مقایسه روش های مختلف تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع در منطقه کرکج تبریز

سروین زمان زاد قویدل[1]، صابره دربندی[2] و امیرحسین ناظمی[3]

1- دانشجوی گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز

2- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز

3-استاد گروه مهندسی آب دانشگاه تبریز

Sn_ghavidel@yahoo.com

چکیده

هدایت هیدرولیکی یکی از مشخصات هیدرودینامیک خاک است که نقش تعیین کننده‌ای در حرکت و انتقال آب و املاح در خاک دارد. در این تحقیق روش های چاهک (زیر سطح ایستابی)، استوانه مضاعف، نفوذسنج گلف (بالای سطح ایستابی) و همچنین روش تجربی ساکسون و همکاران مورد مطالعه قرار گرفت . بر اساس آزمایشات انجام شده در منطقه کرکج تبریز نتایج بدست آمده از این چهار روش، مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت. بررسی ها نشان داد که دامنه تغییرات مقادیر K_S (هدایت هیدرولیکی اشباع) در روش نفوذسنج گلف بسیار بیشتر از دامنه تغییرات مقادیر K_S در روش چاهک می باشد و تفاوت بین این دو روش ثابت نبوده و از 0,5 تا 45,01 متغیر است و این تفاوت در روش چاهک با استوانه مضاعف بین 0,72 تا 346 نوسان داشته است. در مجموع مقادیر برست آمده از روش‌های بالای سطح ایستابی کمتر از روش‌های زیر سطح ایستابی می باشد.

کلمات کلیدی: **استوانه مضاعف، روش چاهک، سطح ایستابی، هدایت هیدرولیکی، نفوذسنج گلف**

مقدمه

هدایت هیدرولیکی یکی از مهم ترین مشخصات هیدرودینامیک خاک است که استعداد و توانایی خاک را برای عبور سیالات به ویژه آب و املاح از خود نشان می‌دهد. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی خاک‌ها وجود دارد که می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد (علیزاده،1387): 1) روش بالا سطح ایستابی 2) روش پایین سطح ایستابی. روش زیر سطح ایستابی به روشی گفته می‌شود که سطح ایستابی در لایه‌ای که برای اندازه‌گیری ضریب هدایت هیدرولیکی مد نظر است وجود داشته باشد. نمونه‌ای از روش‌های زیر سطح ایستابی روش های چاهک و پیزومتر است.روش بالای سطح ایستابی به روشی گفته می‌شود که سطح آب زیر زمینی پایین‌تر از لایه‌ای است که می-خواهیم در آن لایه هدایت هیدرولیکی را اندازه بگیریم. در این تحقیق از روش چاهک (زیر سطح ایستابی) و روش استوانه مضاعف و نفوذ سنج گلف (بالا سطح ایستابی) و روش تجربی ساکسون برای تعیین هدایت هیدرولیکی اشباع استفاده شده است.

روش چاهک

روش چاهک ضریب هدایت هیدرولیکی افقی را در زیر سطح ایستابی اندازه‌گیری می‌کند. رابطه محاسبه هدایت هیدرولیکی به روش چاهک توسط کرکهام[1] و ارنست[2] تکمیل شد، که به صورت زیر است:

$$K = c.\frac{\Delta h}{\Delta t} \qquad [1]$$

[1] Kirkham
[2] Ernest

در رابطه بالا K، ضریب هدایت هیدرولیکی (*m/day*)، $\Delta h/\Delta t$ ، سرعت بالا آمدن آب در چاهک (*cm/s*) و C ضریبی است که به شکل و ابعاد چاهک، فاصله‌ی کف چاهک تا لایه‌ی نفوذپذیر و ارتفاع آب در چاهک بستگی دارد.

روش نفوذ سنج گلف

این روش ضریب هدایت هیدرولیکی را در بالای سطح ایستابی که سطح آب زیر زمینی پائین است اندازه‌گیری می‌کند. در این روش فقط مولفه‌ی عمودی هدایت هیدرولیکی اندازه‌گیری می‌شود. سرعت نفوذ آب بر اساس قانون دارسی از معادله‌ی زیر به دست می‌آید:

$$I = K_q \frac{h + z - p}{z} \qquad [2]$$

در رابطه بالا I، سرعت نفوذ *(m/day)*، K_q ، هدایت هیدرولیکی خاک در رطوبت θ (*m/day*)، h ارتفاع آب روی سطح خاک*(m)* ،z ، عمق جبهه رطوبتی خاک*(m)* و p، فشار آب خاک در جبهه ی رطوبتی *(m)* می باشد.

روش ساکسون و همکاران

این روش هدایت هیدرولیکی را صرفاً تابعی از درصد شن و رس می‌داند. ساکسون و همکاران معادلات زیر را برای تخمین هدایت هیدرولیکی پیشنهاد داده‌اند:

$$q_s = 0.332 - 7.251\times10^{-4}(\%Sand) + 0.1276\log_{10}(\%Clay) \qquad [3]$$

$$\varphi = \left[0.03671(\%\text{Sand}) - 0.1103(\%\text{Clay}) + 8.7546\times10^{-4}(\%\text{Clay})^2\right] \qquad [4]$$

$$\mathrm{K} = \mathrm{Exp}\left[12.012 - 0.0755\left(\%\text{Sand}\right) + \left(\varphi - 3.895\right)\left(\frac{1}{\theta}\right)\right] \qquad [5]$$

مواد و روش‌ها

برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی به روش‌های مختلف و مقایسه آن‌ها آزمایش‌های صحرائی در منطقه‌ی کرکج دانشگاه تبریز انجام گرفت . برای تعیین هدایت هیدرولیکی تا حد امکان چندین چاهک در نقاط مختلف حفر گردید و در نهایت رقم متوسطی برای ضریب هدایت هیدرولیکی بدست آمد. در آزمایش استوانه‌های مضاعف ابتدا با مته نمونه-برداری گودالی را در عمق مورد نیاز حفر کرده سپس دو استوانه هم مرکز در داخل گودال حفر شده طوری قرار داده شد که هر دو استوانه داخلی و خارجی تقریبا به یک اندازه و در حدود 3-1 سانتیمتر در کف گودال فرو روند سپس در داخل هر دو استوانه تا زمانی که خاک زیرین اشباع شود به طور مرتب آب ریخته شد. بعد از اشباع شدن خاک زیرین افت بار آب در هر دو استوانه اندازه گیری گردید. برای اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی به روش گلف گودالی در خاک حفر شد و یکی از دیواره‌های آن به صورت پلکانی بوده و نفوذسنج روی هر یک از پله‌ها قرارداده شد .در روش ساکسون که مدلی تجربی است، با توجه به خصوصیات فیزیکی خاک منطقه هدایت هیدرولیکی محاسبه گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های هدایت هیدرولیکی با روش‌های چاهک، استوانه‌ی مضاعف و نفوذسنج گلف و همچنین روش تجربی ساکسون با استفاده از نرم‌افزار Mathematica محاسبه گردید. نتایج بدست آمده در جداول 1 و 2 ارائه شده است.

جداول 1 و2 نشان می‌دهند که دامنه تغییرات مقادیر K_S در روش نفوذسنج گلف بسیار بیشتر از دامنه تغییرات مقادیر K_S در روش چاهک است. به استثنای نقاط شماره 1و17 در سایر نقاط K_S محاسبه شده با روش چاهک بزرگ‌تر از K_S محاسبه شده به روش گلف می‌باشد. تحقیقات انجام گرفته نشان می دهد که مقادیر بدست آمده از روش‌های بالای سطح ایستابی (گلف) کمتر از مقادیر بدست آمده از روش‌های زیر سطح ایستابی (چاهک و استوانه مضاعف) می باشد. نتایج بدست آمده از در منطقه کرکج تبریز این نتایج را تایید می‌کند. همان طوری که در جدول 1

مشاهده می گردد اختلاف بین روش های چاهک و گلف ثابت نبوده و از 0,5 تا 45,01 تغییر می کند. بررسی آماری دقیق‌تری که روی میانگین‌های محاسبه شده به روش چاهک و گلف صورت گرفته نشان می دهد که تفاوت معنی‌داری بین این دو روش در سطح 1 درصد وجود دارد. با توجه به جدول 2 ملاحظه می‌شود که علاوه بر میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات این دو روش اختلاف زیادی نسبت به یکدیگر دارد.

جدول 1- مقادیر هدایت هیدرولیکی بدست آمده از روش‌های استوانه‌ی مضاعف (P)، نفوذسنج گلف(G)، چاهک(A) و روش تجربی ساکسون(S)

شماره گودال	K_S^P (mm/day)	K_S^G (mm/day)	K_S^A (mm/day)	K_S^S (mm/day)	$\frac{K_S^A}{K_S^P}$	$\frac{K_S^A}{K_S^G}$	$\frac{K_S^A}{K_S^S}$
1	3492.9	5045.6	2498	-	0.72	0.50	-
2	491.4	315	4846	67,1	9.86	15.38	72.22
3	9699.3	163.8	7373	73.7	0.76	45.01	100.04
4	1287.2	415.8	5587	58.2	9.34	13.44	96
5	1299.9	1159	12421	66/1	9.56	10.72	187.91
6	1859.8	1776.4	5466	75.3	2.94	3.08	72.59
7	1850.1	2116.6	16358	63.7	8.84	7.73	256.80
8	794.8	982.6	9680	81.7	12.18	9.85	118.48
9	1182.4	2066.2	9536	87.2	8.06	4.62	109.36
10	2127.9	-	8614	98.0	4.05	-	87.9
11	30.9	4283.4	10680	89.7	345.63	2.49	119.06
12	543.3	-	8015	102.7	14.75	-	78.04
13	3683.7	-	8161	70.2	2.22	-	116.25
14	2003.6	-	5804	89.7	2.90	-	64.7
15	1840.5	-	16077	81.7	8.74	-	196.78
16	1176.8	881.8	12762	78.1	10.84	14.47	163.4
17	2361.8	2431.4	2073	73.8	0.88	0.85	28.09
18	149.2	2362.2	14638	64.4	98.11	6.20	227.30

جدول2- پارامترهای آماری روش های مختلف اندازه گیری هدایت هیدرولیکی

	K_S^P (mm/day)	K_S^G (mm/day)	K_S^A (mm/day)	K_S^S (mm/day)
Range	30,9 - 9699,3	163.8 – 5045.6	2073 - 18367	52 - 102.7
SD	4.35	2.6	1.78	1.2
CV(%)	277.6	122.4	63	18.3
$\overline{K}_s$	1195	1186	9011	73

همان گونه که از جدول 2 مشاهده می‌شود دامنه تغییرات مقادیر K_S^P بیشتر از دامنه تغییرات مقادیر K_S^A است. در ضمن به جز نقاط 1،3،17 در بقیه نقاط روش چاهک همواره K_S بزرگ تری در مقایسه با روش استوانه‌های مضاعف

دارد. با این حال تغییرات شدید $\frac{K_S^A}{K_S^P}$ بیانگر این واقعیت است که تفاوت بین دو روش در کلیه نقاط مورد آزمایش ثابت نبوده و دامنه آن بین 0,72 تا 346 نوسان داشته است و همچنین ضریب تغییرات و انحراف معیار داده‌ها در این دو روش تفاوت فاحشی را نسبت به یکدیگر نشان می‌دهند.

جدول3- نتایج تجزیه واریانس لگاریتم طبیعی مقادیر K_S

ردیف	تیمار	میانگین حسابی لگاریتم طبیعی مقادیر K_S
1	روش چاهک	9/106a
2	روش استوانه های مضاعف	7/09b
3	روش نفوذ سنج گلف	7/078b
4	روش ساکسون و همکاران	4/281c

نتایج مندرج در جدول 3 حاکی از تفاوت معنی‌داری هر دو روش با یکدیگر می باشد. در روش ساکسون مقادیر K_S^S در تمامی نقاط آزمایش بدون استثنا کوچک تر از مقادیر K_S^A محاسبه شده است. با یک مقایسه اجمالی به سادگی می‌توان دریافت که علیرغم کوچک تر بودن انحراف معیار و ضریب تغییرات مقادیر K_S^S در مقایسه با انحراف معیار و ضریب تغییرات مقادیر K_S^A مدل مذکور برآورد قابل قبولی از K_S ارائه نداده است. با توجه به معادله ساکسون و همکاران که K_S را صرفا تابعی از درصد شن و رس می داند. مدل مذکور بیشترین مقدار K_S را در نقطه شماره (12) که دارای کمترین مقدار شوری است، تخمین زده است. زیرا در این نقطه با به حداقل رسیدن تاثیر عوامل شوری، تخمین K_S با دقت بهتری صورت گرفته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایشات انجام شده هدایت هیدرولیکی در روش‌های بالا سطح ایستابی نسبت به روش‌های زیر سطح ایستابی کمتر است و اختلاف مقادیر هدایت هیدرولیکی بین روش‌های زیر و بالای سطح ایستابی بیشتر می باشد و نمی‌توان ضریب ثابتی را به منظور تعدیل نتایج توصیه کرد. روش چاهک که هدایت هیدرولیکی خاک‌ها را در زیر سطح ایستابی اندازه‌گیری می‌کند علاوه بر سادگی اجرا می‌تواند مستقیما در تعیین فاصله زهکش‌ها و ... استفاده شود به همین دلیل توصیه می‌شود که از این روش به عنوان مبنا در ارزیابی روش‌های بالا سطح ایستابی استفاده شود.

منابع

علیزاده، ا. زهکشی جدید ، چاپ سوم ، 1387، انتشارات دانشگاه امام رضا ، مشهد ، ایران.

بای‌بوردی، م . اصول مهندسی زهکشی و بهسازی خاک، چاپ ششم، 1386 ، انتشارات دانشگاه تهران.

Amoozegar A, Wilson GV, 1999. Methods for measuring hydraulic conductivity and drainable porosity.

Rogers JS, Fouss, JL,1989.Hydraulic conductivity determination from vertical and horizontal drains in layered profiles.Transactions of the ASAE.32:589-595.

Moustafa M.2000. A geostatistical approach to optimize the determination of saturated hydraulic conductivity for large-scale subsurface drainage design in Egypt, Agricultural Water Management,42:291-312