تعیین ضریب نفوذپذیری بر اساس منحنی دانه بندی

محمد مهدی حیدری[1]

1- دانشجوی دکترای سازه های آبی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان

mehdiheydari1@yahoo.com

چکیده

چندین معادله تجربی برای محاسبه ضریب هدایت هیدرولیکی با استفاده از توزیع اندازه دانه های مواد آبخوان تحکیم نیافته در این مطالعه ارزیابی شده است. تجزیه و تحلیل درجه بندی نمونه های خاک برای تعیین طبقه بندی و توزیع اندازه ذرات انجام شد؛ هدایت هیدرولیک هر نمونه محاسبه شد. نتایج نشان داد که تمام هفت فرمول تجربی قابل اطمینان هدایت هیدرولیک نمونه های خاک های در محدوده شناخته شده تخمین زدند.فرمول کوزنی-کارمن نشان داد که این بهترین برآورد کننده نمونه ها در بسیاری از تجزیه و تحلیل ها است.

کلمات کلیدی: **ضریب نفوذپذیری ، فرمول تجربی ، منحنی دانه بندی**.

مقدمه

در هیدرولوژی آبهای زیرزمینی ، شناخت هدایت هیدرولیکی اشباع خاک برای مدلسازی جریان آب در خاک ، در هر دو صورت منطقه اشباع و غیراشباع و انتقال مواد آلاینده های محلول آب در خاک بسیار ضروری است. همچنین یک پارامتر مهم برای طراحی زهکشی منطقه و احداث سد خاکی و خاکریز و دایک است. یکی از روش های برآورد هدایت هیدرولیکی از طریق فرمولهای تجربی است که بر اساس اندازه دانه و مشخصات توزیع دانه بندی توسعه یافته اند و برای غلبه بر این مشکلات مورد استفاده قرار می گیرند. روشهای اندازه دانه ارزان تر هستند و به هندسه و مرزهای هیدرولیک آبخوان بستگی ندارد. در نتیجه ، متخصصان آبهای زیرزمینی برای چند دهه سعی کردند تا بین هدایت هیدرولیکی و اندازه دانه ها رابطه برقرار کنند. کارهای انجام شده پیشرفت های رو به جلوی داشته ، اما دریافت شده که این رابطه به آسانی برقرار نمی شود (پیندر و سلیا 2006) .بررسی هایی زیادی توسط محققان روی این رابطه انجام شده و چندین فرمول بر اساس کار تجربی بدست آمده است. توسط کازنی (1927) فرمولی پیشنهاد شد و توسط کارمن (1937 و 1956) تغییرو اصلاح شد تا معادله کازنی-کارمن ارئه شود. کارهای دیگری توسط هیزن (1892) ، شپرد(1989)،آلیامانی و شن (1993) ، ترزاقی و پک (1964) انجام شد. بنابراین ، هدف از این مقاله ، این است که ارزیابی کاربردی بودن و قابلیت اطمینان برخی از فرمولهای تجربی متداول مورد استفاده برای تعیین هدایت هیدرولیکی خاک و مصالح سنگ تحکیم نیافته است.

فرمولهای تجربی متداول

هدایت هیدرولیکی (K) را می توان با آنالیز اندازه ذرات رسوب و با استفاده از معادلات تجربی مربوط به آن که به برخی از ویژگی اندازه ذرات رسوب مربوط می شود تخمین زد. وکوویچ و سورو (1992) ، به بیان مختصری در روش های مختلف از مطالعات تجربی سابق پرداختند و فرمول کلی زیر را ارائه کردند:

$$K = \frac{g}{n}.C.f(n).d_e^2 \qquad (1)$$

که در آن K : هدایت هیدرولیکی، g: شتاب ثقل ، υ : ویسکوزیته سینماتیکی ، C: ضریب مرتب سازی، f(n): تابع تخلخل و de قطر موثر ذرات است. ویسکوزیته سینماتیکی(υ) به لزجت دینامیکی(μ) وچگالی سیال(آب) (ρ) وابسته است و به شرح زیر است :

$$n = \frac{m}{r} \qquad (2)$$

مقادیر C ،f(n) و de به روش های مختلف مورد استفاده در آنالیز اندازه دانه ها بستگی دارند. به عقیده وکوویچ و سورو (1992) ، تخلخل (n) ممکن است از یک رابطه ای تجربی با استفاده از ضریب یکنواختی ذرات (U) بدست آید مثل رابطه زیر :

$$n = 0.255(1 + 0.83^{U}) \qquad (3)$$

که در آن U ضریب یکنواختی دانه ها است و عبارتست از :

$$U = \left(\frac{d_{60}}{d_{10}}\right) \qquad (4)$$

که در اینجا ، D60 و D10 در فرمول مربوط به قطر ذراتی (میلی متر) است که برای آنها ،60 درصد و10 درصد از نمونه به ترتیب از آن کوچکترند. مطالعات گذشته فرمولهای زیر را که در بردارنده شکل کلی معادله (1) فوق است را ارائه داده اند اما تفاوت انها در مقادیر C ،f(n) و de و دامنه کاربرد آنهاست .

(5) هیزن :
$$K = \frac{g}{n} \times 6 \times 10^{-4} \times [1 + 10(n - 0.26)] \times d_{10}^2$$

فرمول هیزن در اصل برای تعیین هدایت هیدرولیکی شن و ماسه یکنواخت قابل استفاده است ، اما همچنین برای شن و ماسه ریز نیز مفید باشد ، مشروط به اینکه ذرات دارای ضریب یکنواختی کمتر از 5 و اندازه قطر موثر بین 0/1 و 3 میلیمتر باشند.

(6) کازنی- کارمن :
$$K = \frac{g}{n} \times 8.3 \times 10^{-3} \times \left[\frac{n^3}{(1-n)^2}\right] \times d_{10}^2$$

معادله کازنی- کارمن یکی از متداول ترین وگسترده ترین معادلات پذیرفته شده با استفاده از نتایج نفوذ پذیری به عنوان تابعی از ویژگی های متوسط خاک استفاده می شود. این معادله در اصل توسط کازنی (1927) پیشنهاد شدوسپس توسط کارمن(1937و1956) تغییر یافته و اصلاح گردید وتبدیل به معادله کازنی-کارمن شد. این معادله برای هر خاکی که دارای اندازه مؤثر بالاتر از 3 میلیمتر یا برای خاکهای رسی (کریر 2003) مناسب نیست .

(7) برير :
$$K = \frac{g}{n} \times 6 \times 10^{-4} \times \log\frac{500}{U} \times d_{10}^2$$

روش بریر، تخلخل را در نظر نمی گیرد و در نتیجه ، تابع تخلخل برابر 1 در نظر گرفته می شود. فرمول بریر اغلب بیشتر برای مواد با توزیع ناهمگن و غیریکنواخت و مرتب سازی ضعیف دانه ها و با ضریب یکنواختی بین 1 تا 20 و اندازه موثر ذرات بین 0/06 و 0/6 میلیمتر قابل استفاده و مفید است.

(8) اسلیچر :
$$K = \frac{g}{n} \times 1 \times 10^{-2} \times n^{3.287} \times d_{10}^2$$

فرمول اسلیچر بیشتر برای اندازه ذرات بین 0/01 تا 5 میلیمتر قابل استفاده است.

(9) ترزاقی :
$$K = \frac{g}{n} \times C_t \times \left(\frac{n - 0.13}{\sqrt[3]{1-n}}\right)^2 \times d_{10}^2$$

در فرمول ترزاقی Ct : ضریب مرتب سازی و بین مقادیر $6/1\times10^{-3}$ و $10/7\times10^{-3}$ است. در این مطالعه ، مقدار متوسط Ct استفاده می شود. فرمول ترزاقی بیشتر قابل استفاده برای شن و ماسه دانه بزرگ است (چنگ و چن 2007) .

$$K = \frac{g}{n} \times 4.8 \times 10^{-4} \times d_{20}^{0.3} \times d_{20}^{2}$$: USBR (10)

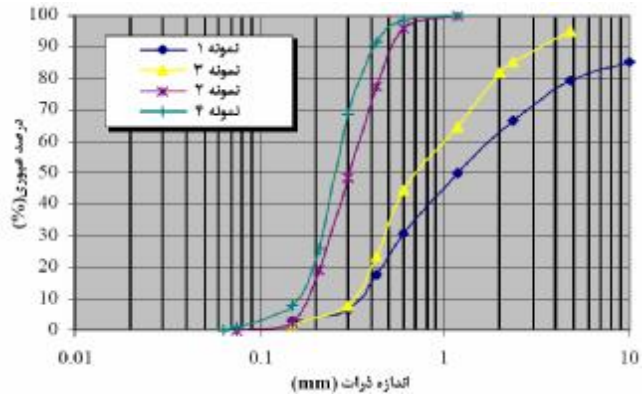
کمیته آبادانی ایالات متحده (USBR) فرمولی را برای محاسبه ضریب هدایت هیدرولیکی با توجه به اندازه موثر ذرات (d_{20}) و عدم وابستگی به تخلخل ارائه کرده است. از این رو تابع تخلخل برابر 1 است. فرمول برای شن و ماسه دانه متوسط با ضریب یکنواختی کمتر از 5 مناسب است (چنگ و چن 2007).

$$K = 1300 \times [I_O + 0.025(d_{50} - d_{10})]^2$$ (11) آلیامانی و شن :

در فرمول آلیامانی و شن ، K ضریب هدایت هیدرولیکی (متر در روز) ، Io محل تقاطع شیب منحنی حاصل از خط اتصال d10 وd50 منحنی توزیع دانه‌ها است ، D10 قطر موثر دانه (میلیمتر) ، و D50 متوسط قطر دانه (میلیمتر) است.

نتایج و بحث

آنالیز توزیع اندازه ذرات (دانه بندی): نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل توزیع اندازه ذرات در چهار نمونه خاک مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل1- منحنی توزیع ذرات (دانه بندی) نمونه های خاک

با استفاده از کلیه این نتایج ، ضریب هدایت هیدرولیکی با استفاده از هفت فرمول تجربی بحث شده در بالا محاسبه شد و در جدول1 ارائه شده است. از آنجا که ضریب گرانروی سینماتیک نیز برای برآورد هدایت هیدرولیکی لازم است ، مقداری برابر با 0/0874 متر مربع بر روز برای درجه حرارت آب 20 درجه سانتی گراد در این مطالعه در نظر گرفته شد.

جدول1- مقادیر هدایت هیدرولیکی محاسبه شده از آنالیز اندازه ذرات با استفاده از فرمولهای تجربی

نمونه ها و طبقه بندی آنها	نمونه 1 ماسه گراول دار	نمونه 2 ماسه متوسط	نمونه 3 ماسه درشت	نمونه 4 ماسه متوسط
d10 (mm)	0/339	0/180	0/310	0/157
d20 (mm)	0/468	0/220	0/40	0/189
d50 (mm)	1/180	0/330	0/720	0/258
d60 (mm)	1/80	0/345	1/00	0/280
U	5/309	1/917	3/226	1/783
n	0/349	0/433	0/395	0/438
Io (mm)	0/249	0/157	0/254	0/139
هیزن (متربر روز)	-----	44/454	113/50	34/439
کازنی- کارمن (متربر روز)	80/139	56/882	112/495	45/591
بریر (متربر روز)	114/009	39/347	105/787	30/324
اسلیچر (متربر روز)	30/249	17/327	38/001	13/689
ترزاقی (متربر روز)	51/630	-----	66/381	-----
USBR(متربر روز)	-----	12/356	-----	8/713
آلیامانی و شن (متربر روز)	94/788	33/593	90/776	26/038

نتیجه گیری

بر اساس تجزیه و تحلیل ها و نتایج فوق ، نتایج زیر را می تواند برداشت کرد: 1- برآورد هدایت هیدرولیکی خاک بر اساس مشخصات دانه بندی می تواند به نسبت ، مقادیرکمتر و یا بیشتر از مقدار واقعی تخمین زده شود مگر آنکه روش مناسبی انتخاب و استفاده شود. 2- برای نمونه های مورد مطالعه ، و نتایج بدست آمده ممکن است برای طیف گسترده ای از نوع خاک قابل استفاده باشد، بهترین برآورد کلی از نفوذ پذیری بر اساس فرمول کازنی-کارمن و به دنبال آن فرمول هیزن بدست آمده است. با این حال ، فرمول بریر بهترین روش برای برآورد خاک های با ناهمگنی بیشتر است.3-فرمولهای اسلیچر، ترزاقی وUSBR در مقایسه با دیگر فرمولهای ارزیابی شده برآورد کمتری از هدایت هیدرولیکی ارائه می کنند. 4-فرمول آلیامانی و شن بسیار به شکل منحنی دانه بندی حساس است و باید با دقت زیاد مورد استفاده قرار گیرد. 5-بنابراین ، فرمول های مناسب برای محاسبه هدایت هیدرولیکی نمونه ها در این مطالعه عبارت بود از قرار زیر : 1- برای نمونه 1 فرمول بریر مناسب است . m/day 114.009 =K 2- برای نمونه2 فرمول کازنی-کارمن مناسب است . m/day 56.882 =K 3- برای نمونه 3 فرمول کازنی-کارمن مناسب است . فرمولهای هیزن و بریر نیز قابل قبول هستند. m/day 112.495 =K 4- برای نمونه 4 فرمول کازنی-کارمن مناسب است . m/day 45.591 =K

منابع

Alyamani, M.S., and Sen, Z. 1993.Determination of Hydraulic Conductivity from Grain-Size Distribution Curves. Ground Water, 31,551-555.

Carman, P.C. 1956. Flow of Gases through Porous Media. Butterworths Scientific Publications, London.

Carrier, W.D. 2003. Goodbye, Hazen; Hello, Kozeny-Carman. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.1054.

Cheng, C., and Chen, X. 2007. Evaluation of Methods for Determination of Hydraulic Properties in an Aquifer- Aquitard System Hydrologically Connected to River. Hydrogeology Journal. 15: 669-678

Hazen, A. 1892. Some Physical Properties of Sands and Gravels, with Special Reference to their Use in Filtration. 24th Annual Report, Massachusetts State Board of Health, Pub.Doc. No.34, 539-556

Kozeny, J. 1927. Uber Kapillare Leitung Des Wassers in Boden. Sitzungsber Akad. Wiss.Wien Math.Naturwiss.Kl., Abt.2a, 136,271-306 (In German).

Pinder, G. F., and Celia, M. A. 2006. Subsurface Hydrology. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey.

Shepherd, R.G. 1989. Correlations of Permeability and Grain Size. Groundwater. 27(5):663-638.

Terzaghi,K., and Peck,R.B. 1964. Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley, New York.

Todd,D.K., and Mays, L.W. 2005.Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons, New York .