Archive of SID

علوم و مهندسی آبیاری
جلد ۴۲، شماره‌ی ۱، بهار ۹۸، ص. ۸۱-۷۳

واسنجی روش گلف با روش پمپاژ به داخل چاهک کم عمق(SWPT) برای اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی واستخراج معادله تک عمقی لاپلاس و ریچاردز برای یک خاک لوم

عبدعلی ناصری[۱*]، زینب نادری[۲] و حیدرعلی کشکولی[۳]

۱*- نویسنده مسئول، استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز abdalinaseri@yahoo.com
۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.
۳- استاد بازنشسته گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

دریافت: ۱۳۹۵/۲/۲۵ بازنگری: ۱۳۹۶/۳/۲۵ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۳۰

چکیده

یکی از روش‌های مناسب برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بالای سطح ایستابی، روش پرامترگلف است. هدف از این پژوهش، واسنجی روش پرامتر گلف با استفاده از روش پمپاژ به داخل چاهک کم عمق (SWPT) برای یک خاک لوم بود. این تحقیق برای اعماق خاک ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری در مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. با انجام آزمایش گلف با استفاده از تحلیل دو عمقی می‌توان ضرایبی نظیر هدایت هیدرولیکی اشباع (K_{fs}) و پارامتر مربوط به خصوصیات خاک غیر اشباع (α^*) را، از حل دستگاه معادلات دو مجهولی به‌دست آورد. از آن‌جا که تعدادی از جواب‌های تحلیل دو عمقی گلف به علت ناهمگن بودن دستگاه معادلات توأم، غیرمنطقی می‌باشند، در این تحقیق از تحلیلهای تک عمقی لاپلاس (K_L) با فرض صعود مویینگی صفر، تک عمقی ریچاردز با فرض $\alpha^* = 12$ و تک عمقی رگرسیون پایه‌ای ریچاردز (K_R) برای رفع جواب‌های غیرمنطقی دستگاه پرامترگلف استفاده شد. در این تحقیق مشخص گردید که به علت بالا بودن انحراف معیار مقادیر α^* در آزمایش‌های گلف، بهتر است مقدار آن را ثابت در نظر گرفت. در اراضی مورد آزمایش با بافت خاک لومی، هدایت هیدرولیکی با روش پمپاژ به چاهک سطحی ۸۰ درصد بیشتر از هدایت هیدرولیکی با روش گلف به‌دست آمد. در صورتی که نتایج به‌دست آمده از روش گلف در ضریب ۴/۸۷ ضرب شوند، نتایج روش گلف معادل روش پمپاژ به چاهک سطحی خواهند بود. ضمنا بر پایه نتایج حاصله، روش گلف، مناسبترین روش تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بافت لوم می‌باشد.

کلید واژه‌ها: هدایت هیدرولیکی اشباع، پرامترگلف، پتانسیل ماتریک خاک،تحلیل‌های تک عمقی.

مقدمه

معروفترین و متداول‌ترین روش اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی (K) روش چاهک می‌باشد که سالهاست به طور معمول مورد استفاده قرار می‌گیرد (Zanger, 1953). استفاده از این روش در جاهایی امکان‌پذیر است که سطح ایستابی بالا و در محدوده یک متری سطح زمین باشد. در مناطق خشک و نیمه خشک به‌خصوص در فصل تابستان سطح ایستابی معمولاً بسیار پائین بوده و استفاده از روش چاهک امکان‌پذیر نمی‌باشد . به همین منظور، چندین روش برای اندازه‌گیری K در بالای سطح ایستابی تا کنون معرفی گردیده‌اند که همیشه با ضعف در مبانی تئوریک یا مشکلات عملی و بالا بودن زمان و هزینه انجام کار مواجه بوده‌اند (Kashkuli, 1992). با معرفی روش گلف توسط Reynolds و Elrick (1985) تحول بسیار مهمی در این زمینه صورت گرفت و روش گلف به دلیل برخورداری از مبانی تئوریک قوی، سرعت عمل در انجام آزمایش و هزینه بسیار کم مورد توجه واقع گردید. به کمک روش گلف یک نفر قادر است به تنهایی هدایت هیدرولیکی را در بالای سطح ایستابی در مدت کمتر از یک ساعت برای اغلب خاک‌ها به انجام برساند (Mokhtaran, 2004). در روش گلف دو فاکتور هدایت هیدرولیکی اشباع صحرایی (K_{fs}) و پتانسیل جریان ماتریکس (ϕ_m) از حل هم‌زمان دو معادله دو مجهولی مربوط به دو عمق استغراق به‌دست می‌آیند. با دو عمق استغراق متوالی در یک چاهک بر اساس قانون دارسی معادله جریان خروجی از چاهک به‌صورت معادله (۱) نوشته می‌شود.

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

که در آن H(m) ارتفاع آب در چاهک، $Q_s(m^3/s)$ دبی ثابت خروجی از چاهک با عمق استغراق H، a(m) شعاع چاهک و C

www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2017.17898.1298

فاکتور شکل چاهک که بدون بعد می‌باشد. کاربرد روش تحلیل دو عمقی فوق که به روش «ریچاردز» معروف است (Reynolds et al., 1985)، در خاک‌های یکنواخت و بدون ساختمان رضایت‌بخش بوده ولی در مواردی که خاک‌ها غیریکنواخت و لایه لایه که حاوی درز و شکاف، کرم‌راهه و ریشه‌راهه باشد، درصد زیادی نتایج منفی و غیرمنطقی برای هدایت هیدرولیکی اشباع صحرایی (K_{fs}) و پتانسیل فلوی ماتریکس (ϕ_m) تولید می‌کند (Reynolds et al., 1992). در یک خاک لوم با ساختمان کامل، در به‌دست آوردن جواب‌های مثبت و منطقی فقط ۲۷ درصد موفقیت داشتند. اطلاعات کنونی حاکی است که در حدود ۲۰ تا ۷۰ درصد جواب‌ها در اغلب خاک‌هایی که ساختمان کاملی دارند با موفقیت همراه است (Vieira et al., 1988).

ناهمگن بودن دستگاه معادله‌های دو مجهولی و ضرایب ماتریس حداقل مجذورات باعث تشدید این مشکل و تولید جواب‌های منفی می‌گردد (Elrick et al., 1989)؛ (Philip, 1987).

برای جلوگیری از بروز جواب‌های منفی Elrick et al. (1989) روش استغراق تک عمقی را پیشنهاد نمودند. در این روش معادله (۱) به صورت زیر بازنویسی می‌شود:

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

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

$$\alpha^* = \frac{K_{fs}}{\phi_m} \qquad (۴)$$

در معادله‌های فوق، پارامتر مربوط به خیصوصیات خاک غیر اشباع (α^*) از جدول (۱) تعیین و جایگزین می‌گردد، ضمناً پارامترهای این معادله‌ها در معادله (۱) تعریف شده‌اند. بنابراین می‌توان معادله‌های (۲) و (۳) را با داشتن Q_s از یک عمق استغراق به‌دست آورد و در نتیجه امکان حصول مقادیر منفی K_{fs} و ϕ_m منتفی می‌باشد. مبنای فیزیکی روش تک عمقی ارتباط بین مقدار پارامتر مربوط به خصوصیات خاک غیر اشباع (α^*)، صعود مویینگی خاک و نوع محیط متخلخل می‌باشد. مقدار پارامتر مربوط به خصوصیات خاک غیر اشباع (α^*) اهمیت نسبی مؤلفه‌های اشباع و غیراشباع خاک اطراف را نشان می‌دهد (Reynolds et al., 1985). هر چه پارامتر مربوط به خصوصیات خاک غیر اشباع (α^*) کوچکتر باشد سهم دبی خروجی ثابت از پرامتر و در نتیجه تأثیر صعود مویینگی خاک بیشتر می‌شود.

نظر به این که خاک‌های ریزبافت و نیز خاک‌های بدون ساختمان، صعود مویینگی بالایی دارند، مقدار α^* در آن‌ها کمتر است و به همین ترتیب خاکهای درشت بافت یا خاک‌های با ساختمان خوب مقادیر α^* بیشتری دارند. آزمون روش تک عمقی بر مبنای تکنیک پیشنهادی Vieira et al.(1988) برای روش چند عمقی مورد استفاده قرار گرفته است. از ترکیب رابطه لاپلاس:

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

با رابطهٔ (۲) نتیجه می شود:

$$K_{fs} = \left[\frac{2\pi H_m^2 + Ca^2}{2H_m^2 + Ca^2 + \frac{2H_m}{a}}\right] K_L \qquad (۶)$$

که در معادله (۶)، H_m (m) بیشترین عمق استغراق در چاهک است. مقایسه معادلات (۱) ، (۲) و (۵) نشان می‌دهد که K_L تخمینی از هدایت هیدرولیکی اشباع در زمانی است که مؤلفه صعود مویینگی 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 صعود مویینگی معکوس می‌باشد. به عبارتی با افزایش ϕ_m مقدار K_{fs} کاهش می‌یابد. Vieira et al. (1988) معادله (۶) را به صورت کلی زیر بیان کردند:

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

که در آن β و ω پارامترهای بدون بعد هستند. آن‌ها معادله (۷) را با تغییراتی به صورت زیر ارائه نمودند:

$$\frac{1}{\alpha^*} = \frac{\left(2H_m^2 + Ca^2\right)}{2H_m}\left[\frac{K_L}{K_{fs}} - 1\right] \qquad (۸)$$

که پارامترهای β و ω از طریق برازش با لگاریتم داده‌های K_{fs} و K_L به روش حداقل مجذورات، به‌دست می‌آیند. جفت داده‌های (K_{fs} و K_L) برای این منظور از چاهک‌هایی انتخاب می‌شوند که به‌اصطلاح «موفق» نامیده شده‌اند و در آنها K_{fs} و ϕ_m هر دو مثبت هستند. سپس معادله‌های (۵)، (۷) و (۸) در مورد همه چاهک‌ها بدون استثنا به‌کار رفته و تخمینی از K_{fs}، α^* و ϕ_m به‌دست 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 محققین بسیاری از جمله Lee et al (1985)؛ Reynolds و Elrick (1985)؛ Stephens et al. (1987)؛ Zhang et

www.SID.ir

Archive of SID

Mohanty et al. ؛(1990) Darcy et al. ؛(1988) al. (1994)؛ Reynolds و Zebchuk (1996)؛ Kashkuli و Mashal (1995) و Kashkuli et al (2001) گـزارش گردیـده اسـت. Reynolds et al. (1992) ارزیـابی مفیـدی از تحلیل تک عمقی پایه‌ای ریچاردز برای پرامتر گلف در چهار نوع خاک انجام دادند که مقدار پارامتر α^* برای این چهار نوع خـاک برابر ۱۱(m^{-1}) برآورد گردید. همچنـین Reynolds و Zebchuk (1996) در یک خاک رسی سیلتی برای مقایسه دو روش چاهک و گلف، برای رفع جواب‌های غیرمنطقی در روش دو عمقی گلف از سه تحلیل تک عمقی لاپلاس، رگرسیون پایه‌ای ریچاردز و تحلیل تک عمقی ریچاردز استفاده کردند. در این مطالعه تحلیل رگرسیون پایه‌ای ریچاردز میانگین هندسی تقریباً نزدیکـی نسـبت بـه سـایر روش‌ها با روش چاهک داشت.

روش پمپاژ به‌درون چاهک کم عمق

برای محاسبه مقدار هدایت هیدرولیکی از معادله‌های زیر استفاده می‌شود:

$$K=\frac{1440\ In\left(\frac{h}{r}+\left(\frac{h}{r}\right)+2\,1\right)-1}{2}Q \quad Tu>3h \qquad (۹)$$

$$K=1440\frac{3In\left(\frac{h}{r}\right)^{h}}{h(h+2Tu}Q \quad 3h>Tu>h \qquad (۱۰)$$

که در روابط فوق

K: ضریب آب‌گذری بر حسب متر در روز

Q: بده خروجی آب از منبع آب بر حسب مترمکعب در روز

h: عمق آب در چاهک در طول مدت آزمایش بر حسب متر

r: شعاع چاهک بر حسب متر

T_u: فاصله سطح ایستابی یا لایه غیرقابل نفوذ بر حسب متر

برای تعیین عمق لایه محدودکننده یا نفوذناپذیر Tu نیاز بـه یـک چاهک مشاهده‌ای نزدیک چاهـک آزمـایش مـی‌باشـد. از بازدیـد ظاهری هر لایه که به نظر مـی‌رسـد هـدایت هیـدرولیکی خیلـی کمتری نسبت بـه لایـه بـالا دارد، بایسـتی بـه‌عنـوان یـک لایـه محدودکننده برای تعیین Tu استفاده شود. اگر یک آزمایش هدایت هیـدرولیکی صـحرایی در یـک لایـه نشـان بدهـد کـه آن لایـه محدودکننده نیسـت، هـدایت هیـدرولیکی یـا Tu بزرگتـر دوبـاره بایستی محاسبه گردد.

هدف از این پژوهش، واسنجی روش پرامتر گلـف بـا اسـتفاده از روش پمپاژ به داخل چاهک کم عمق (SWPT) برای یک خـاک لوم در منطقه خوزستان بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اراضی مزرعه آزمایشی دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شد. برای این تحقیق چاهک‌هایی به عمق ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر در فواصل ۵ متری از هم حفر گردید که مساحتی معادل ۰/۸ هکتار را در بر گرفت. در محدوده آزمایشی، ۲۰ عدد چاهک به اسامی مختلف در اعماق مورد نظر، جهت انجام آزمایش پرامتر گلف و ۵ عدد چاهک به عمق یک متر جهت انجام پمپاژ به داخل چاهک سطحی(SWPT) حفر گردید، هم‌چنین جهت تعیین بافت خاک در ۵ قسمت از محل مورد آزمایش، چاهک‌هایی به عمق یک متر حفر شد که نمونه خاک در اعماق(۳۰-۰) سانتی‌متری ، (۶۰-۳۰) سانتی‌متری و (۱۰۰-۶۰) سانتی‌متری جهت تجزیه بافت خاک برداشت شد که بعد از کوبیدن و الک کردن، با روش هیدرومتری، درصد مواد تشکیل دهنده‌ی آن‌ها مشخص گردید. سپس با استفاده از مثلث خاک، بافت خاک منطقه معلوم گردید. نتایج بافت خاک در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول۱- تخمینی از مقادیر α^* برای انواع خاکها با بافت وساختمان متفاوت (Reynolds et al., 1985)

Table 1- Estimated α^* for soils with different texture and structure (Reynolds et al., 1985)

α^*	Soil type
1	condensed clays
4	structure less and heavy texture clays
12	Most structured clay soils and clay loam soils and also structure less medium texture and fine sand and loam sand (First estimate suitable for most soils)
36	Coarse sand and gravel, strong structured soils with cracks and macro pores

جدول ۲- نتایج تجزیه بافت خاک در منطقه مورد آزمایش

Table 2- Soil texture analysis results of experiment location

Type of soil texture	% clay	% Loam	% Sand	Depth of soil (cm)	Experiment location
Loam	22.1	41.80	36.1	0-30	Shahid Chamran University of Ahvaz
Loam	18.44	41.52	38.04	30-60	
Loam	18.95	42.00	38.35	60-100	

www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2017.17898.1298

نتایج و بحث

در محدوده آزمایشی، ۲۰ عدد چاهک به اسامی مختلف در اعماق مورد نظر جهت انجام آزمایش پرمامتر گلف و پنج عدد چاهک به عمق یک متر برای انجام پمپاژ به داخل چاهک سطحی (SWPT) حفر گردید. آزمایش‌های پرمامترگلف در کلیه چاهک‌های آزمایشی با دو بار ثابت ۵ و ۱۰ سانتی‌متری و در خاک سنگین با دوبار ثابت ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری برای هر چاهک انجام شد. در هر چاهک به ازای دو بار ثابت مقدار $\overline{R}$ (افت ثابت سطح آب درون مخزن در واحد زمان) محاسبه شد. معادله‌های هدایت هیدرولیکی، پتانسیل ماتریک خاک و پارامتر آلفا بر اساس دستگاه معادلات دو مجهولی برای هر چاهک آزمایشی به‌صورت روابط ۱۱ الی ۱۳ خلاصه می‌شوند.

نتایج محاسبات K_{fs}, ϕ_m و α^* بر اساس تحلیل دو عمقی پرمامترگلف از حل دستگاه معادله‌های دو مجهولی در ۲۰ چاهک آزمایشی نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع خاک و پتانسیل ماتریک. در محل آزمایش ۱۱ عدد چاهک آزمایشی دارای مقادیر منفی و پوچ (غیرمنطقی) از K_{fs} و ϕ_m می‌باشند و تنها ۹ عدد چاهک دارای جواب معنی‌داری (منطقی) بودند. برای رفع جواب‌های غیر منطقی مقادیر K_{fs} و ϕ_m، حاصل از تحلیل دو عمقی پرمامترگلف، از تحلیلهای تک عمقی لاپلاس (K_L) با فرض $\alpha^* = \infty$، تحلیل رگرسیون پایه‌ای ریچاردز (K_R) و تحلیل تک عمقی ریچاردز (K_S) با فرض اولیه $\alpha^* = 12$ به ازای بار ثابت ۱۰ سانتی‌متری استفاده گردید (جدول ۳). لازم به ذکر می‌باشد که برای تعیین K_R، به روش حداقل مجذورات با استفاده از نرم‌افزار SPSS مقادیر β و ω به‌دست آمد ($\omega = 1.048$ و $\beta = 0.657$). در نقاطی که توزیع فراوانی نرمال برای خواص خاک مناسب تشخیص داده شد، از این توزیع برای بررسی و تعیین پارامترهای آماری روی داده‌های هدایت هیدرولیکی استفاده گردید. در بررسی توزیع فراوانی آماری، داده‌ها، با دو معیار تمرکز (میانگین حسابی و هندسی) و پراکندگی (واریانس، انحراف معیار) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از توزیع فراوانی نرمال برای منطقه مورد آزمایش در جدول (۳) ارائه شده است.

تمامی مقادیر K_{fs} و K_L و K_R و K_S که با احتمال ۹۵ درصد ($P>0/05$) فرض نرمال بودن آن‌ها قابل قبول می‌باشد، برای محاسبات در نظر گرفته شدند. همانطور که در جداول (۴) و (۵) مشاهده می‌گردد، تحلیل تک عمقی لاپلاس دارای مقادیر متوسط بسیار بیشتری نسبت به سایر تحلیل‌ها، به‌خصوص تحلیل دو عمقی گلف دارد. این، به علت فرض α^* بی‌نهایت (صعود مویینگی صفر) در تحلیل تک عمقی لاپلاس می‌باشد. فرض H_0 که برابر بودن میانگین‌ها می‌باشد، در سطح معنی‌دار بودن ۹۵ درصد، بین مقادیر متوسط هر سه تحلیل تک عمقی ریچاردز (K_S)، رگرسیون پایه‌ای ریچاردز (K_R) و تحلیل دو عمقی گلف برقرار می‌باشد. با این وجود تحلیل رگرسیون پایه‌ای ریچاردز، میانگین هندسی تقریباً برابری با تحلیل دو عمقی گلف دارد. هم‌چنین این تحلیل انحراف معیار (SD) و خطای استاندارد (SEM) بسیار کمتری نسبت به سایر تحلیل‌ها دارا می‌باشد.

$$K_{fs(cm/\sec)} = (0.0042)(35.39)_{cm^2}(\overline{R}2)_{cm/\sec} - (0.0055)(35.39)_{cm^2}(\overline{R}1)_{cm/\sec} \quad (۱۱)$$

$$\phi_{m(cm/\sec)} = (0.058)(35.39)_{cm^2}(\overline{R}1)_{cm/\sec} - (0.924)(35.39)_{cm^2}(\overline{R}2)_{cm/\sec} \quad (۱۲)$$

$$\alpha^* = \frac{K_{fs}}{\phi_m} \quad (۱۳)$$

جدول ۳- مقادیر توزیع نرمال بر روی داده های ضرایب آبگذری تحلیل‌های تک عمقی و دوعمقی گلف

Table 3- Normal distribution amounts of Gulph single and double depth analyses of hydraulic conductivity data

Coefficient of Variation	Standard Deviation	Geometric Mean	Arithmetic Mean	Hydraulic Conductivity Parameters
0.69	0.30	1.16	0.43	K_{GP}
0.57	0.56	1.27	0.98	K_L
0.55	0.18	1.12	0.33	K_R
0.55	0.26	1.17	0.48	K_S

K_{GP}: Calculated hydraulic conductivity from double depth method of Guelph Permeameter

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر α^* به‌دست آمده از روش دو عمقی پرامتر گلف در جدول (۴) منعکس شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌گردد، این مقادیر دارای انحراف معیار و ضریب تغییرات بالایی می‌باشند. بالا بودن تغییرات و انحراف معیار داده‌ها به علت حساسیت بالای مقادیر α^* نسبت به تغییرات افت سطح آب در پرامتر گلف می‌باشند. میانگین مقادیر α^* به‌دست آمده در مزرعه آزمایشی دانشگاه شهید چمران اهواز معادل (m^{-1}) ۱۴/۰۶ می‌باشد که با فرض اولیه ما یعنی $\alpha^* = ۱۲$ ، با احتمال ۹۵ درصد برابر می‌باشند. در مطالعاتی که توسط Reynolds و Elrick (1985) صورت گرفته، اولین و بهترین فرض برای اکثر خاک‌ها، فرض $\alpha^* = ۱۲$ می‌باشد. مقادیر ϕ_m به‌دست آمده از روش دو عمقی پرامتر گلف در جدول (۵) اراضی مزرعه آزمایشی آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، در این اراضی مقادیر ϕ_m انحراف معیار (SD) بسیار پایینی نسبت به مقادیر k_{fs} دارا می‌باشند. همچنین ضریب تغییرات مقادیر ϕ_m نسبت به مقادیر α^* و حتی k_{fs} بسیار کمتر می‌باشد، این مسئله نشان‌دهنده حساسیت پایین مقادیر ϕ_m نسبت به تغییرات افت سطح آب در پرامتر گلف می‌باشد.

جدول ٤- تجزیه و تحلیل مقدار α^* درسایت آزمایشی

Table 4- Analysis of α^* Amount in Experiment site

Arithmetic Mean	14.06
Minimum	1.31
Maximum	32.34
Variance	112.88
Standard Deviation	10.33
Coefficient of Variation	75.6

جدول ٥- تجزیه و تحلیل مقدار ϕ_m در سایت آزمایشی

Table 5- Analysis of ϕ_m amount in experiment site

Arithmetic Mean	$4.86*10^{-7}$
Minimum	$6.07*10^{-8}$
Maximum	$1.50*10^{-6}$
Variance	$2.68*10^{-13}$
Standard Deviation	$5.17*10^{-7}$

جدول ٦- توصیف آماری ضریب هدایت هیدرولیکی

Table 6- Statistical descriptions of hydraulic conductivity coefficient

	K_s	K_R	K (SWPT)
Arithmetic Mean	$0.48*10^{-5}$	$0.33*10^{-5}$	$6.62*10^{-7}$
Standard Deviation	$0.26*10^{-5}$	$0.18*10^{-5}$	$1.57*10^{-7}$
Coefficient of Variation	0.55	0.55	0.2372
Variance	$6.80*10^{-12}$	$3.20*10^{-12}$	$2.46*10^{-14}$
Minimum	$0.65*10^{-5}$	$0.04*10^{-5}$	$4.39*10^{-7}$
Maximum	$1.12*10^{-5}$	$0.79*10^{-5}$	$8.10*10^{-7}$
Geometric mean	$1.17*10^{-5}$	$1.12*10^{-5}$	$6.38*10^{-7}$

www.SID.ir

Archive of SID
DOI: 10.22055/jise.2017.17898.1298

نتیجه‌گیری

در این تحقیق مشخص شدکه تحلیل تک عمقی لاپلاس، به علت فرض صعود موینگی صفر و نادیده گرفتن محیط غیراشباع در اطراف چاهک، مقادیر بسیار بیشتری از هدایت هیدرولیکی اشباع خاک نسبت به سایر تحلیل‌ها، به‌خصوص تحلیل دو عمقی گلف می‌دهد. با توجه به یکسان بودن هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در دو تحلیل رگرسیون پایه ای ریچاردز و دو عمقی گلف و هم چنین با توجه به این که تحلیل رگرسیون پایه‌ای ریچاردز دارای انحراف معیار و خطای استاندارد بسیار کمتری نسبت به سایر تحلیل‌ها، بخصوص تحلیل دو عمقی گلف است، این تحلیل به‌عنوان روش برتر جهت تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بالای سطح ایستابی با دستگاه پرمامترگلف پیشنهاد می‌گردد. بنابراین با استفاده از تحلیل رگرسیون پایه‌ای ریچاردز، می‌توان با داشتن جواب‌های مثبت برای همه مقایر K_{fs}، میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع صحرایی منطقه مورد نظر را تعیین کرد. همچنین با توجه به حساسیت بالای پارامتر α^* نسبت به تغییرات افت سطح آب در چاهک، باید مقدار آن را ثابت (معادل ۱۲) در نظر گرفت. با مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی روش گلف با روش پمپاژ به چاهک سطحی مشاهده شد هدایت هیدرولیکی به روش پمپاژ به چاهک سطحی به مراتب مقدار بیشتری از هدایت هیدرولیکی به روش گلف را نشان می دهد. به‌طوری‌که در سایت مورد آزمایش با بافت خاک لومی هدایت هیدرولیکی با روش پمپاژ به چاهک سطحی ۸۰ درصد بیشتر از هدایت هیدرولیکی با روش گلف می باشد. در روش پرمامتر گلف با چاهک عمودی و دارای قطر کم انتظار می‌رود که خلل و فرج درشت از لحاظ هیدرولیکی فعالیت کمتری را نشان داده و در نتیجه جواب‌های کمتری ارایه دهند.

References

1- Darcy, J.D., Ward, A.D., Fausey, N.R, and Bair, E.S., 1990. A comparison of four field methods for measuring saturated hydraulic conductivity. *Transaction of ASAE*, 33, pp. 1925-1931.

2- Elrick, D.E., Reynolds, W.D. and Tan, K.A., 1989. Hydraulic conductivity measurements in the unsaturated zone using improved well analyses. *Ground Water Monitoring Review*. 9, pp. 184-193.

3- Kashkuli, H., 1992. Simultaneous determination of soil hydraulic properties above the water table using Gulph method. *Proceeding of 3th Iranian Soil Congress, Soil Science Association of Iran, Tehran, Iran.* (In Persian).

4- Kashkuli, H. and Mashal, M., 1995. Comparison of the methods of field measurements of hydraulic conductivity above the water table with the Guelph method in two different soil types in Khuzestan province. *The Scientific Journal of Agriculture*, 18(1 and 2), pp. 1-24. (In Persian).

5- Kashkuli, H., Mirbehersee, H. and Nori-Emamzadehee, M., 2001. Using single-depth and Multi-depth analyzes of Guelph permeameter method to determine hydraulic conductivity and α coefficient and comparing them with auger hole method. *Journal of Soil Science Association of Iran, Selective papers of 7th Iranian Soil Congress*, pp. 82-84. (In Persian).

6-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. *Soil Science*, 65, pp. 563-573.

7-Mohanty. B.P., Kanwer, R.S. and Everts, C.J., 1994. Comparison of saturated hydraulic conductivity measurement methods for a glacial-till. *Soil Science Society American Journal*, 58, pp. 672-677.

8- Mokhtaran, R., 2004, *Evaluation of single-depth analyzes Guelph permeameter method for determination of saturated hydraulic conductivity above the water table in a medium texture soil*. Master's Thesis. Shahid Chamaran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran, 121 p. (In Persian).

9-Philip, J.R., 1987. The quasilinear analysis, the scattering analogue and other aspects of infiltration and seepage. *In* Y.S. For (Ed.), *Infiltration Development and Application*, Water Resources Research Center, Honolulu. pp. 1-27.

10-Reynolds, W.D., Elrick, D.E. and Clothier B.E., 1985. The constant head well permeameter Effect on unsaturated flow. *Soil Science*, 139(2), pp. 172-180.

11-Reynolds, W.D. and Elrick D.E., 1985. In situ measurement of field saturated hydraulic conductivity sorptivity, parameter using Guelph permeameter. *Soil Science*, 140(4), pp. 292-302.

www.SID.ir

Archive of SID

12-Reynolds, W.D., Vieira, S.R. and Topp G.C., 1992. An assessment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. *Canadian Journal of Soil Science*, 72, pp. 489-501.

13-Reynolds, W.D. and Zcbehuk, W.D., 1996. Hydraulic conductivity in a clay soil two measurement techniques and spatial characterization. *Soil Science Society American Journal*, 60, pp. 1679-1685.

14-Stephens, D.B., Lamert, K. and Watson, D., 1987. Regression models for hydraulic conductivity and field test of the borehole permeameter. *Water Resource Research*, 23, pp. 2207-2214.

15-Vieira, S.R., Reynolds, W.D., and Topp G.C. 1988. Spatial variability of hydraulic properties in a highly structured clay soil. *Proceeding Symprian Validation of Flow and Transport Models for Unsaturated Zone, Ruidoso, NM.*

16-Zanger, C.N., 1953. Theory and problems of water percolations. *Engineering Monograph No. 8*, Bur. of Reclamation, U.S. Dep. of Interior, 76 p.

17-Zhang, Z.F., Groenevelt, P.H., and Grayw, P., 1988. The well shape factor for the measurement of soil hydraulic properties using the Guelph permeameter. *Soil & Tillage Research* 49, pp. 219-221.

www.SID.ir