تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بالای سطح ایستابی به روش پرمامترگلف[1] و نسبت آن با روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق[2] در پنج منطقه خوزستان

حیدرعلی کشکولی[3] * و روح اله مختاران

استاد گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان.

kashkulihda@gmail.com

دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز.

alimokhtaran@gmail.com

Archive of SID

چکیده

یکی از روشهای مناسب برای تعیین هدایت هیدرولیکی نزدیک اشباع خاک در بالای سطح ایستابی، روش پرمامتر گلف است. با استفاده از این روش می توان آزمایش را در مدت زمان کوتاهی با استفاده از یک نفر انجام داد. پژوهشگران مختلف نشان داده اند که هدایت هیدرولیکی اشباع بدست آمده از روش گلف با روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق تفاوت هایی داشته، از این نظر، هدف این پژوهش تعیین رابطه میان این روش و روش شاخص پمپاژ به درون چاهک کم عمق است. در این پژوهش هدایت هیدرولیکی خاک در پنج منطقه مستعد کشاورزی استان خوزستان به روش گلف و آزمایش پمپاژ به درون چاهک کم عمق انجام شد. آزمایشهای گلف در هر منطقه در ۴۰ عدد چاهک به عمق ۶۰ سانتی‌متر با دو بار ثابت پنج و ۱۰ سانتی‌متری انجام شد وپنج عدد چاهک به عمق یک متر برای تعیین هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژبه درون چاهک کم عمق درتمامی مناطق یاد شده حفرشد. با استفاده از آنالیزهای تک عمقی لاپلاس با فرض کاپیلاریته صفر، ریچاردز با فرض $\alpha^* = ۱۲$ و رگرسیون پایه ای ریچاردز برای رفع جوابهای غیرمنطقی دستگاه گلف استفاده شد. در این پژوهش مشاهده شد میانگین هندسی آنالیزهای رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و دو عمقی گلف در تمام مناطق برابر است. ضرایب مربوط به این آنالیز نیز با استفاده از روش حداقل مجذورات تعیین شد و متوسط $\alpha^* = ۱۲$ در سطح معنی‌دار ۹۵ درصد با فرض اولیه آن برابر شد. همچنین مشخص شد که به علت بالا بودن انحراف معیار مقادیر α^* در آزمایشهای گلف، بهتر است مقدار آن را ثابت در نظر گرفت. در این پژوهش مشخص شدکه در مناطقی با بافت خاک متوسط ضریب هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به چاهک کم عمق ۵-۴ برابرروش گلف بود ودر مناطقی با بافت خاک سنگین این ضریب به ۳/۵-۲ برابر میرسید.

واژه های کلیدی : آنالیز تک عمقی ، آنالیز دو عمقی ، پتانسیل ماتریک، چاهک

1- Guelph Permeameter
2- Shallow Well Pumping Method

۳ – آدرس نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات خوزستان.

* دریافت: مهر ۱۳۹۲ و پذیرش: اسفند ۱۳۹۲

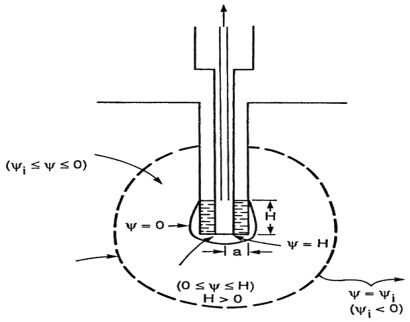
www.SID.ir

مقدمه

روش مناسب اندازه گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک روش چاهک است که سالهاست بـه طـور معمـول مـورد استفاده قرار می‌گیرد (زانگر[1]،۱۹۵۳). استفاده از این روش در مکانهایی امکان پذیر است که سطح ایستابی بـالا و در محدوده یک متری سطح زمین باشد. در مناطق خشـک و نیمه بخصوص در فصـل تابسـتان سـطح ایسـتابی بطـور معمول بسیار پایین بوده و استفاده از روش چاهک امکـان پذیر نمیباشد. به همـین منظـور تعـدادی روش هـا بـرای اندازه گیری هدایت هیدرولیکی در بالای سـطح ایسـتابی تاکنون معرفی شده که همیشه با ضعف در مبانی نظری یـا مشکلات عملی و زمان بر بودن و هزینه انجام کار مواجـه بوده است(کشکولی،۱۳۷٤).

یکی از این روشها پمپاژ بـه درون چاهـک کـم عمق است که اولین بار توسـط گلـور و زانگـر[2] در سـال ۱۹۵٦معرفی شد. در این روش با حفرچاهـک آنقـدر آب به داخل چاهک ریخته می‌شود تا اینکـه اطـراف چاهـک کاملاً اشباع شده، آنگاه سطح آب درون چاهک با اسـتفاده از دبـی پمـپ شـده ثابـت نگهداشـته مـی‌شـود (ویلسون[3]،۱۹۸٦). این روش نتایج بسـیار مطلـوبی بـرای تعییین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بالای سفره آب زیرزمینی ارائه می‌دهد، لیکن مشکلات عملی زیـادی دارد که از جمله می‌توان به زمان بر بودن آزمـایش (۲٤ تـا ٤۸ سـاعت) و حجـم آب زیـاد مـورد نیـاز (یـک تـانکر ۱۵۰۰لیتری و یک مخزن ۲۰۰لیتری) اشاره کرد.

با معرفی روش گلف توسط رینولدز و الریـک[4] (۱۹۸۵) تحول بسیار مهمی در این زمینه صورت گرفت و روش گلف به دلیل برخـورداری از مبـانی نظـری قـوی، سرعت عمل در انجام آزمایش و هزینه بسـیار کـم مـورد توجه واقع شد. در روش پرمامتر گلف مطـابق شـکل (۱) بلافاصله پس از شروع آزمایش یک پیاز رطوبتی در خاک اطراف چاهک تشـکیل گردیـده و بازمـان گسـترش مـی یابد.این پیاز رطوبتی دارای یک لایه اشـباع در مجـاورت چاهک میباشد که در آن پتانسـیل رطـوبتی (ψ) تغییـرات خطی از $\psi = H$(عمـق آب در چاهـک)تـا $\psi = 0$ کـه سطح آب در چاهک است، دارد. اطراف این لایه اشباع را یک لایه غیر اشباع تشکیل میدهد که در آن مقدار پتانسیل رطوبتی خاک درون این لایه غیراشباع از $\psi = 0$در حاشیه بیرونـی لایـه اشـباع و تـا $\psi = \psi_i$ (ψ_i پتانسـیل اولیـه خاک)میباشد.



شکل ۱- پیازرطوبتی درمنطقه اشباع خاک براثرنفوذآب تحت پتانسیل فشاری مثبت (رینولدز و زبچوک،۱۹۹۶)

بر همین اساس در روش گلف دو فاکتور هدایت هیدرولیکی اشباع صحرایی (K_{fs}) و پتانسیل جریان ماتریکس (ϕ_m)دو عامل مهم بوده که از حل همزمان دو رابطه دو مجهولی مربوط به دو عمق استغراق بدست می‌آیند. با دو عمق استغراق متوالی در یک چاهک بر اساس قانون دارسی رابطه جریان خروجی از چاهک به صورت رابطه (۱) نوشته می‌شود.

$$Q_S = \left[\left(\frac{2\pi H^2}{C}\right) + \pi a^2\right] K_{fs} + \frac{(2\pi H/C)}{\phi_m} \quad (۱)$$

که در آن:

H: ارتفاع آب در چاهک برحسب متر، Q_s: دبی ثابت

1-Zanger
2-Gulver&Zanger
3-Wilson
4- Reynolds &Elrick

Archive of SID

www.SID.ir

خروجی از چاهک با عمق استغراق H برحسب مترمکعب
C: فاکتور شکل چاهک که بدون بعد می‌باشد. جمله اول در سمت راست رابطه (۱) مولفه جریان اشباع خروجی از بدنه و کف چاهک و جمله دوم مولفه خروجی از چاهک تحت تاثیر مکش کاپیلاری خاک اطراف پیاز رطوبتی میباشد(شکل۱). کاربرد روش آنالیز دو عمقی فوق که به روش «ریچاردز» معروف است (رینولدز و الریک،۱۹۸۵)، در خاکهای یکنواخت و بدون ساختمان رضایت‌بخش بوده لیکن خاک‌های غیریکنواخت و مطبق که حاوی درز و شکاف، کرم راهه و ریشه راهه باشد، درصد زیادی نتایج منفی و غیرمنطقی برای K_{fs} و ϕ_m تولید می‌کند (رینولدز و همکاران[1]، ۱۹۹۲).

ناهمگن بودن دستگاه روابط دو مجهولی و ضرایب ماتریس حداقل مجذورات باعث تشدید این مشکل و تولید جوابهای منفی می‌شود (فیلیپ[2]، ۱۹۸۷و الریک و همکاران[3]، ۱۹۸۹). برای جلوگیری از بروز جواب‌های منفی الریک و همکاران(۱۹۸۹) با استفاده از ضریب α^* روش استغراق تک عمقی وتبدیل دو رابطه به یک رابطه یک مجهولی را پیشنهاد نمودند. در این روش رابطه (۱) به صورت رابطه های (۲) تا (٤) بازنویسی می‌شود.مقادیر K_{fs} و ϕ_m با جایگزین کردن α^* از جدول (۱) تعیین می‌شود.

$$K_{fs} = \frac{CQ}{\left(2\pi H^2 + C\pi a^2 + 2\pi H/\alpha^*\right)} \qquad (۲)$$

$$\phi_m = \frac{CQ}{\left[\left(2\pi H^2 + C\pi a^2\right)\alpha^* + 2\pi H\right]} \qquad (۳)$$

$$\alpha^* = \frac{K_{fs}}{\phi_m} \qquad (٤)$$

بنابراین می‌توان روابط (۲) و (۳) را با داشتن Q_s از یک عمق استغراق بدست آورد و در نتیجه امکان بروز مقادیر برثانیه، a : شعاع چاهک بر حسب سانتی‌متر و منفی K_{fs} و ϕ_m منتفی شود. مبنای فیزیکی روش تک عمقی ارتباط بین مقدار α^*، کاپیلاریته خاک و نوع محیط متخلخل می‌باشد. مقدار α^* اهمیت نسبی مؤلفه‌های اشباع و غیراشباع خاک اطراف را نشان می‌دهد (رینولدز و الریک ،۱۹۸۵). هر چه α^* کوچکتر باشد سهم دبی خروجی ثابت از پرامتر و در نتیجه تأثیر کاپیلاریته خاک بیشتر می‌شود. نظر به این که خاکهای ریزبافت و بدون ساختمان کاپیلاریته بالایی دارند، مقدار α^* در آنها کمتر است و به همین ترتیب خاکهای درشت بافت یا خاک‌های با ساختمان خوب مقادیر α^* بیشتری دارندو تاثیر کاپیلاریته کمتر است(رینولدز و الریک ،۱۹۸۵). آزمون روش تک عمقی بر مبنای تکنیک پیشنهادی ویرا و همکاران (۱۹۸۸) برای روش چندعمقی مورد استفاده قرار گرفته است. از ترکیب رابطه لاپلاس به عنوان اولین رابطه گلف که تاثیر کاپیلاریته خاک در آن در نظر گرفته نشده یعنی؛

$$K_L = \frac{CQ}{(2\pi H^2 + C\pi a^2)} \qquad (۵)$$

با رابطهٔ (۲) می توان نوشت :

$$K_{fs} = \left[\frac{2\pi H_m^2 + Ca^2}{2H_m^2 + Ca^2 + \frac{2H_m}{a}}\right] K_L \qquad (٦)$$

که آن:

H_m بیشترین عمق استغراق در چاهک بر حسب متر است. مقایسه روابط (۱) ، (۲) و (۵) نشان می‌دهد که K_L تخمینی از هدایت هیدرولیکی اشباع برحسب متر برثانیه در زمانی است که مؤلفه کاپیلاریته حذف شده باشد. در نتیجه $K_L \geq K_{fs}$ (برای $\psi_m \geq 0$).در ضمن مشاهده شده که رابطه بین K_{fs} و K_L یک رابطه مستقیم است در صورتی که رابطه K_{fs} و کاپیلاریته معکوس می‌باشد.به

1-Reynolds et al
2 - Philip
3 - Elrick et al

Archive of SID

www.SID.ir

عبارتی با افزایش ϕ_m مقدار K_{fs} کاهش می‌یابد. ویرا و همکاران (۱۹۸۸) رابطه (٦) را به صورت کلی زیر ارائه کردند که به آنالیز تک عمقی رگرسیون پایه ای ریچاردز معروف است.

جدول(۱)- تخمینی از مقادیر α^* برای انواع خاکها با بافت وساختمان متفاوت (رینولدز و همکاران،۱۹۸۵)

α^*	نوع خاک
۱	رس‌های فشرده (رسوبات دریایی)
۴	رس‌های با بافت سنگین و فاقد ساختمان
۱۲	بیشتر خاک‌های دارای ساختمان از رس‌ها تا لوم‌رسی و همچنین خاک‌های متوسط بدون ساختمان و شن نرم و لوم شنی (اولین تخمین مناسب برای بیشتر خاک‌ها)
۳۶	شن‌های درشت و گراولی، خاکهای دارای ساختمان قوی با شکاف‌ها و خلل و فرج درشت

$$K_{fs} = \beta K_L^{\omega} \qquad (۷)$$

پارامترهای β و ω در رابطه گفته شده بدون بعد بوده و از طریق برازش به روش حداقل مجذورات با داده‌های $L_N K_{fs}$ و $L_N K_L$ بدست می‌آیند. جفت داده‌های (K_{fs} و K_L) برای این منظور از چاهک‌هایی انتخاب می‌شوند که باصطلاح «موفق» نامیده شده‌اند و در آنها K_{fs} و ϕ_m هر دو مثبت هستند. سپس روابط (۲) با فرض $\alpha^* = ۱۲$ با عنوان آنالیز تک عمقی ریچاردز، (۵) با عنوان آنالیز تک عمقی لاپلاس و (۷) با عنوان آنالیز تک عمقی رگرسیون پایه ای ریچاردز در مورد همه چاهک‌ها (مثبت و منفی) بدون استثناء به کار رفته و تخمینی از K_{fs} و ϕ_m بدست می‌آید.

در این روش فرض می‌شود که پراکندگی آزمایشهای دو عمقی موفق، به خاطر غیرهمگنی خاک در مقیاس کوچک بوده است. مقادیر اندازه‌گیری شده هدایت هیدرولیکی اشباع به روش گلف در خاک‌های لومی و رسی توسط پژوهشگران بسیاری از جمله لی و همکاران[1] (۱۹۸۵)، رینولدز و الریک (۱۹۸۵)، استفان و همکاران[2] (۱۹۸۷)، دارسی و همکاران[3] (۱۹۹۰)، موهانتی و همکاران[4] (۱۹۹٤)، رینولدز و زبچوک[5] (۱۹۹٦)، کشکولی (۱۳۷۱)، کشکولی ومیربهرسی (۱۳۸۰)، کشکولی ومختاران(۱۳۸۵) و حبیب‌زاده و همکاران(۱۳۸۷) گزارش شده است. رینولدز و همکاران (۱۹۹۲) ارزیابی سودمندی از آنالیز تک عمقی پایه‌ای ریچاردز برای پرامتر گلف در چهار نوع خاک انجام دادند که مقدار پارامتر α^* برای این چهار نوع خاک برابر (m^{-1})۱۱ برآورد شد. همچنین رینولدز و زبچوک (۱۹۹٦) در یک خاک رسی سیلتی برای مقایسه دو روش چاهک و گلف، برای رفع جوابهای غیرمنطقی در روش دو عمقی گلف از سه آنالیز تک عمقی لاپلاس، رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و آنالیز تک عمقی ریچاردز استفاده کردند.

در این مطالعه آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز میانگین هندسی بطور تقریبی نزدیکی نسبت به سایر روش‌ها با روش چاهک داشت. با توجه به اینکه روش پرامتر گلف یک روش ساده و در عین حال از پایه نظری بسیار قوی برخوردار است که به تنهایی توسط یک نفر و در مدت زمان کوتاهی آزمایش انجام پذیر می‌باشد. از طرفی پژوهشگران مختلف نشان داده اند که هدایت هیدرولیکی اشباع بدست آمده از روش گلف با روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق تفاوت هایی داشته، از این نظر هدف این پژوهش تعیین رابطه میان این روش و روش شاخص پمپاژ به درون چاهک کم عمق جهت تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع واقعی خاک است.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، آزمایشها در پنج منطقه

1 - Lee et al
2 - Stephens et al
3 - Darcy et al
4 - Mohanty et al
5 - Reynolds &Zebchuk

Archive of SID

www.SID.ir

استان خوزستان که دارای توانمندی کشاورزی بوده و به وسیله سازمان های جهاد کشاورزی و آب و برق استان خوزستان در حال مطالعه، اجرا و بهره برداری می باشند انجام شد. بدین ترتیب دشت امیدیه با آب رودخانه زهره به کیفیت C3S4 و بافت خاک لومی شنی و تقریباً همگن، دشت خیرآباد با آب رودخانه خیرآباد (آبشیرین) به کیفیت $C3S_1$ و C2S1 و بافت خاک لوم، دشت مارون با آب رودخانه مارون به کیفیت C3S1، C4S1، C4S2 و بافت خاک بطور عموم لومی رسی و لومی رس شنی،دشت شعیبه شوشتر با آب رودخانه شطیط به کیفیتC3S1و بافت خاک سیلتی رسی و مرکز پژوهشات کشاورزی اهواز با آب رودخانه کارون در اهواز به کیفیت C3S4وC2S1 و بافت خاک رسی سیلتی انتخاب شدند.

مساحت هر منطقه حدود یک هکتار می باشد.در تمامی مکانها آزمایشهای پرامتر گلف انجام شد بدین ترتیب که در هر محل چاهک در عمق۶۰ سانتیمتری با فواصل ۱۵ متری از همدیگر ٤٠ عدد حفر شد. برای ایجاد این چاهک ها از مته مخصوص دستگاه پرامتر گلف به قطر شش سانتی‌متر استفاده شد. اندازه گیری ها در هر کدام از چاهک ها به روش دو عمقی با برقراری دو بار آبی پنج و ۱۰ سانتی متری از آب با استفاده از دستگاه پرامتر گلف انجام شد. پس از اتمام اندازه گیری ها، جواب‌های منفی و غیر منطقی حذف شده و نتایج بدست آمده با نتایج روش تک عمقی به ارتفاع آبی ۱۰ سانتیمتر مقایسه شد تا ضریب پرامتر گلف برای هر منطقه مشخص شود. سپس، در مناطق گفته شده برای آزمایش پمپاژ به درون چاهک کم عمق (SWPT) پنج عدد چاهک به صورت پراکنده در هر منطقه به قطر ۱۰ سانتیمتری و به عمق یک متر حفر شد و بعد از قرار دادن لوله مشبک درون چاهکها (به دلیل جلوگیری از ریزش دیواره چاهک) آزمایش های به مدت ٢٤ تا ٤٨ ساعت بسته به زمان اشباع شدن خاک چاهک انجام شد. از آنجا که توزیع فراوانی نرمال برای خواص خاک مناسب تشخیص داده شدند(کشکولی، ۱۳۷۱)، بنابراین در این پژوهش از این توزیع برای بررسی و تعیین پارامترهای آماری بر روی داده‌های هدایت هیدرولیکی استفاده شد.همچنین در بررسی توزیع فراوانی آماری داده‌ها، با دو معیار تمرکز(میانگین هندسی و حسابی) و معیار پراکندگی (انحراف معیار) مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

در هر چاهک آزمایشی به ازای دو بار ثابت مقدارR(افت ثابت سطح آب درون مخزن در واحد زمان)روابط ضریب آبگذری و پتانسیل ماتریک خاک و پارامتر آلفا دستگاه با توجه به شعاع چاهک حفاری شده با استفاده از مته مخصوص گلف(سه سانتی متر) و قطر مخزن دستگاه(۳۵.۳۹ سانتی متر مربع)به صورت زیر خلاصه می‌شوند؛

$$k_{fs} = (0.00425)(35.39)_{cm^2}(\overline{R_2})_{cm/\sec} - (0.00554)(35.39)_{cm^2}(\overline{R_1})_{cm/\sec} \quad (۸)$$

$$\phi_m = (0.0588)(35.39)_{cm^2}(\overline{R_1})_{cm/\sec} - (0.0245)(35.39)_{cm^2}(\overline{R_2})_{cm/\sec} \quad (۹)$$

$$\alpha^* = \frac{k_{fs}}{\phi_m} \quad (۱۰)$$

که در آن ها:

R_1 وR_2 = افت ثابت سطح آب درون مخزن در واحد زمان($cm/\sec$)، K_{fs} = هدایت هیدرولیکی خاک ($cm/\sec$)، ϕ_m = پتانسیل ماتریک خاک ($cm/\sec$)، α^* = پارامتر آلفاکه ازخصوصیات خاک غیر

Archive of SID

www.SID.ir

اشباع میباشد(cm^{-1}). نتایج محاسبات K_{fs} و ϕ_m و α^* بر اساس آنالیز دو عمقی پرامتر گلف نشان داد که در هر منطقه، مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و پتانسیل ماتریک در تعدادی چاهکهای‌آزمایشی منفی(غیر منطقی) و در مابقی مثبت(منطقی) برآورد شدکه نتایج به صورت خلاصه در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲- تعداد چاهک‌آزمایشی با مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک و پتانسیل ماتریک منفی(غیر منطقی) و مثبت(منطقی)

نام منطقه	تعداد چاهک‌ها با جوابهای مثبت (منطقی)	تعداد چاهک‌ها با جوابهای منفی (غیر منطقی)
مرکز تحقیقات کشاورزی	۱۰	۳۰
دشت خیر آباد	۱۵	۲۵
دشت امیدیه	۲۱	۱۹
دشت مارون	۲۲	۱۸
دشت شعیبیه	۸	۳۲

در ۲۰ تا ۲۲ درصد چاهک‌ها با افزایش عمق، کاهش نرخ افزایش دبی یا توقف نفوذ آب بوجود می آید که باعث منفی شدن مقادیر k_{fs} می شود. همچنین در ۲۷ الی ۳۰ درصد چاهک‌ها با افزایش عمق، افزایش ناگهانی دبی به وجود آمد که این مساله باعث منفی شدن مقادیر ϕ_m شد.

ویرا و همکاران[1](۱۹۸۸) در یک خاک لومی با ساختمان کامل، در بدست آوردن جوابهای مثبت و منطقی فقط ۲۷ درصد موفقیت داشتند. همچنین اطلاعات کنونی حاکی است که در حدود ۲۰ تا ۷۰ درصد جوابها در اغلب خاکهائی که ساختمان کاملی دارند با موفقیت همراه است.

برای رفع این مشکل با استفاده از کلیه داده ها (مثبت و منفی) لازم است از آنالیزهای تک عمقی لاپلاس(K_L) با فرض کاپیلاریته صفر ، آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز (K_R) و آنالیز تک‌عمقی ریچاردز (K_S) با فرض اولیه $\alpha^* = 12$ به ازای بار ثابت ۱۰ سانتی‌متری استفاده شود. برای تعیین K_R، به روش حداقل مجذورات با استفاده از نرم‌افزار SPSSمقادیر β وω بدست آمد جدول(۳).

با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS آزمون کلوموگروف – سمیرنوف برای تمامی مقادیر k_{GP} (هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش دو عمقی)k_L, k_R و k_S گرفته شد و با احتمال ۹۵ درصد ($p>۰/۰۵$) فرض نرمال بودن داده‌ها قابل قبول می‌باشد. نتایج حاصل از توزیع فراوانی نرمال در جداول(٤) ارائه شده است. همچنین، مقادیر α^* و ϕ_m بدست آمده از روش دو عمقی پرامتر گلف در تمامی مناطق مورد آزمایش در جدول(۵) ارائه شده است.

1- *Vieira et al*

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- تعیین ضریب همبستگی (R) و پارامترهای β و ω با استفاده از روش حداقل مجذورات

نام منطقه	R^2	R	β	ω
مرکز پژوهشات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان	۰/۵۸۲۲	۰/۷۶۳۰	۰/۱۰۰۲	۱/۰۱
دشت خیر آباد	۰/۷۲۰۵	۰/۸۴۸۸	۰/۵۶۵	۱/۰۱۵
دشت امیدیه	۰/۶۰۴	۰/۷۷۷	۰/۶۵۷	۱/۰۴۸
دشت شعیبیه	۰/۶۹۳	۰/۶۹۷	۰/۱۶۹	۰/۹۳
دشت مارون	۰/۵۶۲	۰/۵۶۴	۴/۷۳	۱/۱۶۳

جدول ۴- مقادیر توزیع نرمال بر روی داده‌های ضرایب هدایت هیدرولیکی اشباع خاک حاصل از آنالیزهای تک عمقی و دو عمقی گلف

نام منطقه	پارامترهای ضرایب آبگذری (m/sec)	میانگین حسابی $\times 10^{-5}$	میانگین هندسی $\times 10^{-5}$	انحراف معیار $\times 10^{-5}$	ضریب تغییرات
مرکز پژوهشات کشاورزی	k_L	۰/۱۸	۰/۹۸	۰/۱۳	۰/۷۴
	k_R	۰/۰۶	۰/۷۹	۰/۰۵	۰/۷۶
	k_S	۰/۱	۸۷	۰/۰۷	۰/۷۶
	k_{GP}	۰/۴۲	۱/۱۶	۰/۳	۰/۶۹
دشت خیرآباد	k_L	۰/۹۸	۱/۲۷	۰/۵۶	۰/۵۷
	k_R	۰/۲۲	۱/۱۲	۰/۱۸	۰/۵۵
	k_S	۰/۴۸	۱/۱۷	۰/۲۶	۰/۵۵
	k_{GP}	۱/۷۷	۱/۰۳۸	۲/۱۰۶	۱/۱۸۳
دشت امیدیه	k_L	۲/۵۵۶	۲/۵۶۴	۳/۲۱۶	۰/۹
	k_R	۱/۴۸	۱/۰۶۴	۱/۳۶	۰/۹۲
	k_S	۲	۱/۴۶۲	۱/۷۶	۰/۸۸
	k_{GP}	۰/۰۱۲۵	۰/۰۰۶	۰/۰۲۱۶	۱/۶
دشت شعیبه	k_L	۰/۰۲۲۷	۰/۰۱۶۴	۰/۰۲۱۲	۰/۹۳
	k_R	۰/۰۰۹۴	۰/۰۰۶۱	۰/۰۱۰۴	۱/۱۱
	k_S	۰/۰۱۲۷	۰/۰۰۹۲	۰/۰۱۱۸	۰/۹۳
	k_{GP}	۰/۲۷۶۱	۰/۲۴۶۹	۰/۲۸۹	۰/۷۶
دشت مارون	k_L	۰/۸۸۲۴	۰/۶۰۲۹	۰/۶۲۲۶	۰/۷
	k_R	۰/۲۲۱۷	۰/۲۳۶۵	۰/۲۲۳۸	۰/۶۷
	k_S	۰/۴۹۲۵	۰/۲۳۷۳	۰/۳۴۸۲	۰/۷
	k_{GP}	۰/۰۸	۰/۸	۰/۱۱	۱/۳۸

جدول ۵- نتایج مقادیر α^* و ϕ_m در مناطق مورد آزمایش

نام منطقه	پارامتر	میانگین حسابی	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب تغییرات
مرکز پژوهشات کشاورزی	α^*	۱۰/۶	۰/۸	۳۶	۱۳/۳	۱۲۵/۵
	ϕ_m	$۱/۱۴\times10^{-۷}$	۲×10^{-۷}	$۳/۴\times10^{-۷}$	$۸/۵\times10^{-۷}$	۷/۴۶
دشت خیرآباد	α^*	۱۴/۰۶	۱/۳۱	۳۲/۳۴	۱۰/۶۳	۷۵/۶
	ϕ_m	$۴/۸۶\times10^{-۷}$	$۶/۰۷\times10^{-۸}$	$۱/۵\times10^{-۶}$	$۵/۱۷\times10^{-۷}$	۱/۰۶۳
دشت امیدیه	α^*	۱۵/۳۷	۰/۵	۸۴/۷	۱۹/۹	۱/۳
	ϕ_m	$۱/۹\times10^{-۶}$	$۰/۲۱\times10^{-۶}$	$۵/۶\times10^{-۶}$	$۱/۶۲۵\times10^{-۶}$	۰/۸۵۵
دشت شعیبه	α^*	۱۴/۱۷	۰/۴۸	۷۷/۷۵	۲۰/۷۹	۱/۴۶
	ϕ_m	$۰/۱۱\times10^{-۷}$	$۰/۰۱\times10^{-۷}$	$۰/۳۹\times10^{-۷}$	$۰/۰۹\times10^{-۷}$	۰/۸۲
دشت مارون	α^*	۱۱/۸۸	۱/۳۱	۳۲/۳۴	۱۰/۲۰	۰/۸۶
	ϕ_m	$۵/۳۷\times10^{-۷}$	$۰/۵۶\times10^{-۷}$	$۱۳/۸\times10^{-۷}$	$۵/۲۱\times10^{-۷}$	۰/۹۷

Archive of SID

www.SID.ir

مقادیر هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در مناطق مورد آزمایش در جدول (٦) و میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش پرامامتر گلف پس از اصلاح چاهک‌های منفی و متوسط ضریب هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در جدول(۷) ارائه شده است.

جدول ۶- نتایج مقادیر هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در مناطق مورد آزمایش (m/day)

نام منطقه	چاهک اول	چاهک دوم	چاهک سوم	چاهک چهارم	چاهک پنجم
مرکز پژوهشات کشاورزی	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲	۰/۱۱
دشت خیرآباد	۱/۴	۲	۰/۸	۱/۶	۰/۹
دشت امیدیه	۱/۶	۱/۵	۲	۱/۳	۱/۸
دشت شعیبه	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۱۲	۰/۱۰
دشت مارون	۱/۲	۲/۱	۲	۱/۵	۲/۱

جدول ۷- میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک به روشهای پمپاژ به درون چاهک کم عمق و پرامترگلف (m/sec)

نام منطقه	پرامامتر گلف (k_{fs})	پمپاژ به درون چاهک کم عمق KSWPT
مرکز پژوهشات کشاورزی	$۰/۰۵\times۱۰^{-۵}$	$۱/۷۱\times۱۰^{-۶}$
دشت خیرآباد	$۰/۳۸\times۱۰^{-۵}$	$۱/۵۵\times۱۰^{-۵}$
دشت امیدیه	$۰/۴\times۱۰^{-۵}$	$۱/۹\times۱۰^{-۵}$
دشت شعیبیه	$۰/۰۸\times۱۰^{-۵}$	$۱/۸۵\times۱۰^{-۶}$
دشت مارون	$۰/۴۸\times۱۰^{-۵}$	۲×۱۰^{-۵}

بحث و نتیجه گیری

در تعیین ضریب هدایت هیدرو لیکی اشباع خاک، در عدم حضور سطح ایستابی روش‌هایی که در چند سال گذشته در این مورد انجام می شد یا از لحاظ نظری و یا از لحاظ عملی دارای مشکلاتی بودند. به عنوان مثال روش نفوذ به چاهک کم عمق را می‌توان نام برد. هرچند که این روش برای تعیین هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی نتایج بسیار خوبی می‌دهد، لیکن مشکلات عملی زیاد دارد. با معرفی روش گلف توسط رینولدز و الریک(۱۹۸۵) تحولی در این زمینه صورت گرفت. روش پرامامتر گلف یک روش ساده و در عین حال از پایه نظری بسیار قوی برخوردار است که به تنهایی توسط یک نفر و در مدت زمان کوتاهی آزمایش انجام پذیر می‌باشد. البته در ابتدا که محیط غیر اشباع چاهک در محاسبات منظور نمی شد، نتایج خوبی حاصل نمی‌شد که پس از رفع این نقیصه این مشکل نیز حل شده است. مشکل دیگر روش گلف، در آزمایشهای دو عمقی می‌باشد که به علت نا همگونی در حل روابط، باعث ایجاد جواب‌های منفی و غیرمنطقی در بعضی از مقادیر k_{fs} می شود که این مشکل هم با آنالیزهای تک عمقی دستگاه گلف حل شده است.این پژوهش در پنج منطقه از اراضی دارای توانمندی کشاورزی استان خوزستان که در حال مطالعه، اجرا و بهره برداری شبکه های آبیاری و زهکشی هستند، انجام شد.بعضی چاهک‌های احداث شده در تمامی مناطق با روش دو عمقی گلف جوابهای منفی و غیر منطقی داشتند(جدول(۲) که با سه روش تک عمقی برای رفع عیب اقدام شد. بر طبق جدول (٤) نتایج نشان داد که در تمامی مناطق آنالیز تک عمقی لاپلاس دارای مقادیر متوسط بسیار بیشتری نسبت به سایر آنالیزها دارد، این به علت فرض α^* بی‌نهایت (کاپیلاریته صفر) در آنالیز تک عمقی لاپلاس می‌باشد. با بررسی آزمون $t-$ استیودنت بین مقادیر متوسط آنالیزهای تک عمقی و آنالیز دو عمقی

Archive of SID

www.SID.ir

پرامامتر گلف فرض H_0 که برابر بودن میانگین‌ها می‌باشد، با احتمال معنی داری ۹۵ درصد بین آنالیزهای تک عمقی ریچاردز، رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و آنالیز دو عمقی پرامامتر گلف برقرار شد.با این وجود در خاکهای تمامی مناطق مورد مطالعه آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز میانگین هندسی بطور تقریبی برابری با آنالیز دو عمقی گلف دارد و مشاهده شد که این آنالیز دارای ضریب تغییرات و انحراف معیار بسیار کمتری نسبت به سایر آنالیزها دارد. همانطور که در این جدول مشاهده شد، مقادیر α^* دارای انحراف معیار و ضریب تغییرات زیادی می‌باشند.

بالا بودن تغییرات و انحراف معیار داده‌ها، به علت حساسیت زیاد مقادیر α^* نسبت به تغییرات افت سطح آب در پرامامتر گلف می‌باشند. میانگین α^* بدست آمده در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد با فرض اولیه، یعنی α^* = ۱۲ در تمامی مناطق مورد آزمایش برابر شد. این مقدار α^*، اولین و بهترین فرض α^* برای اکثر خاکها می‌باشد(رینولدز و همکاران،۱۹۸۵). همچنین مقادیر ϕ_m (پتانسیل جریان ماتریکس) دارای انحراف معیار و ضریب تغییرات بسیار پایین نسبت به مقادیر k_{fs} یا k_{GP} و α^* می‌باشد. این مسئله نشان دهنده حساسیت کم مقادیر ϕ_m نسبت به تغییرات افت سطح آب در پرامامتر گلف می‌باشد. سپس داده های گلف با روش پمپاژ به چاهک کم عمق در این مناطق مقایسه شد جدول(۷). همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، مقدار میانگین هدایت هیدرولیکی در روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق در خاک‌های با بافت متوسط (مناطق خیرآباد، مارون و امیدیه)، ۵-٤ برابر بیشتر از هدایت هیدرولیکی به روش پرامامتر گلف می‌باشد. این در حالی است که این ضریب برای خاک‌های با بافت سنگین (مناطق شعیبه شوشتر و مرکز پژوهشات کشاورزی)، ۳/۵- ۲ برابر است.

علت تفاوت بین مقادیر ضریب هدایت هیدرولیکی در دو روش گلف و پمپاژ به درون چاهک کم عمق این است که در روش گلف حجمی از خاک که مرطوب می‌شود کوچک است و اصولا مبنای روش گلف این است که جریان سه بعدی در خاکها پس از مدت زمان کمی (در حدود ۳۰ دقیقه برای خاک‌های خشک و هشت دقیقه برای خاک‌های مرطوب) به نوعی جریان نفوذی ثابت، میرسد و بر این اساس آزمایش گلف پایان می یابد.در حالیکه در روش پمپاژ به درون چاهک کم عمق تا رسیدن خاک به حالت اشباع کامل آزمایش ادامه می یابد.در نهایت ضریب منطقه ای و انتخاب بهترین آنالیز تک عمقی گلف رابر اساس بافت خاک را در جدول (۸) میتوان ارائه کرد.

سپاسگزاری

در پایان لازم است از سازمان آب و برق خوزستان جهت مساعدت های مالی در انجام این تحقیق تشکر فراوان به عمل آید.

جدول ۸- جدول مقایسه ای ضریب منطقه ای بر اساس بافت خاک

	نام منطقه	متوسط بافت خاک	بهترین آنالیز تک عمقی پرامامتر گلف	ضریب تبدیل هدایت هیدرولیکی از روش گلف به روش پمپاژ به چاهک کم عمق
۱	خیر آباد بهبهان	لوم	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و تک عمقی ریچاردز	۵-۴
۲	امیدیه	لوم شنی	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و تک عمقی ریچاردز	۵-۴
۳	مارون	لوم	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و تک عمقی ریچاردز	۵-۴
۴	شعیبیه شوشتر	رسی سیلتی	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز	۳/۵-۲
۵	مرکز پژوهشات کشاورزی اهواز	رسی سیلتی	آنالیز رگرسیون پایه‌ای ریچاردز	۳/۵-۲

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع

۱. حبیب زاده آذر، ب؛ بابازاده، ح و زینال زاده، ک. ۱۳۸۷. مقایسه دوروش نفوذ سنج گلف وچاهک معکوس دراندازه گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک(مطالعه موردی اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه)، دومین همایش ملی مدیریت شبکه‌های آبیاری وزهکشی، اهواز: دانشگاه شهید چمران اهواز.۱۰- ۸ بهمن.

۲. کشکولی،ح.ع؛ ابن جلال، ر و مختاران، ر.۱۳۸۵. ارزیابی آنالیز های تک عمقی پرامامتر گلف برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع در بالای سطح ایستابی در یک خاک با بافت متوسط، مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز، جلد ۲۹، شماره۳،۱۰ -۱.

۳. کشکولی،ح.ع و مختاران،ر.۱۳۸٤. بررسی آنالیزهای گلف برای تعیین هدایت هیدرولیکی در بالای سطح ایستابی،گزیده مقالات ارائه شده درنهمین کنگره علوم خاک ایران، ۹۵-۹۸

٤. کشکولی،ح.ع؛ میربهرسی، ح و نوری امامزاده‌ای،م.۱۳۸۰. استفاده ازآنالیزهای تک عمقی وچندعمقی گلف برای تعیین هدایت هیدرولیکی وضریب α ومقایسه آن با روش چاهک،گزیده مقالات ارائه شده درهفتمین کنگره علوم خاک ایران، ۸٤-۸۲.

۵. کشکولی،ح.ع و مشعل،م.۱۳۷٤. مقایسه روش‌های اندازه‌گیری صحرایی هدایت هیدرولیکی دربالای سطح ایستابی با روش گلف دردونوع خاک مختلف دراستان خوزستان، مجله علمی کشاورزی دانشگاه شهیدچمران اهواز، ۱۸: ۲٤-۱.

٦. کشکولی، ح.ع.۱۳۷۱. اندازه‌گیری همزمان خصوصیات هیدرولیکی خاک در بالای سفره آب زیرزمینی به روش گلف.مجله انجمن خاکشناسی ایران، گزیده مقالات ارائه شده در سومین کنگره علوم خاک ایران، ۳-٦۰، ۳-٤٤.

7. Darsey, J.D,Ward, A.D.,Fausey and N.R.,Bair,E.S.1990. A comparison of four field methods for measuring saturated hydraulic conductivity. Trans. ASAE, 33:1925-1931.
8. Elrick, D.E.and Reynolds, W.D.1992. Infiltration from constant head well permeameters and infiltrometers. P.1-24. In G. C. Topp et al. (ed.) Advances in measurement of soil physical properties: Bringing theory into practice. SSSA spac. Puble. 30.SSSA, Madison,WI.
9. Elrick, D.E., Reynolds, W.D.and Tan, K.A.1989. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. Ground water moint. Rev., 9:184-193.
10. Elrick. D.E.and Reynolds, W.D.1986. An analysis of the percolation test based on three dimensional saturated- unsaturated flow from a cylindrical test hole.
11. Gardner, W.R.1958. " Some steady-stade solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evapopration from water table". Soil Sci ., 85:228-232.
12. Lee,D.M., Reynolds,W.D.,Elrick, D.E. and Clothier B.E. 1985. A comparison of three field methods for measuring saturated hydraulic conductivity can. Soil Sci. 65:563-573.Luthin, J.W. cditor,- Drainage of Agricultural lands. ASA. monograph7,1957.
13. Mohanty. B.P., R.S. Kanwer and C.J. Everts. 1994. Comparison of saturated hydraulic

Archive of SID

www.SID.ir

conductivity measurement methods for a glacial-till Soil Science Society American Journal, 58: 672-677.

14. Philip , J.R. 1987. The guasilineeranayLysis, the Scattering analoge, and other aspcts of in filtration and seepage .P.1-27. In Y.S. For (ed.) In filtration, development and application. Water Resources Reaserch Center, Tlonolulu.
15. Reynolds, W.D. and Zebchuk,W.D. 1996. Hydraulic conductivity in a clay soil: Two measurement techniques and spatial characterization, Soil. Sci . Soc. Am. J,. 60: 1679-1685.
16. Reynolds, W.D. 1993. Saturated hydraulic conductivity: Field measurement. P599-605. In M.R. Carter (ed) soil sampling and method of analysis. Lewis publ. Boca Raton, FL.
17. Reynolds, W.D., Vieira,S.R. and ToppG.C,. 1992. An assessment of the sing le-head analysis for the constant head well permeameter. Can. J. Soil Sci., 72:489-501
18. Reynolds, W.D.,Elrick,D.E. and ClothierB.E. 1985. The constant head well permeameter Effect on unsaturated flow. Soil Sci. 39(2):172-18.
19. Reynolds, W.D. and Elrick,D.E. 1985. In situ measurement of field saturated hydraulic conductivity sorpitivity parameter using Guelph permeameter. Soil Sci. 40(4):292-302.
20. Reynolds, W.D., Elrick,D.E. and Clothier,B.E. 1985. The constant head well permeameter. Soil Sci., 136: 172-18
21. Stephens, D.B., K.Lamert and D.Watson. 1987. Regression models for hydraulic conductivity and field test of the borehole permeameter. Water Resource Research, 23. 2207-2214.
22. Vieira, S.R., Reynolds, W.D. and Topp,G.C.1988. Spatial Variability of hydraulic properties in a highly structured clay soil. Proc. Symp. Validation of flow and transport models for unsaturated Zone 1988, Ruidoso, NM..
23. Zhunnfang F. Zhang. Pieter H. Groenevelt and Grayw. Parkin.1998. The well-shape factor for the measurement of soil hydraulic properties using the Guelph permeameter. Soil andTillage Research 49:219-221.
24. Zanger, C.N. 1953. Theory and problems of water percolations. Engenearing Monograph No. 8, Bur. of Reclamation. U.S.Dep. Int, 76p.

Archive of SID

www.SID.ir