جريان الماء في التربة المشبعة

ان جريان الماء في التربة معقداً ، مما يدفع علماء الفيزياء الى وضع عدة افتراضات لغرض تقريب ظروف حل معادلات الجريان في الحالة المثالية (مثل انعدام الاحتكاك ، الماء غير قابل للانضغاط ، انعدام قوى التماسك اثناء حركة الماء (قوة الشد) ، ولكن الواقع هو عكس كل ما ذكر .

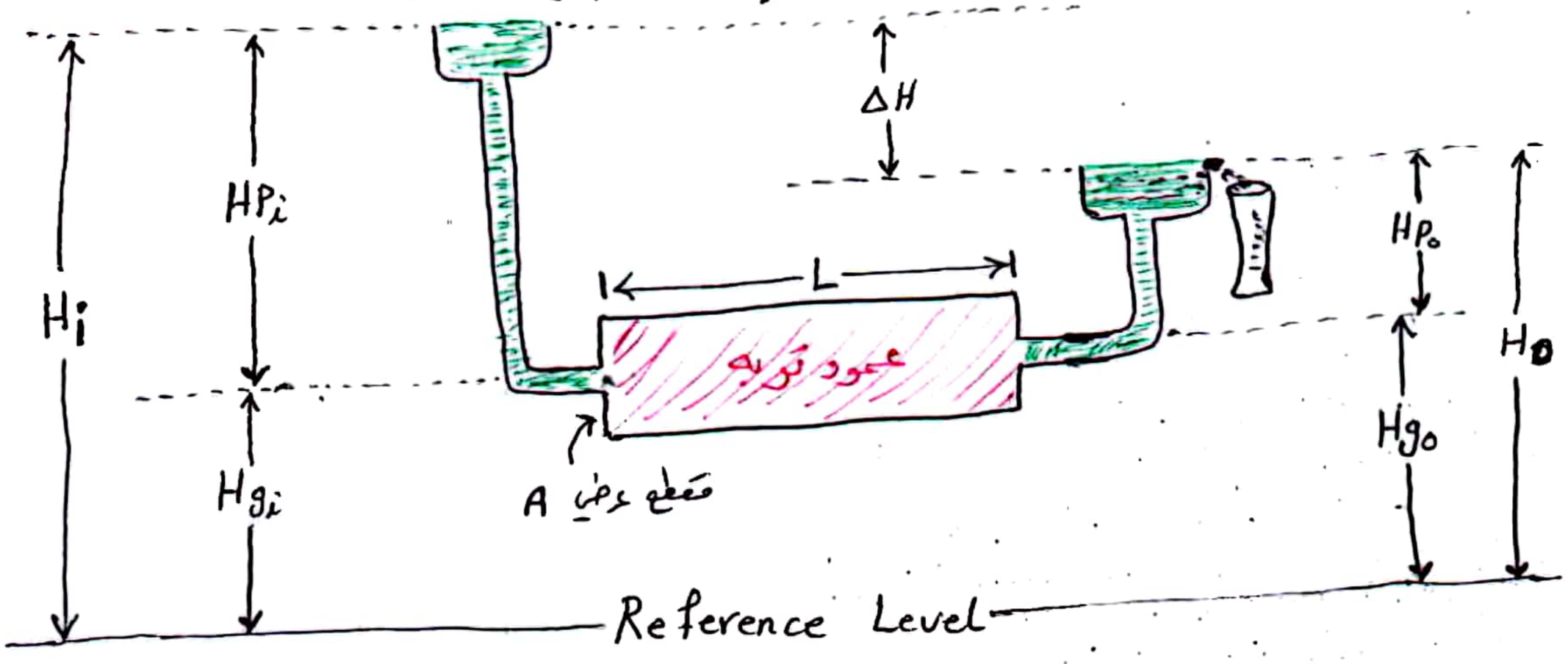
قانون دارسي Darcy's Law :

اذا افترضنا ان التربة تكونة من مجموعة من الانابيب الشعرية المستقيمة والمتجانسة ، فأن معدل الجريان الكلي يساوي مجموع معدلات الجريان المنفصلة خلال جميع الانابيب ، وعليه فأن معرفة اضافة افكار الانابيب الشعرية يساعدنا في حساب الجريان الكلي خلال حزمة الانابيب .

الا انه من الناحية الفيزيائية ، فأن مسامات التربة لاتتخذ صفة الانابيب المستقيمة والمتجانسة ، بل هي غير منتظمة الشكل وملتوية بكونه ماسمى بعنق الزجاجة (Battle necks) واحياناً تكون ذات نهايات مسدودة . لذا فأن حساب الجريان الكلي النموذجي سيكون صعباً

اذا افترضنا انه لدينا عمود تربة افقي ، ويصل الجريان فيه الجريان بحالة مستقره (steady state) من اليسار الى اليمين ، فان علوي الى اي هيدروليكي يشوت مستوى الماء فيها ثابتاً .
يوصف الجريان في خلال هذا العمود (معدل التصريف) [Q] بانه حجم الماء الجاري (V) خلال العمود في وحدة الزمن تناسب طردياً مع مساحة المقطع مع الهبوط في الضغط المائي (ΔH) وتناسب عكسياً مع طول العمود (L) .

$$Q = V/t \propto A \ \Delta H/\Delta L$$



يتم قياس الهبوط في الضغط المائي خلال عمود التربة من خلال قياس الضغط عند نقطة دخول الماء H_i وعند خروجه H_o بالنسبة لمستوى قياس معين Reference Level . ان الفرق بين هذين الضغطين :-

$$\Delta H = H_i - H_o$$

لايصل الجريان عند غياب فرق الضغط المائي $[\Delta H = 0]$.

- ان القوه الدافعه (driving force) للجريان هو الانحدار المائي (hydraulic gradient) الذي يمثل هبوط الضغط لوحدة مسافة في اتجاه الجريان ($\Delta H/L$).
- ان تدفق الماء خلال عمود التربة (Q/A) [حجم الماء الجاري خلال وحدة مساحة من المقطع العرضي لوحدة زمن] يسمى بكثافة التدفق flux density (او flux) ويرمز لها بـ q ∴

$$q = -K \Delta H/L \quad \text{or} \quad q = -K \frac{dH}{dx}$$

يطلق على هذه المعادلة بمعادلة دارسي (Darcy) في اتجاه واحد، وكتبت المعادله للتعبير عن حركة الماء في ثلاثة اتجاهات كمايلي ∴

$$q = -K \nabla H = -K \left[\frac{dH}{dx} + \frac{dH}{dy} + \frac{dH}{dz} \right]$$

ان قانون دارسي يماثل قانون اوم للكهربائيه [جريان التيار يتناسب مع انحدار الجهد الكهربائي] وقانون فوريير للحراره (Fourier law) [يتناسب معدل توصيل الحراره مع انحدار درجة الحراره]، وقانون فك لانتشار المواد Fick's law [يتناسب معدل انتشار المواد مع انحدار التركيز].

محددات قانون دارسي ∴

ينطبق قانون دارسي في حالات تدفق السوائل في الاوساط المسامية عندما تكون العلاقة خطية بين الجريان والانحدار المائي. بعباره اخرى يجب ان يكون الجريان رقائقي (صفائحي) (الرمل). وبخلاف ذلك يحصل انحراف عن قانون دارسي، عندما تكون سرعة الجريان عاليه او يحصل جريان مضطرب او ان تكون سرعة الجريان واطئة جداً تقترب من الصفر (الطين).

لغرض التمييز بين الجريان الانسيابي (الصفائحي) والجريان المضطرب يستخدم رقم رينولدز، (Reynold's number) للتفريق بين حالتي الجريان، ويعبر عنه بالمعادلة التالية ∴

$$R_e = \frac{d \cdot v \cdot \rho}{\eta}$$

حيث ان ∴

ρ = كثافة السائل
v = معدل سرعة التدفق
d = القطر المؤثر للحبيبات
η = لزوجة السائل

القيمة الحرجة لرقم رينولدز المسببة للجريان المضطرب تقع بعد الحد 1000 - 2200، الشكل التالي يوضح حدود محددات قانون دارسي ∴