流体力学 II 試験問題 (2)

1999-2-16, 18:00〜19:30

by E. Yamazato

1. (25) 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. (25) 水平に置かれた直径 100mm、長さ 3m の吸い込管 (k=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 の鋳鉄管 (k=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) 図 2 に示すようにポンプによって燃料油が直径 400mm, 長さ 1.83km の鋼管 (k=1.3mm) を通じてタンクに 300L/s 送られている。A 点の圧力を 13.5kPa とすればポンプの動力はいくらになるか。また B 点の圧力はいくらか。ただし, 燃料油の比重および動粘性係数は, それぞれ $0.86, 5.2mm^2/s$ である。また管摩擦損失以外の損失は無視する。

4. (20) 2 個の水槽間に同径、同長、同摩擦係数の 6 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。

5. (25) 図 3 に示す 3 水槽で間間間にそれぞれベルヌーイの式を適応して H' を三つの式で表せ。ただし損失は管摩擦損失のみとする。

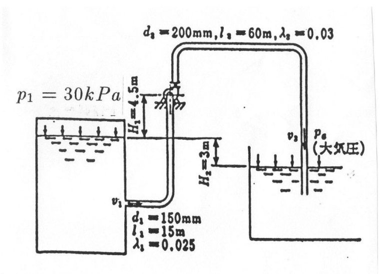

図 1

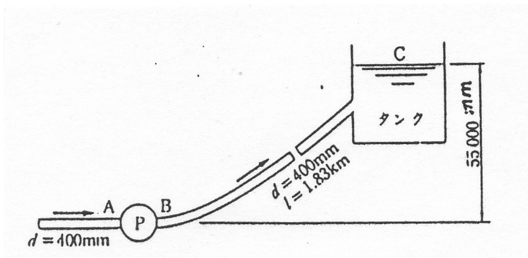

図 2

（解）

1.

$$\frac{p_1}{\rho g}+H_p=[\lambda_1\frac{l_1}{d_1}+\lambda_2\frac{l_2}{d_2}(\frac{d_1}{d_2})^4]\frac{v_1^2}{2g}-H_2+\frac{p_a}{\rho g}$$
$$v_1=\frac{4Q}{\pi d_1^2}=\frac{4\times 0.1}{\pi 0.15^2}=5.66m/s$$
$$\frac{35\times 10^3}{10^3 g}+H_p=[0.025\frac{15}{0.15}+0.03\frac{60}{0.2}(\frac{150}{200})^4]\frac{5.66^2}{2g}-3$$
$$H_p=(2.5-2.85)\times 1.63-3-3.57=8.72-6.57=2.15m$$
$$L=\rho gQH_p=10^3 g\times 0.1\times 2.15=2.1kw$$
$$p_s=p_1-\rho gH_1-\lambda_1\frac{l_1}{d_1}\frac{\rho v_1^2}{2}=3.5\times 10^3-44.1\times 10^3-40\times 10^3=-49.1kPa$$

2.

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

3.

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

4.

$$H=\frac{v^2}{2g}(1+\frac{\lambda l}{d})=\frac{1}{2g}(\frac{4\times Q^2}{\pi d^2})(1+\frac{\lambda l}{d})=\frac{1}{2g}(\frac{6\times 4\times Q^2}{\pi D^2})(1+\frac{\lambda l}{D})$$
$$\frac{d+\lambda l}{d^5}=\frac{36(D+\lambda l)}{D^5},\quad D=2.0d(\frac{D+\lambda l}{d+\lambda l})^{1/5}$$
If no outlet losses, $D=2.0d$

（別解）

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

$$6Q = 6\left\{\frac{\pi d^2}{4}\sqrt{\frac{2gH}{\lambda l/d + 1}}\right\} = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2gH}{\lambda l/D + 1}}$$

$$D = 2.0d(\frac{D + \lambda l}{d + \lambda l})^{1/5}$$

If no outlet losses, $D = 2.0d$

5.

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

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

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