زمانی انجام شد. نسبت میانگین هدایت هیدرولیکی روش چاهک و نتایج اندازه‌گیری شده به روش چاهک معکوس ۳/۳ گزارش شده است.

جدول شمارهٔ ۱ نتایج هدایت هیدرولیکی را در چند پروژه در سطح کشور نشان می‌دهد. در این جدول، تعداد اندازه‌گیری‌ها برای هر روش و همچنین مقادیر حداقل، حداکثر، و متوسط هدایت هیدرولیکی، نسبت بین مقایر نتایج زیر سطح ایستابی به بالای سطح ایستابی برای روش های فوق ارائه شده است. بر اساس نتایج جدول شمارهٔ ۱، دامنهٔ نسبت متوسط نتایج هدایت هیدرولیکی با روش‌های زیر سطح ایستابی به نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی، بین ۱/۲٤ (در دشت شهید سرداری) تا ۳۲/٤ (در دشت چمچمال) در تغییر بوده است. بزرگی ارقام گفته شده نشان می‌دهد که حتی اگر خطاهایی هم در اندازه‌گیری‌های فوق وجود داشته باشد، تفاوت بین نتایج روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی قابل توجه است. در یک جمع بندی می‌توان گفت که منابع موجود این موضوع را تأیید می‌کنند که نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی به منظور اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی از نتایج روش‌های زیر سطح ایستابی کمتر است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول شمارهٔ ۱- نتایج هدایت هیدرولیکی (متر بر روز) در برخی از پروژه های زهکشی در سطح کشور

پروژه	استان	روش اندازه‌گیری	تعداد	متوسط	نسبت	حداکثر	حداقل
نمدان	فارس	چاهک	٥٢	٤/٨٥	۱۲/۸	۲٤/۲۳	۰/۰۳
		چاهک معکوس	٥٧	۰/۳۸		۲/۸۱	۰/۰۱
کوثر	خوزستان	چاهک	۱٥۱	۲/۱۰	۳/۲	۲۰/۰٥	۰/۰۱
		پمپاژ+-	۲٤	۰/٦٥		۲/٦۱	۰/۰۸
سرداری	آذربایچان شرقی	چاهک	۱۳٦	٤/۱٤	۱/۲٤	٥۹/۳۹	۰/۰۳
		پمپاژ+-	۸۸	۳/۳۳		۷۲/۸۷	۰/۰۳
چمچمال	کرمانشاه	چاهک	۸۱	٦/٤۸	۳۲/٤	۲۰/۰۰	۰/۰٤
		پمپاژ+-	۲۷	۰/۲۰		۰/۷٤	۰/۰۳
نکا	مازندران	چاهک	۱۲۳	٦/۳٤	۱/۲٥	۳۹/۱۷	۰/۱٥
		چاهک معکوس	۱۲٤	٥/۰٦		۳٤/٥۷	۰/۰۳
امیدیه	خوزستان	چاهک	۱۱	۱/٥۰	۲/٤	۳/۰۰	۰/۸۰
		چاهک معکوس	۳۳	۰/٦۲		۷/۰۰	۰/۰۷
کرخه	خوزستان	چاهک	٦۸	۲/۱۷	۳/۰	۱۱/٦٤	۰/۱۱
		چاهک معکوس	۷۰	۰/۷۳		٤/۱٦	۰/۰۲

-+ پمپاژ به داخل چاهک سطحی

- علل اختلاف نتایج اندازه‌گیری شده

برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی توصیه می‌شود که از آب آبیاری استفاده شود [۲] و در عین حال برخی از منابع [٥] استفاده از آب زیرزمینی محل را پیشنهاد می‌کنند . برخی منابع توصیه می‌کنند که از آبی استفاده شود که کیفیت آن در حد کیفیت محلول خاک باشد [۱].همچنین توصیه شده است که در خاک‌های سدیمی از آب دارای ۱٥۰۰ تا ۲۰۰۰ قسمت در میلیون املاح کلسیم و منیزیم استفاده شود [۱۲]. به هر حال توصیه‌های فوق خلائی را که در شرایط آتی وجود خواهد داشت جبران نمی‌کند. و هدایت هیدرولیکی را با آنچه در شرایط طرح وجود خواهد داشت، جوابگو نیست. متفاوت بودن نتایج روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی در منابع مختلف مطرح شده است. با این همه، نتایجی که در کشور گزارش شده با نتایج کشورهای دیگر تفاوت قابل توجهی دارد.

www.SID.ir

Archive of SID

اصولاً کیفیت آب مصرفی نقش بسیار تعیین کننده‌ای در مقدار هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری شده دارد به نحوی که اگر مقدار املاح تخریب کننده آن (مانند سدیم) در مقایسه با املاحی که سبب هماوری شدن و بهبود ساختمان خاک می‌شوند (نظیر کلسیم و منیزیم)، کم باشد، با افزایش شوری آب مصرفی، هدایت هیدرولیکی خاک نیز افزایش پیدا می‌یابد. بنابراین در موقع تعیین هدایت هیدرولیکی باید کیفیت آب مصرفی نیز تعیین شود.

درصد قابل توجهی از خاک‌های کشور شور، سدیمی و یا شور- سدیمی هستند. از این نظر، معضلی که در این نوع خاک‌ها مطرح است، تغییر هدایت هیدرولیکی بعد از اصلاح آنهاست که با آنچه اندازه گرفته می‌شود، متفاوت خواهد بود. به نظر می‌رسد که بعد از اصلاح خاک‌های شور و یا احتمالاً شور- سدیمی و خارج شدن املاح، هدایت هیدرولیکی کاهش قابل توجهی خواهد داشت در صورتی که در خاک‌های سدیمی این موضوع جهتی عکس دارد. به عبارت دیگر، در این نوع خاک‌ها، به علت جانشین شدن املاحی نظیر املاح کلسیم دار یا منیزم دار با املاح دارای سدیم، هدایت هیدرولیکی افزایش خواهد یافت. به همین دلیل است که اجرا و پایش مزرعهٔ آزمایشی در پروژه‌های زهکشی برای دستیابی به مقادیری نزدیک‌تر به آنچه در شرایط طرح وجود خواهد داشت، توصیه شده است.

نتایج بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که مقادیر به دست آمده از روش‌های بالای سطح ایستابی در قیاس با روش‌های زیر سطح ایستابی بین دو برابر بیشتر تا ۳۲ برابر کمتر است. از آنجا که با افزایش رطوبت خاک، مقدار هدایت هیدرولیکی آن افزایش می‌یابد تا اینکه به مقدار ثابتی (هدایت هیدرولیکی اشباع) برسد، کوچک‌تر بودن هدایت هیدرولیکی خاک‌ها نتیجه شده از روش‌های بالای سطح ایستابی (در مقایسه با روش‌های زیر سطح ایستابی) می‌تواند مؤید این مطلب باشد که به رغم اینکه وقت و زمان کافی برای اشباع کردن خاک صرف می‌شود، اما به شرایط اشباع واقعی نمی‌توان دست یافت.

اصولاً برای اشباع کردن یک ستون یا نیمرخ خاک، توصیه می‌شود که خاک از زیر اشباع شود به نحوی که محبوس شدن حباب‌های هوا به حداقل ممکن برسد. واضح است که با ریزش آب از بالا به داخل چاهک، شرایط برای ورود و محبوس شدن هوا در خلل و فرج درون خاک فراهم می‌شود. بنابراین، مسدود شدن خلل و فرج که به عنوان کانال‌های ارتباطی در حرکت آب مؤثر هستند، موجب کاهش هدایت هیدرولیکی اشباع خاک می‌شود.

تجربیات موجود نشان می‌دهد در مناطق خشک و نیمه خشک که نیمرخ خاک در هنگام اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها کاملاً خشک است، در هنگام ریختن آب به درون چاهک، دیواره‌های

www.SID.ir

Archive of SID

آن ریزش می‌کند به طوری‌که می‌توان گفت که عمق آن کاهش و شعاع آن افزایش می‌یابد، این وضعیت سبب می‌شود که در محاسبات، مقادیر یاد شده با آنچه در عمل وجود دارد تفاوت داشته باشد. این خطر در روش چاهک نیز وجود دارد. در این روش، ریزش دیوارهٔ چاهک در زیر سطح ایستابی را حتی نمی‌توان به سادگی دریافت. بنابراین، در هر دو روش، اندازه‌گیری شعاع چاهک و عمق آب در چاهک اهمیت ویژه دارد.

تفاوت مسیرهای حرکت آب در دو روش و به عبارتی متفاوت بودن الگوی جریان نیز می‌تواند عاملی مهم در متفاوت بودن نتایج دو روش باشد. در روش‌های بالای سطح ایستابی، حرکت آب از داخل چاهک به داخل خاک است، در صورتی که در روش‌های زیر سطح ایستابی حرکت آب از داخل خاک به داخل چاهک است. در حالت نخست، حرکت آب از درون چاهک به داخل خاک موجب نمی‌شود تا گرفتگی خلل و فرج ناشی از حفاری رفع شود. در حالی که در حالت دوم، حرکت آب از درون خاک به داخل چاهک تا اندازه‌ای موجب می‌شود که برخی از خلل و فرج باز شوند.

- تصحیح نتایج اندازه‌گیری در بالای سطح ایستابی

همان‌طور که در مباحث قبلی گفته شد، تعیین هدایت هیدرولیکی خاک‌ها امری ضروری است. این پارامتر هیدرودینامیکی ضمن اینکه در محاسبات طراحی نقش اساسی دارد، در توجیه اقتصاد پروژه نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. توصیه می‌شود که هدایت هیدرولیکی خاک‌ها بر اساس منحنی افت سطح ایستابی تعیین شود که شرایط طبیعی در زمان اندازه‌گیری بر آن حاکم است [٤]. بنابراین به عنوان اولین توصیه، پیشنهاد می‌شود که هدایت هیدرولیکی خاک‌ها در ابتدا بر اساس مدل‌های مزرعه‌ای و در قطعات آزمایشی که در مزرعه مشخص می‌شود، تعیین شود. به هر حال در اندازه‌گیری‌های صحرایی نقاطی یافت می‌شود که در آنها امکان استفاده از روش‌های زیر سطح ایستابی وجود ندارد و به دلایلی که بیان شد، تصحیح نتایج آنها ضروری به نظر می‌رسد. در زیر، روش‌های تصحیح نتایج اندازه‌گیری شده در بالای سطح ایستابی به ترتیب اولویت ارائه شده‌اند:

- **روش مدل‌های طبیعی**: در دشت‌های کوهستانی و حاشیه رودخانه‌ها که شرایط تغذیه و تخلیه به گونه‌ای است که اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها برای روش‌های بالا و زیر سطح ایستابی در یک نقطه در عمق‌های مختلف امکان پذیر باشد، می‌توان به راحتی رابطهٔ بین این دو روش را تعیین کرد. از مزایای این روش این است که برای هر دو روش اندازه‌گیری‌ها در یک نقطه خواهد بود و از این بابت خطای کمتری بر اندازه‌گیری‌ها مترتب می‌باشد. بدیهی است که

www.SID.ir

Archive of SID

بایستی اعماق مختلف اندازه‌گیری شرایطی مشابه، به ویژه از نظر بافت داشته باشند.

- **روش مدل‌های صحرایی**: در مناطقی که در زمان اندازه‌گیری سطح آب زیرزمینی آنها بالا باشد، در ابتدا می‌توان روش‌های زیر سطح ایستابی را استفاده کرد. سپس با پایین انداختن سطح آب زیرزمینی به صورت مصنوعی می‌توان روش‌های بالای سطح ایستابی را برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها به کاربرد. در این شرایط با دانستن نتایج دو روش فوق می‌توان نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی را تصحیح و تعدیل کرد و از آن در نقاط مشابه بهره‌گیری کرد.
- **روش زمین آماری**: در این روش پیشنهاد می‌شود که شبکهٔ اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها تعیین شود. ابتدا در کل شبکهٔ پیش بینی شده، لایه بندی در نقاط مورد نظر اجرا شود. بنابراین با استفاده از نتایج لایه‌بندی، می‌توان مشخص کرد که در چه نقاطی روش‌های زیر یا بالای سطح ایستابی را می‌توان به کار برد. در محل‌هایی که سطح ایستابی در عمق مورد نظر وجود دارد، هدایت هیدرولیکی با استفاده از روش چاهک تعیین شود. اما در محل‌هایی که سطح آب زیرزمینی در عمق یا لایهٔ مورد نظر وجود ندارد و باید از روش‌های بالای سطح ایستابی، هدایت هیدرولیکی آنها را تعیین کرد، بلافاصله اندازه‌گیری در آنها صورت نگیرد. با انجام کلیهٔ اندازه‌گیری‌های روش چاهک و محاسبهٔ مقادیر هدایت هیدرولیکی، یک تحلیل زمین آماری (واریوگرافی) صورت گیرد، اگر همبستگی مکانی نتایج روش‌های زیر سطح ایستابی دقت قابل قبولی داشت، بدون اینکه اندازه‌گیری‌های میدانی برای تعیین هدایت هیدرولیکی با روش‌های بالای سطح ایستابی صورت گیرد، مقدار هدایت هیدرولیکی در نقاط مورد نظر و فاقد اندازه‌گیری، از طریق یکی از روش‌های مناسب زمین آماری برآورد شود.
- **همبستگی بین بافت و ساختمان**: در شرایطی که استفاده از روش‌های دیگر مقدور نیست، می‌توان از طریق برقراری همبستگی بین بافت و ساختمان، نتایج روش‌های بالای سطح ایستابی را تصحیح و تعدیل کرد و از انجام آزمایش بالای سطح ایستابی پرهیز کرد.

قدردانی

از مهندسین مشاور مهاب قدس و مهندسین مشاور یکم که بخشی از اطلاعات این مقاله را در اختیار اینجانب قرار دادند، صمیمانه تشکر می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

مراجع

1- Amoozegar, A. and Wilson, G. V. 1999. Methods for measuring hydraulic conductivity and drainable porosity. In: Skaggs, R. W. and van Schilfgaarde, J. Agricultural Drainage. Agronomy Monograph NO. 38, American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. Madison. Wisconsin. USA.

2- Black, C. A. 1965. Methods of soil analysis, Part 1. American Society of Agronomy.

3- Dorsey, J. D., Ward, A. D. Fausey N. R. and Bair, E. S. 1990. A comparison of four field methods for measuring saturated hydraulic conductivity. Transactions of the ASAE33 , 1925-1931.

4- FAO. 1976. Drainage testing No. 28. Irrigation and Drainage papers. Rome. Italy.

5- FAO. 1986. Drainage design factors No. 38. Irrigation and drainage papers. Rome. Italy.

6- Gallichand, J., Madramooto, C. A. Enright, P. and Barrington, S. F. 1990. An evaluation of the Guelph permeameter for measuring saturated hydraulic conductivity. Transactions of the ASAE. 33, 1179-1184.

7- Gupta, R. K., Rudra, R. P. Dickinson, W. T. Patni, N. K. and Wall, G. J. 1993. Comparison of saturated hydraulic conductivity measured by various field methods. Transactions of the ASAE 36, 51, 55.

8- Mahab Ghods. 2001. Irrigation and drainage project for south karkhe. Drainage Report. 270p. (In Farsi)

9- Mahdian, M. H. 1989. Investigation of hydraulic condu tivities measured with Auger Hole method and water pumped to shallow and surface well. MSC. Thesis. Agricultural Faculty. Tehran. University. 128p. (In Farsi)

10- Rogers, J. S. and Fouss, J. L. 1989. Hydraulic conductivity determination from vertical and horizontal drains in layered profiles. Transactions of the ASAE. 32, 589-595.

www.SID.ir

Archive of SID

11- Rahimian, M. H. 1996. Evaluation and Modification of Invert Auger hole and Guelph methods comparing to Auger Hole method for measuring hydraulic conductivity. Research Report. Agricultural Engineering Research Institute. No. 49. (In Farsi)

12- SCS. 1987. National Engineering Handbook. Drainage of Agricultural Land. section 16.

13- Torabi, M. 1998. Comparison of different methods for measuring hydraulic conductivity of soils in Roodasht agricultural research station, Espahan. Research report Agricultural. Engineering Research Institute. No. 105. (In Farsi)

14- Skaggs, R. W. 1976. Determination of the hydraulic conductivity–drainable porosity ratio from water table measurements. Transactions of the ASAE. 19, 73-84.

15- Van Beers, W. F. J. 1970. The Auger hole method. International Land Reclamation and Improvement. Bulletin No. 1. Wageningen. Netherlands.

www.SID.ir

Archive of SID

(Technical Note)

Soils Hydraulic Conductivity and Its Applications in Drainage Designs

M. H. Mahdian

Hydraulic conductivity is one of the soil's dynamic properties, which plays a major role in water flow and salts transport within the soil. A saturated hydraulic conductivity value is needed for drainage projects design, which is almost constant. Different methods can be used in determining insitu hydraulic conductivity and they can be divided into two groups, e.g. above and below water table methods. Preliminary investigations showed that there was a significant difference between the results of these methods. The objectives of this study were 1) to investigate and compare the hydraulic conductivity values obtained using the above-mentioned methods in Iran and other countries; 2) to find the reasons of differences between the results of these two methods; and 3) to present practical solutions to minimize these differences. Generally, the results obtained by the above water table method were lower than those of under water table one. Based on the results of this research, values of under water table method were 0.5 to 32 times bigger than those of the above water table method. The reason for such a difference can be explained by various factors, e.g. water quality, the collapse of well walls, trapped air bubbles within soil pore, and the difference in flow patterns. Lower values obtained by the above water table method compare with under water table one may indicate that the saturated hydraulic conductivity cannot be accurately determined using the above water table method. Therefore, the results of this kind of method need to be closer to those of under water table one. In this regard, the suitable methods can be ranked as following: Natural model method, field model method, geostatitical method, Macnill method and correlation between texture and structure method.

Key words: Above and Under Water Table Methods, Geostatitical Method, Hydraulic Conductivity, Macnill Method, Natural Model, Water Quality

www.SID.ir