كليّة الهندسة

السنة الثالثة

الفصل الأول

الدكتور: منصوري

28/10/2013

المحاضرة

5

عدد الصفحات

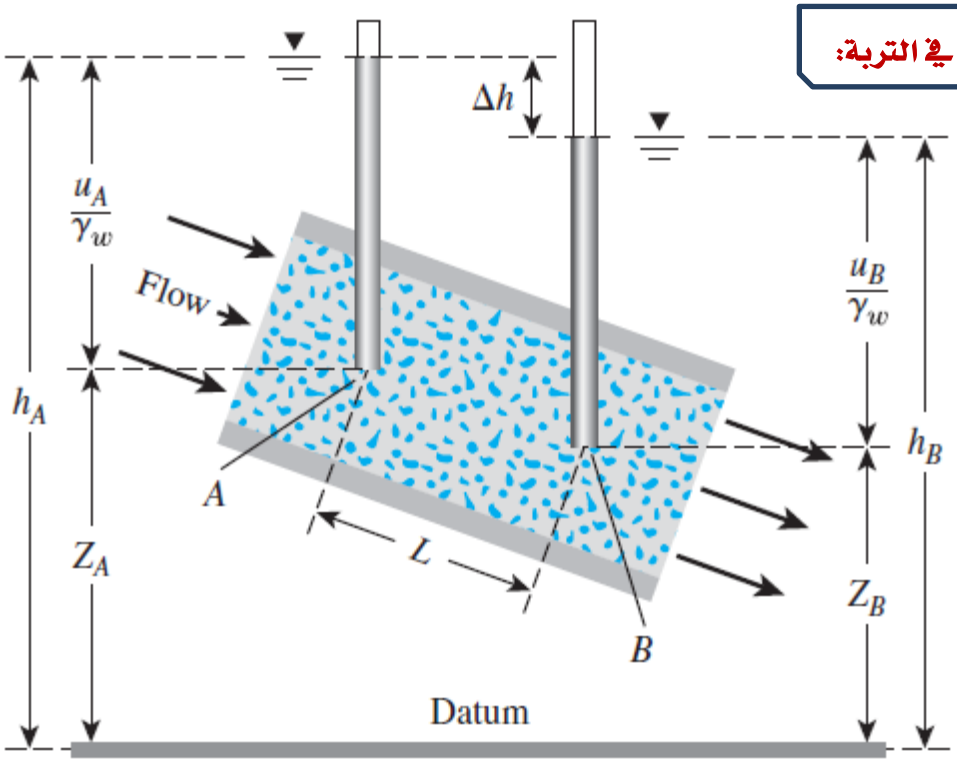
8

النفاذيـة – Permeability

١- مقدمة:

يتم جريان المياه بين حبيبات التربة عبر المسامات وذلك بسبب تغير الضاغط الهيدروليكي. ويعتبر تقدير كمية المياه والقوى الناتجة عن الجريان من أهم المعضلات التي تدخل في دراسة المنشآت الهندسية مثل السدود الترابية والجدران الإستنادية وتوازن المنحدرات وكذلك أعمال المنشآت المطمورة.

٢- علاقة برنولي في التربة:



من المعلوم في الهيدروليك بأن معادلة برنولي لجريان المياه تكتب على الشكل التالي:

$$h = \frac{u}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} + Z$$

حيث يبين الشكل السابق مختلف الحدود في هذه المعادلة.

إن قبول تطبيق علاقة برنولي على جريان المياه ضمن فراغات التربة (دون أن يتم جرف الحبيبات) يعني أن يتم إهمال الحد المتعلق بالسرعة وبالتالي تختصر هذه العلاقة على الشكل

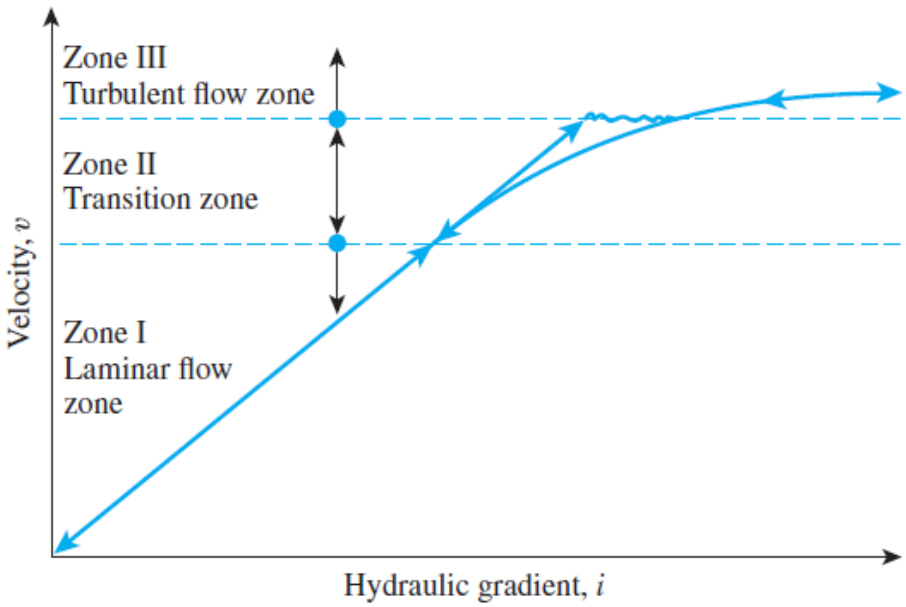
$$h = \frac{u}{\gamma_w} + Z$$

يمكن تحديد قيمة الضياعات بين النقطتين A و B بالفرق التالي:

$$\Delta h = h_A - h_B = \left(\frac{u_A}{\gamma_w} + Z_A\right) - \left(\frac{u_B}{\gamma_w} + Z_B\right)$$

وبالتالي يمكن تحديد التدرج (الميل) الهيدروليكي بين هاتين النقطتين :

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$



بينت الدراسات بأن تغير سرعة الجريان (وبالتالي طبيعة الجريان) تتأثر بقيمة التدرج الهيدروليكي وذلك كما هو موضح على الشكل التالي:

٣- قانون Darcy :

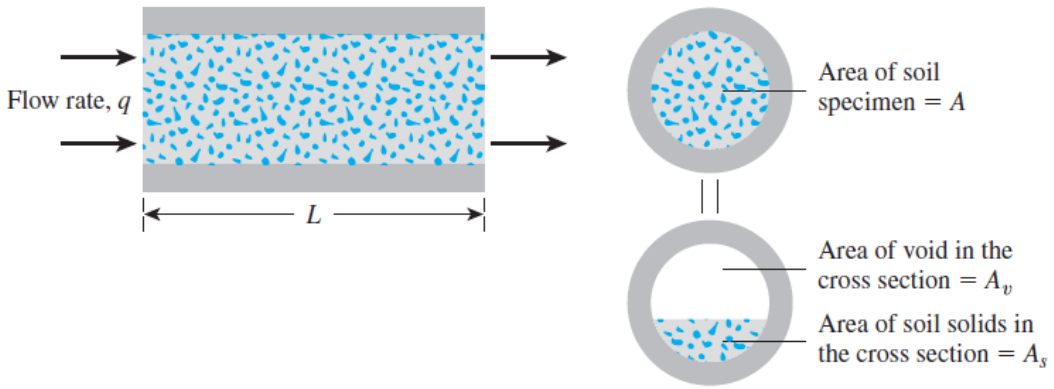
بين دارسي عام ١٨٥٦ أن الجريان في التربة هو جريان صفحي عندما لا يكون هناك جرف لحبيبات التربة وبالتالي بحسب الشكل السابق نلاحظ أن تغير سرعة الجريان يتم بشكل خطي بدلالة الميل الهيدروليكي أي:

$$v = ki$$

حيث K هو معامل النفاذية (أو معامل الناقلية الهيدروليكية)

لكن الجريان ضمن التربة لا يتم بنفس الطريقة التي تتم في الأنابيب حيث يجب التمييز بين السرعة V المرتبطة بكامل مقطع العينة A والسرعة VS المرتبطة بالمقطع النظري Av (مجموع مساحات الفراغات) كما هو موضح على الشكل التالي:

7.2 Darcy's Law



لو حسينا الغزارة :

$$q = vA = A_v v_s$$

وبتعويض A نجد:

$$q = v(A_v + A_s) = A_v v_s$$

وبإدخال L طول العينة نجد:

$$v_s = \frac{v(A_v + A_s)}{A_v} = \frac{v(A_v + A_s)L}{A_v L} = \frac{v(V_v + V_s)}{V_v}$$

$$v_s = v\left[\frac{1+\left(\frac{V_v}{V_s}\right)}{\frac{V_v}{V_s}}\right] = v\left(\frac{1+e}{e}\right) = \frac{v}{n}$$

أي أن سرعة الجريان النظري VS هي أكبر من السرعة الفعلية V التي تدخل في علاقة دارسي.

والتالي يبين قيم معامل النفاذية لبعض الترب بحسب تصنيفها:

Typical Values of Hydraulic Conductivity of Saturated Soils

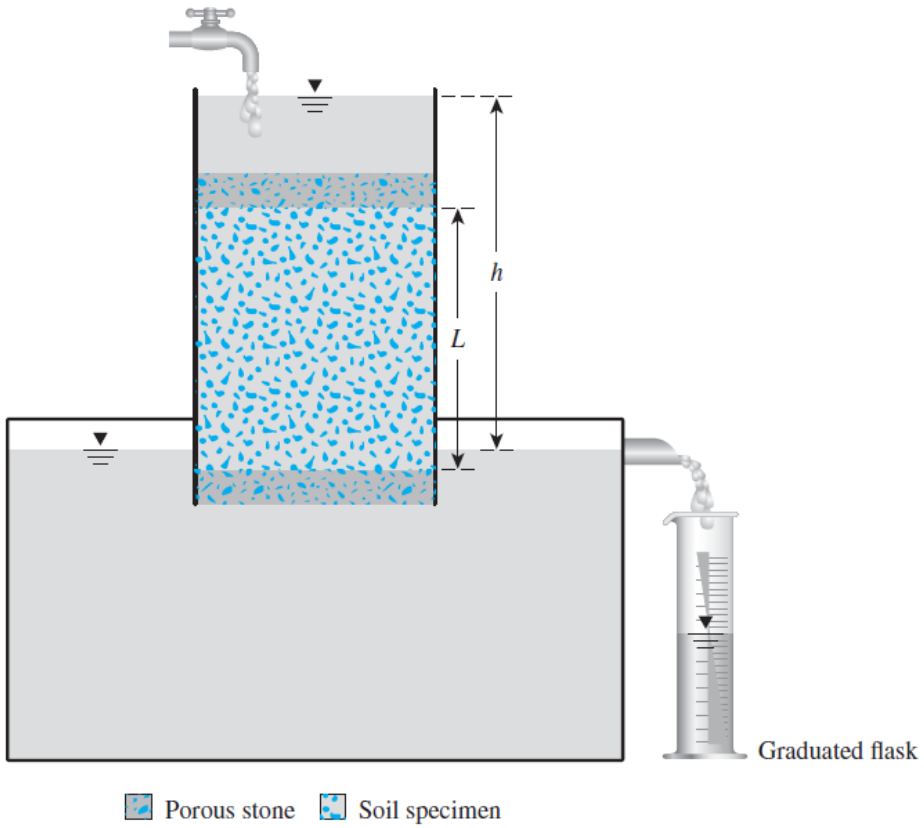
Soil type	k	
	cm/sec	ft/min
Clean gravel	100−1.0	200−2.0
Coarse sand	1.0−0.01	2.0−0.02
Fine sand	0.01−0.001	0.02−0.002
Silty clay	0.001−0.00001	0.002−0.00002
Clay	<0.000001	<0.000002

٤- طرق قياس معامل النفاذية مخبريا:

توجد هناك طريقتان الأولى تستخدم للترب الحبيبية وهي طريقة الضاغط الثابت في حين أن طريقة الضاغط المتحول تستخدم للترب الناعمة أي الترب ذات النفاذية المنخفضة.

٤ -١ - طريقة الضاغط الثابت:

مبدأ هذه التجربة موضح على الشكل أدناه بحيث يكون منسوب المياه في الخزان h ثابت خلال فترة قياس كمية المياه Q التي تعبر العينة.



إن كمية المياه التي تعبر العينة هي مع التعويض بعلاقة دارسي:

$$Q = Avt = A(ki)t$$

لكن التدرج الهيدروليكي المطبق على طرفي العينة هو:

$$i = \frac{h}{L}$$

بالعويض يصبح معامل النفاذية معطى بالعلاقة :

$$k = \frac{QL}{Aht}$$

من الواضح أنه يتم مخبرياً فقط قياس كمية المياه Q خلال زمن t وتكون بقية المجاهيل محددة مخبريا من خلال التجهيزات المخبرية وأبعادها

٥- ٢ - طريقة الضاغط المتحول:

لو فرضنا أن A مقطع العينة وأن a مقطع أنبوب الضاغط فستكون q الغزارة المارة عبر العينة خلال المدة الزمنية dt هي:

$$q = k\frac{h}{L}A = -a\frac{dh}{dt}$$

ومنه نكتب:

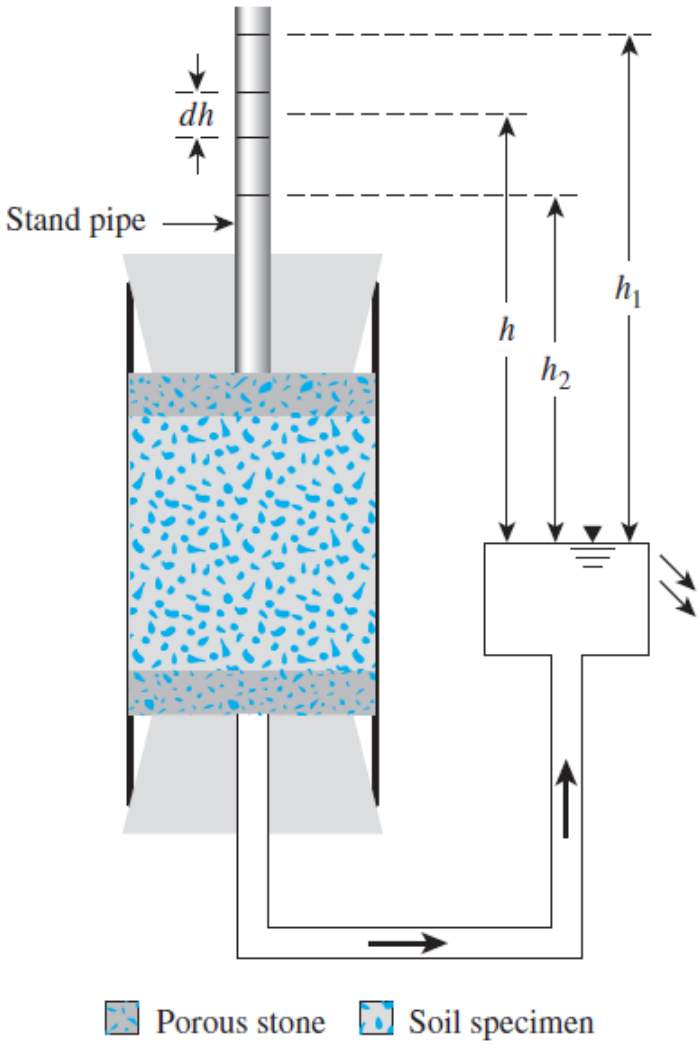
$$dt = \frac{aL}{Ak}\left(-\frac{dh}{h}\right)$$

بالمكاملة نجد:

$$t = \frac{aL}{Ak}\log_e\frac{h_1}{h_2}$$

وبالتالي نستنتج أن معامل النفاذية يحدد مخبرياً من العلاقة:

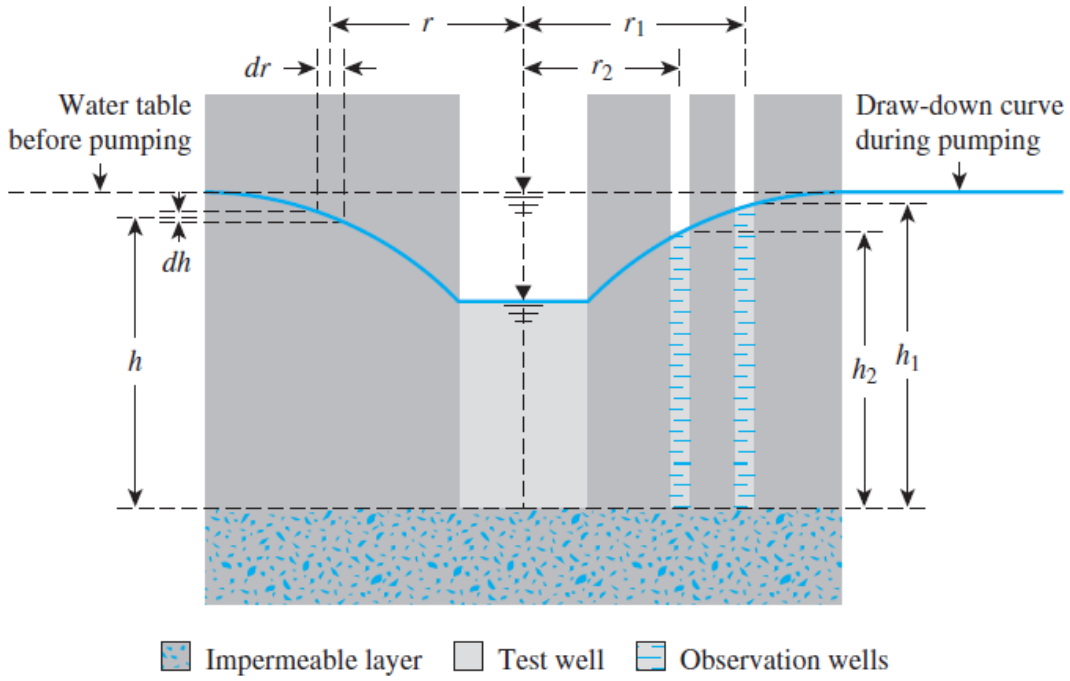
$$k = 2.3\,\frac{a\,L}{A\,t}\log\frac{h1}{h2}$$



٦- قياس معامل النفاذية حقلياً:

٥ -١ - حالة طبقة مياه جوفية حرة:

يتم قياس معامل النفاذية مخبريا من خلال قياس غزارة المياه من بئر الاختبار بعد التأكد من ثبات منسوب المياه من خلال بئري المراقبة :



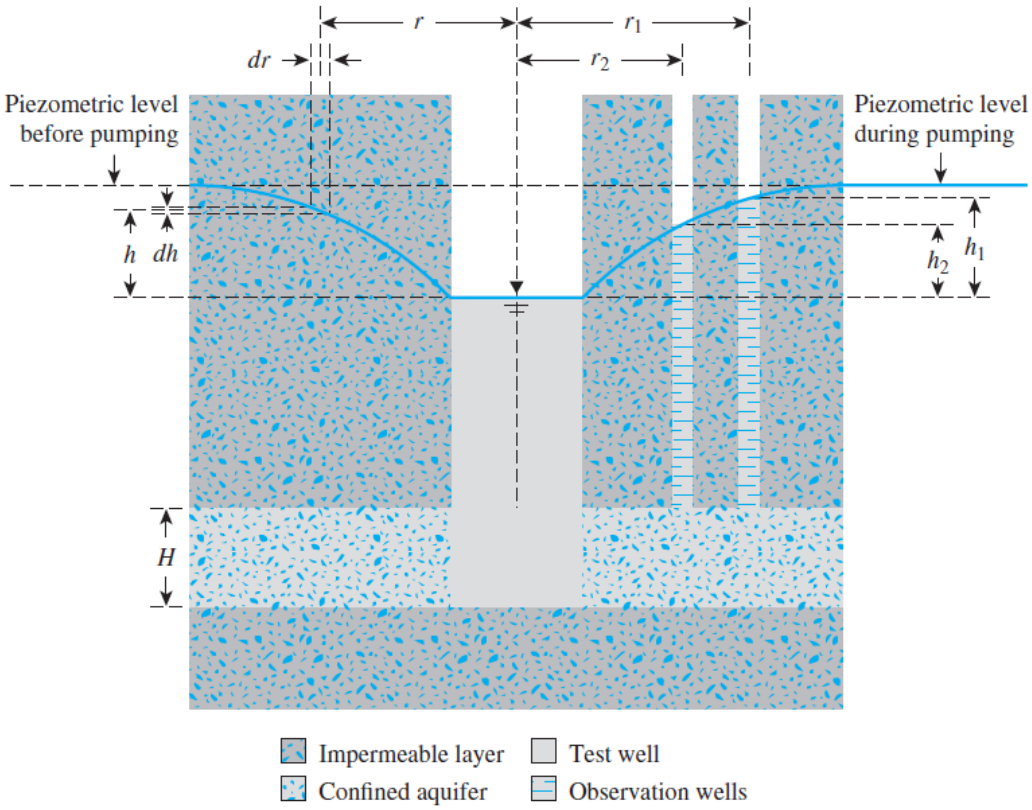
تقدر الغزارة المارة عبر اسطوانة قطرها r وارتفاعها h بالعلاقة:

$$q = k\left(\frac{dh}{dr}\right)2\pi rh$$

$$\int_{r_2}^{r_1}\frac{dr}{r} = \left(\frac{2\pi k}{q}\right)\int_{h_2}^{h_1} h\,dh$$

$$k = \frac{2.303q\log_{10}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{\pi(h_1^2 - h_2^2)}$$

٥ -٢ - حالة طبقة مياه جوفية محصورة:



بما أن تعويض المياه التي تضخ من بئر الاختبار يتم فقط من خلال الطبقة المحصورة والتي سماكتها H فإننا نحصل بإعادة الخطوات السابقة على علاقة تحديد معامل النفاذية بالشكل التالي:

$$k = \frac{q \log_{10}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{2.727H(h_1 - h_2)}$$

تمرين هام:

المطلوب استخراج علاقة معامل النفاذية المكافئ لمجموعة من الطبقات (ثلاث مثلاً مختلفة النفاذية) تتوضع بشكل متعامد مع اتجاه الجريان.

ثم يطلب إعادة التمرين لاستخراج علاقة معامل النفاذية المكافئ لعدة طبقات موازية لاتجاه الجريان.

Join Us On FACEBOOK
www.facebook.com/groups/civil.geniuses.2011