الدرس العملي السابع
تطبيقات على كيفية حساب فواقد الاحتكاك واستخدام منحنيات مودي وأجهزة القياس في الأنابيب

- - - - - - - - - - - - - -

مسائل محلولة

- - - - - - -

١ - لأنبوب من الألومنيوم قطره 15 سم يمر به ماء درجة حرارته 20^{o} مئوية . مـاهو مقـدار الإنخفاض في الضغط بين النقطتين A و B ، إذا كانت نقطة A تعلو نقطة B بمقدار 762 سم وسرعة التدفق 1.0 م/ث ، علماً بأن المسافة بين النقطتين هي 152 متر.

الحل

بما أن الأنبوب من الألومنيوم ← من جدول (٥) ← $e = 0.15\ mm$

$$\therefore \frac{e}{d} = \frac{0.15}{150} = 0.001$$

Water: مـاء at $T = 20^{o}\ C$ → من جدول ١ → $\nu = 1.007\times10^{-6}\ m^2/s$

$$\therefore R_e = \frac{V\cdot d}{\nu} = \frac{1.0\times0.15}{1.007\times10^{-6}} = 1.49\times10^{5}$$

باستخدام منحنيات مودي ⇐ $f = 0.0217$

$$\because h_f = f\cdot\frac{L}{d}\cdot\frac{V^2}{2g}$$

$$\because h_f = 0.0217\times\frac{152}{0.15}\times\frac{(1)^2}{2\times9.81} = 1.12m$$

$$\because H_A = H_B + h_{L_{A\to B}}$$

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^{\ 2}}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{\ 2}}{2g} + h_f$$

$$7.62 + \frac{P_A}{\gamma} = 0 + \frac{P_B}{\gamma} + 1.12$$

$$\therefore \frac{P_B - P_A}{\gamma} = 7.62 - 1.12 = 6.5\,m$$

$$P_B - P_A = 6.5\times9.81 = 63.75\,KPa$$

٢ - أنبوب من الحديد الصلب قطره 20 سم يعمل على توصيل الماء بين خزانين ارتفاعهما 380 م ، 335 م على التوالي والمسافة بينهما 1219 م. أوجد التصرف المار خلال الأنبوب. علماً بأن درجة حرارة الماء هي 5^{o} مئوية .

الحل

Water: at $T = 5^{o}\,C \rightarrow$ من جدول ١ $\rightarrow \quad \nu = 1.519\times10^{-6}\ m^2/s$

$\because H_1 = H_2 + h_{L_{1\rightarrow2}}$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

$$Z_1 = Z_2 + h_f$$

$$\therefore h_f = Z_1 - Z_2 = 380 - 335 = 45\,m$$

بما أن الأنبوب من الحديد الصلب $\leftarrow$ من جدول (٥) $\leftarrow \quad e = 0.061\ mm$

$$\therefore \frac{e}{d} = \frac{0.061}{200} = 0.000305$$

$$\because h_f = f\cdot\frac{L}{d}\cdot\frac{V^2}{2g}$$

$$\therefore 45 = f\times\frac{1219}{0.20}\times\frac{V^2}{2\times9.81}$$

$$\therefore V = \frac{0.38}{\sqrt{f}} \quad .....(1)$$

assume $f = 0.02$

$$\therefore V = 2.678\,m/s \quad \leftarrow \quad \text{من معادلة (١)}$$

$$\therefore R_e = \frac{V\cdot d}{\nu} = \frac{2.687\times0.20}{1.519\times10^{-6}} = 3.53\times10^{5}$$

باستخدام منحنيات مودي لقيمة الخشونة النسبية ورقم رينولد $\Leftarrow \quad f = 0.017$

بما أن f المحسوبة لم تساوي f المفروضة اذاً الفرض خطأ ونعود نفرض فرض جديد

assume $f = 0.017$

$$\therefore V = \frac{0.38}{\sqrt{0.017}} = 2.914\,m/s \quad \leftarrow \quad \text{من معادلة (١)}$$

$$\therefore R_e = \frac{V\cdot d}{\nu} = \frac{2.914\times0.20}{1.519\times10^{-6}} = 3.83\times10^{5}$$

باستخدام منحنيات مودي لقيمة الخشونة النسبية ورقم رينولد $\Leftarrow \quad f = 0.017$

بما أن f المحسوبة تساوي f المفروضة اذاً الفرض صحيح

$$\therefore V = 2.914\,m/s$$

$$\therefore Q = V\cdot A = 2.914\times\frac{\pi}{4}(0.20)^2 = 0.0915\,m^3/s = 91.5\,L/s$$

٣ - ماهو قطر الأنبوب البلاستيك الذي يعمل على توصيل الماء عند درجة حـرارة 15^{o} مئويـة بتصرف مقداره 75 لتر/ث إلى خزان يبعد 457 م عن خزان آخر يرتفع عنه بمقدار 40 قدم.

الحل

$\because Z_1 - Z_2 = h_f$

$\therefore h_f = \Delta Z = 40\,ft = 12.195\,m$

بما أن الأنبوب من البلاستيك ← من جدول (٥) ← $e = 0.017\,mm$

Water: مـاء at $T = 15^{o}\,C$ → من جدول ١ → $\nu = 1.141\times10^{-6}\,m^2/s$

$$\because h_f = f\cdot\frac{L}{d}\cdot\frac{V^2}{2g}$$

$$\therefore 12.195 = f\times\frac{457}{d}\times\frac{(0.075)^2}{\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2\times2\times9.81}$$

$$\therefore d = (0.01742\,f)^{1/5} \quad .....(1)$$

assume f = 0.02

من معادلة (١) ← $\therefore d = (0.01742\times0.02)^{1/5} = 0.203\,m$

$$\therefore V = \frac{Q}{A} = \frac{0.075}{\frac{\pi}{4}(0.203)^2} = 2.317\,m/s$$

$$\therefore R_e = \frac{V\cdot d}{\nu} = \frac{2.317\times0.203}{1.141\times10^{-6}} = 4.1\times10^5$$

$$\therefore \frac{e}{d} = \frac{0.017}{203} = 0.0000835$$

باستخدام منحنيات مودي لقيمة الخشونة النسبية ورقم رينولد ⇐ $f = 0.0145$

بما أن f المحسوبة لم تساوي f المفروضة اذاً الفرض خطأ ونعود نفرض فرض جديد

assume f = 0.0145

من معادلة (١) ← $\therefore d = (0.01742\times0.0145)^{1/5} = 0.1908\,m$

$$\therefore V = \frac{Q}{A} = \frac{0.075}{\frac{\pi}{4}(0.1908)^2} = 2.63\,m/s$$

$$\therefore R_e = \frac{V\cdot d}{\nu} = \frac{2.63\times0.1908}{1.141\times10^{-6}} = 4.4\times10^5$$

$$\therefore \frac{e}{d} = \frac{0.017}{190.8} = 0.00009$$

باستخدام منحنيات مودي لقيمة الخشونة النسبية ورقم رينولد ⇐ $f = 0.0145$

بما أن f المحسوبة تساوي f المفروضة اذاً الفرض صحيح $\therefore d = 0.1908\,m$

٤ - أنبوب خرساني قطره 305 مم وطوله 366 م ينقل ماء من خزان علوه 1086 م إلـى قنـاة إرتفاعها 1061 م . فإذا كان معامل هيزن ويليم يـساوي 120 . أحـسب التـصرف خـلال الأنبوب.

الحل

d = 305 mm Z_1 = 1086 m Z_2 = 1061 m CHW = 120 L = 366 m

Q = ?

$\because Z_1 - Z_2 = h_f$

$\therefore h_f = 1086 - 1061 = 25\,m$

$$h_f = 10.77 \times L \times \left(\frac{Q}{C_{HW}}\right)^{1.852} \times (D)^{-4.87}$$

$$hf \rightarrow m \quad , \quad L \rightarrow m \quad , Q \rightarrow m^3/s \quad , \quad D \rightarrow mm$$

$$\therefore 25 = 10.77 \times 366 \times \left(\frac{Q}{120}\right)^{1.852} \times (0.305)^{-4.87}$$

$$\left(\frac{Q}{120}\right)^{1.852} = 1.95 \times 10^{-5}$$

$$\frac{Q}{120} = \left(1.95 \times 10^{-5}\right)^{1/1.852} = \left(1.95 \times 10^{-5}\right)^{0.54} = 0.00286$$

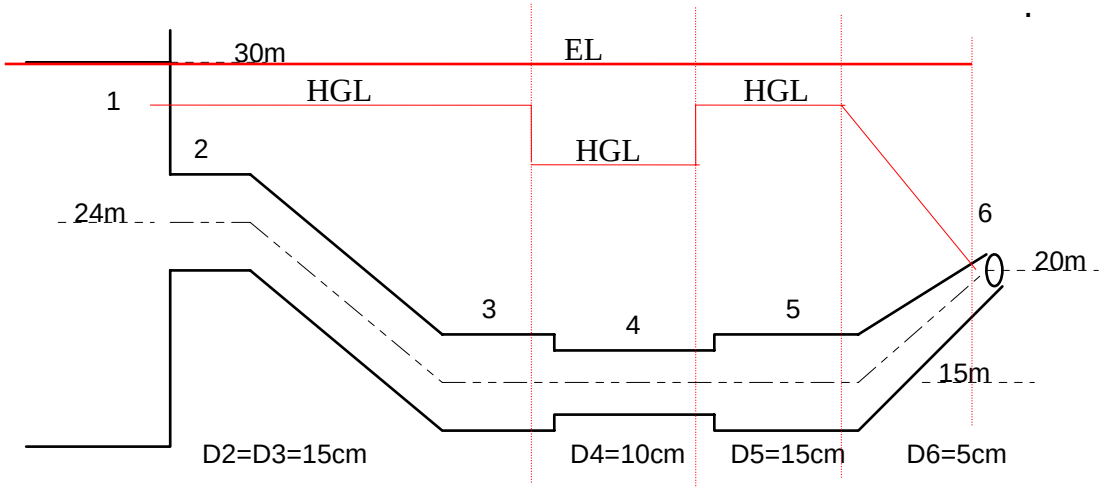
$$\therefore Q = 0.3437\ m^3/s$$

ملحوظة:

يمكن استخدام الصورة التالية لمعادلة هيزن ويليام عندما يكون التصرف مجهول:

$$Q = 0.846\, C_{HW} \times R_h^{\,0.63} \times S_e^{\,0.54} \times A$$

٥ - للشكل ادناه أوجد الضغط والسرعة عند المقـاطع 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 بفـرض ان الـسريان مستقر ، لاإنضغاطي ، ومثالي. ارسم كل من خط الطاقة EL وخط الميل الهيدروليكي HGL .



الحل

الضغوط:

$\because H_1 = H_6 + h_{L_{1\to6}}$

$h_{L_{1\to6}} = 0$ للسائل المثالي

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_6 + \frac{P_6}{\gamma} + \frac{V_6^2}{2g}$$

$$30 + 0 + 0 = 20 + 0 + \frac{V_6^2}{2g}$$

$$\therefore \frac{V_6^2}{2g} = 10 \qquad \therefore V_6 = 14\,m/s$$

$$\therefore Q = V_6 \times A_6 = 14 \times \frac{\pi}{4}(0.05)^2 = 0.0275\,m^3/s$$

$$V_5 = V_2 = V_3 = \frac{0.0275}{\frac{\pi}{4}(0.15)^2} = 1.56\ m/s$$

$$V_4 = \frac{0.0275}{\frac{\pi}{4}(0.10)^2} = 3.5\,m/s$$

$$V_1 = 0$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 0$$

$$\because Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = 30$$

$$\therefore 24 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(1.56)^2}{2g} = 30$$

$$\therefore \frac{P_2}{\gamma} = 5.876m \qquad \therefore P_2 = 57.64\ kpa$$

$$\because Z_3 + \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} = 30$$

$$\therefore 15 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(1.56)^2}{2g} = 30$$

$$\therefore \frac{P_3}{\gamma} = 14.876m \qquad \therefore P_3 = 145.93\,kpa$$

$$\because Z_4 + \frac{P_4}{\gamma} + \frac{V_4^2}{2g} = 30$$

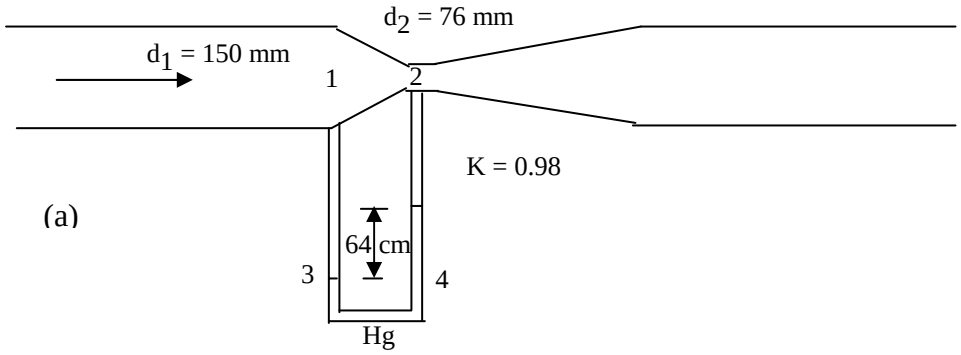
$$\therefore 15 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(3.5)^2}{2g} = 30$$

$$\therefore \frac{P_4}{\gamma} = 14.375m \qquad \therefore P_4 = 141.025\,kpa$$

$$P_5 = P_3 = 145.93\,kpa$$

$$P_6 = 0$$

٦ - ماهو تصرف ماء درجة حرارته 20^{o} م يمر خلال الفينشوري Venturi في الشكل (a) والفتحة Orifice في الشكل (b) ، وماهو التصرف لو استبدل الفينشوري بفوهة Nozzle :



$$\because P_3 = P_4 \qquad \therefore P_1 + L\cdot\gamma_w + 0.64\gamma_w = P_2 + L\cdot\gamma_w + 13.56\gamma_w \times 0.64$$

$$\therefore \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = 0.64 \times (13.56 - 1) = 8.04 \text{ m} \qquad \therefore \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = MR \times \left(\frac{Sm}{Sf} - 1\right)$$

حيث: MR هي قراءة المانومتر ، Sm هي الكثافة النسبية للسائل بالمانومتر

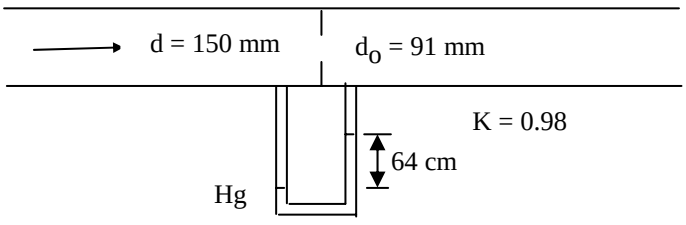
Sf هي الكثافة النسبية للمائع المار

أولاً : الفنشوري:

$$Q = K\cdot A_2 \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}} \cdot \sqrt{2g\left[\left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1\right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2\right)\right]}$$

$$Q = 0.98 \times \frac{\pi}{4}(0.076)^2 \times \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{76}{150}\right)^4}} \cdot \sqrt{2g \times 8.04} = 0.0577 \text{ m}^3/\text{s} = 57.77 \text{ L/s}$$

ثانياً: الفتحة:



$$Q = K\cdot A_o \cdot \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{D_o}{D}\right)^4}} \cdot \sqrt{2g\left[\left(\frac{P_1}{\gamma} + Z_1\right) - \left(\frac{P_2}{\gamma} + Z_2\right)\right]}$$

$$Q = 0.65 \times \frac{\pi}{4}(0.091)^2 \times \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{91}{150}\right)^4}} \cdot \sqrt{2g \times 8.04} = 0.0571 \text{ m}^3/\text{s} = 57.1 \text{ L/s}$$

عند استبدال فوهة محل الفنشوري في A تعطي نفس تصرفه Q = 57.75 L/s