

流体力学 II 試験問題 (2)

1993-2-15, 12:45~14:25

by E. Yamazato

1. (30) 図 1 に示すようなポンプを含む管路がある。ポンプの吸い込み側タンクは密閉され、 $p_1 = 35kPa$ (ゲージ圧) の圧力が水面に作用しており、その水面はポンプ軸心より $4.5m$ 下にある。ポンプの流量を $0.1m^3/s$ にするために必要な (1) 動力および (2) ポンプの吸い込み側の圧力を求めよ。ただし管摩擦損失以外の損失は無視する。
2. (30) 水平に置かれた直径 $100mm$ 、長さ $3m$ の吸い込管 ($k_s = 0.26mm$) を経て水を吸い上げ、さらに高さ $20m$ の所にあるタンクまで直径 $150mm$ 、長さ $30m$ の鑄鉄管 ($k_s = 0.26mm$) を用いて揚水する。流量 $60L/s$ を出すのに必要なポンプ動力を求めよ。またエネルギー線を描け。ただし水の $\nu = 0.011cm^2/s$ とし、管摩擦損失以外の損失は無視する。(Moody Diagram を使用してよい。)
3. (25) 同じ断面積、同じ摩擦損失、同じ長さを持つ円管と $a \times 2a$ よりなる長方形断面のダクトを流れる乱流において、管摩擦損失水頭が等しければ流量比は幾らになるか。ただし、両管 (ダクト) の摩擦損失係数は等しいものとする。
4. (25) 2 個の水槽間に同径、同長、同摩擦係数の 5 本の円管を並列に連結して送水している。いま同じ長さ、および同じ摩擦係数の 1 本の管を使用して同一の流量を送るには、管径を幾らにすればよいか。また出口損失を無視したときの直径比を求めよ。

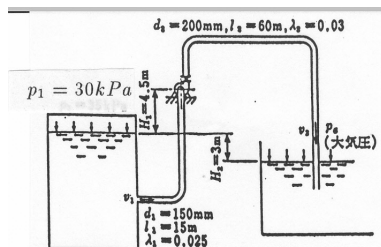


図 1

図 2

1. (解)

$$\begin{aligned} \frac{p_1}{\rho g} + H_p &= [\lambda_1 \frac{l_1}{d_1} + \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} (\frac{d_1}{d_2})^4] \frac{v_1^2}{2g} - H_2 + \frac{p_a}{\rho g} \\ v_1 &= \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 \times 0.1}{\pi 0.15^2} = 5.66 \text{ m/s} \\ \frac{35 \times 10^3}{10^3 g} + H_p &= [0.025 \frac{15}{0.15} + 0.03 \frac{60}{0.2} (\frac{150}{200})^4] \frac{5.66^2}{2g} - 3 \\ H_p &= (2.5 - 2.85) \times 1.63 - 3 - 3.57 = 8.72 - 6.57 = 2.15 \text{ m} \\ L &= \rho g Q H_p = 10^3 g \times 0.1 \times 2.15 = 2.1 \text{ kw} \\ p_s &= p_1 - \rho g H_1 - \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} \frac{\rho v_1^2}{2} = 3.5 \times 10^3 - 44.1 \times 10^3 - 40 \times 10^3 = -49.1 \text{ kPa} \end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned} H_p &= H + \Sigma \lambda_i \frac{l_i}{d_i} \frac{v_i^2}{2g} \\ \frac{k_1}{d_1} &= \frac{0.26}{100} = 0.0026, \quad v_1 = \frac{4 \times 0.06}{\pi 0.1^2} = 7.6 \text{ m/s}, \quad Re_1 = \frac{7.6 \times 0.1}{1.1 \times 10^{-6}} = 6.9 \times 10^5 \\ \frac{k_2}{d_2} &= \frac{0.26}{150} = 0.00173, \quad v_2 = \frac{4 \times 0.06}{\pi 0.15^2} = 3.39 \text{ m/s}, \quad Re_2 = \frac{3.39 \times 0.15}{1.1 \times 10^{-6}} = 4.6 \times 10^5 \\ \lambda_1 &= 0.0258, \quad \lambda_2 = 0.024 \\ H_p &= 20 + 0.025 \frac{3}{0.1} \frac{7.6^2}{2g} + 0.024 \frac{30}{0.15} \frac{3.39^2}{2g} = 20 + 2.28 + 2.8 = 25.08 \text{ m} \\ L &= \rho g Q H_p = 10^3 g \times 0.06 \times 25.08 = 14.74 \text{ kw} \end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned} v &= \frac{4Q}{\pi d^2} = 2.38 \text{ m/s}, \quad Re = \frac{vd}{\nu} = 1.83 \times 10^5 \\ \frac{k}{d} &= 0.00325, \quad \lambda = 0.028 (\text{Moody diagram}) \\ h_l &= 0.028 \frac{1830}{0.4} \times \frac{2.38^2}{2g} = 37.02 \text{ m} \\ \frac{p_A}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + H_p &= \frac{v^2}{2g} + z_c + h_l \\ H_p &= z_c + h_l - \frac{p_A}{\rho g} \\ H_p &= 55 + 37.02 - \frac{13.5 \times 10^3}{0.86 \times 10^3 g} = 90.41 \text{ m} \\ L &= \rho g Q H_p = 860 g \times 0.3 \times 90.4 = 228.57 \text{ kw} \\ p_B &= p_A + \rho g H_p = 13.5 \times 10^3 + 860 g \times 90.41 = 775.4 \text{ kPa} \end{aligned}$$

4.

$$\begin{aligned} h_1 &= \lambda_1 \frac{l}{d} \frac{v_1^2}{2g}, \quad h_2 = \lambda_2 \frac{l}{4m} \frac{v_2^2}{2g} \\ m &= \frac{a \times 2a}{6a} = \frac{a}{3}, \quad 4m = \frac{4}{3}a, \quad \frac{\pi d^2}{4} = 2a^2, \quad \frac{a}{d} = \sqrt{\frac{\pi}{8}} \\ \frac{Q_2}{Q_1} &= \frac{Av_2}{Av_1} = (\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \frac{4m}{d})^{1/2} = (\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \frac{4a}{3d})^{1/2} = [\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \frac{4}{3} (\frac{\pi}{8})^{1/2}]^{1/2} = 0.914 (\frac{\lambda_1}{\lambda_2})^{1/2} \end{aligned}$$

(別解)

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{\lambda l/d + 1}}, \quad V = \sqrt{\frac{2gH}{\lambda l/D + 1}}$$

$$5Q = 5 \left\{ \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{\lambda l/d + 1}} \right\} = \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gH}{\lambda l/D + 1}}$$

$$D = 1.9d \left(\frac{D + \lambda l}{d + \lambda l} \right)^{1/5}$$

If no outlet losses, $D = 1.9d$

6.

$$H' = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} - \frac{p_2}{\rho g} = \lambda \frac{l}{d} \frac{1}{2g} \left(\frac{Q}{A} \right)^2 - \frac{p_2}{\rho g}$$

$$H' = H_1 - \lambda_1 \frac{l_1}{d_1} \frac{1}{2g} \left(\frac{Q_1}{A_1} \right)^2 - \frac{p_2}{\rho g}$$

$$H' = H_2 - \lambda_2 \frac{l_2}{d_2} \frac{1}{2g} \left(\frac{Q_2}{A_2} \right)^2 - \frac{p_2}{\rho g}$$