تعیین هدایت هیدرولیکی در محیطهای متخلخل با جریان غیر دارسی

محمد شایان نژاد
استادیار گروه آبیاری دانشگاه شهرکرد

مقدمه

یکی از مهمترین روابط حاکم بر جریان در محیطهای متخلخل ، رابطه دارسی است . این رابطه در جریان آرام صادق است. اما در محیطهای سنگدانه ای که دارای خلل و فرج درشت است جریان بصورت آشفته می باشد. در چنین محیطهایی روابط زیادی توسط محققین مختلف ارائه شده است که از جمله می توان به روابط ارگان (۱۹۵۲) ، ویل کینز (۱۹۵۶) ، وارد (۱۹۶۴) ، لپس (۱۹۷۲) ، مک کورکودال و همکاران (۱۹۷۸) ، استفان سن (۱۹۷۹) ، هنزا و فلتون (۱۹۹۱) و روابط لی و همکاران (۱۹۹۸) اشاره نمود. که در این تحقیق از رابطه اخیر که بصورت زیر می باشد استفاده شده است:

$$f = aR_e^b \qquad (۱)$$

در رابطه فوق:

f = ضریب اصطکاک دارسی – ویسباخ

R_e = عدد رینولدز

ضرایب a و b تابعی از خواص سیال و محیط متخلخل می باشد که با استفاده از داده های آزمایشگاهی تعیین می شود. هدایت هیدرولیکی در جریان غیر دارسی تابعی از این ضرایب می باشد.

تئوری

رابطه دارسی – ویسباخ برای محاسبه افت اصطکاکی بصورت زیر می باشد :

$$h_f = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \qquad (۲)$$

در رابطه فوق :

h_f = افت اصطکاکی

L = طول محیط متخلخل در امتداد جریان

D = قطر متوسط ذرات

V = سرعت عبور سیال از محیط متخلخل

g = شتاب ثقل

با ترکیب معادلات (۱) و (۲) رابطه زیر بدست می آید :

$$V = \left(\frac{2gv^b}{aD^{b-1}}\right)^{\frac{1}{b+2}} i^{\frac{1}{b+2}} \qquad (۳)$$

در رابطه فوق:

i = گرادیان هیدرولیکی (h_f/L)

v = لزجت سینماتیکی سیال

جمله اول در طرف سمت راست رابطه فوق را هدایت هیدرول جریان آشفته (K_t) گویند :

$$K_t = \left(\frac{2gv^b}{aD^{b-1}}\right)^{\frac{1}{b+2}} \qquad (۴)$$

اگر مقدار b برابر با ۱- باشد ، رابطه (۳) تبدیل به معادله دارسی می شود.

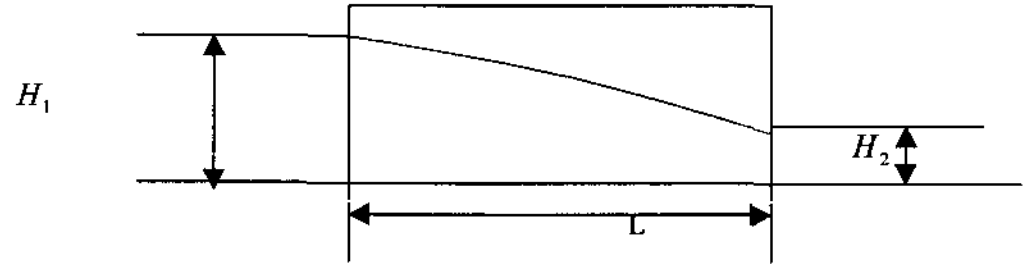
پس از تعیین ضرایب a و b می توان مقدار K_t را از رابطه (۴) محاسبه نمود. استفاده از رگرسیون برای بدست آوردن این ضرایب معادله (۱) ، باعث بروز خطا می شود. زیرا برای محاسبه عدد رینولدز بایستی سرعت جریان اندازه گیری شود و همانطوریکه در قسمت بعد توضیح داده خواهد شد ، سرعت جریان در محیط متخلخل در امتداد جریان متغییر است . برای جلوگیری از بروز خطا از روش بهینه سازی غیر خطی استفاده می شود. در این روش از یک رابطه ریاضی برای محاسبه دبی جریان استفاده می گردد. رابطه مذکور با ترکیب معادله (۳) با معادله پیوستگی جریان بصورت زیر بدست می آید:

$$Q = \left(\frac{1}{L}\right)^{\frac{1}{b+2}} \frac{K_t W}{(3+b)^{\frac{1}{b+2}}} \left(H_1^{3+b} - H_2^{3+b}\right)^{\frac{1}{b+2}} \qquad (۵)$$

رابطه فوق در هیچ مرجعی ارائه نشده است. طریقه استفاده از این رابطه و معرفی پارامترهای آن در قسمت بعدی توضیح داده خواهد شد.

مواد و روشها

در یک فلوم آزمایشگاهی بعرض W ، یک محیط متخلخل بطول L مطابق شکل زیر تهیه می شود :



شکل۱- نمائی از فلوم آزمایشگاهی

برای جلوگیری از ریزش ذرات ، در دو طرف محیط از توری استفاده می شود. در طول فلوم یک وسیله اندازه گیری دبی تعبیه می شود. به ازای دبی های مختلف (Q_n.... و Q_2 و Q_1) ارتفاعات H_1 و H_2 قرائت می شود. با توجه به شکل (۱) سطح مقطع جریان و در نتیجه سرعت جریان در امتداد جریان متغیر است. بنابراین به ازای یک دبی معین نمی توان یک مقدار معین برای سرعت اندازه گیری نمود .

ضرایب معادله (۵) به گونه ای تعیین می شود که اختلاف بین دبی اندازه گیری شده (Qm) و دبی محاسبه شده از معادله مذکور (Q_c) حداقل شود. بعبارت دیگر مقدار δ در رابطه زیر بایستی حداقل شود.

$$\delta = \sum_{i=1}^{n} (Q_m - Q_c)^2 \qquad (۶)$$

رابطه فوق مبنای روش بهینه سازی غیر خطی است .تعیین ضرایب بر مبنای حداقل کردن δ با یک نرم افزار کامپیوتری انجام می شود.

نتایج و بحث

در این تحقیق (بجای معادله دارسی)یک رابطه غیر خطی بین سرعت و گرادیان هیدرولیکی برای جریان آشفته ارائه شد همچنین یک رابطه برای هدایت هیدرولیکی جریان آشفته ارائه گردید. با انجام آزمایشاتی برای محیطهای متخلخل مختلف که قطر متوسط دانه ها آنها بین ۲/۵ تا ۱۳ سانتی متر بود، ضرایبa و b با استفاده از روش بهینه سازی غیر خطی بترتیب برابر۰/۰۷۷- و ۵۴ تعیین شد. بر اساس این ضرایب، رابطه (۴) بصورت رابطه کلی زیر تبدیل می شود.

$$K_t = 1.027 D^{0.56} \qquad (۷)$$

رابطه فوق در سیستم متریک می باشد و می توان آن را برای تعیین هدایت هیدرولیکی محیطهای متخلخلی که قطر متوسط دانه ها در آنها بین ۲/۵ تا ۱۳ سانتی متر باشد بکار برد.

منابع مورد استفاده

1.Ergun,S., " Fluid Flow Through Packed Columns", Chemical Eng . Progress, Vol. 48, No. 2, 1952.
2. Herrera, N.M ., and G.K ., Felton, " Hydraulics of Flow Through a Rockfill Dam Using Sediment – Free Water" ,Trans. of the ASAE , Vol. 34, No.3, pp. 871- 875,1991
3. Leps,T.M., "Flow Through Rockfill", Embankment Dan Engineering New York, pp. 87-105,1973.
4. Li, B.,V.K., Garga, and M.H ., Davies, " Relationships for Non- Darcy Flow in Rockfill",J.of Hydraulic Eng., Vol. 124, No.2, pp. 206-212,1998.
5. McCorguodal ,J.A.,A.A., Hannoura ,and M.S., Nasser, "Hydraulic Conductivity of Rockfill" ,J.Hydr. Res.,Delft,the Netherland, Vol. 16, No. 2, pp.123- 137,1978.
6. Stephensen, D., *Rockfill in Hydraulic Engineering*, Elsevier Science publisher , New York,1979
7. Ward, J.C., "Turbulent Flow in Porous Media",J.Hydr.Div.ASCE, Vol. 92, No. 4,pp.1- 12,1964.
8. Wilkins,J.K., "Flow of Water Through Rockfill and Its Application to the Design of Dams" ,Proc.,2nd Austalia New Zealand Conf. On Soil Mech. and Foundation Engineering , pp. 144-149,1956.