

# 流体力学 I 試験問題 (2)

by E. Yamazato

9-18-1998, 18:00~19:30

1. (25) 図 1 に示す断面 (2) における円管内の速度分布が次式で示される場合の断面 (2) と (1) における運動量の比を求めよ。また、円管壁面に及ぼす水平方向の力を求めよ。ただし、 $r$  は管中心からの距離、 $R$  は管の半径、 $u_1$  は入口の一様速度、 $U$  は断面 (2) の管中心における流速とする。

$$u = U \left\{ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right\}$$

2. (25) 図 3 に示すような U 字管マンノメータがある。A の容器には比重 1.5 の液体が入っており、その点のゲージ圧力は  $-15kPa$  である。液体 B の比重を求めよ。

3. (25) 円管内の層流の速度分布が次式のように示されるとき、

$$v = \frac{R^2}{4\mu} \left( -\frac{dp}{dx} \right) \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^2 \right]$$

- (1) 流量および平均速度を求めよ。(2) 管長 1 間の圧力損失が次式で表されることを示せ。

$$h_l = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{32\mu l v_a}{\rho g d^2}$$

ただし、 $v_a$  は平均速度、 $\Delta p$  は管長 1 間の圧力降下とする。

4. (25) 図 2 に示すような管路を  $7.5m^3/min$  の水がポンプによって送られている。ポンプの動力を求めよ。ただし、マンノメータ液は水銀（比重 13.6）が使用されている。

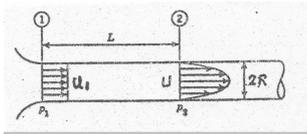


図 1

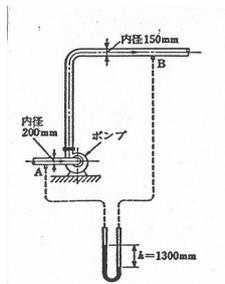


図 2

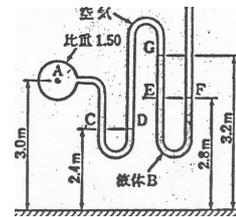


図 3

(解)

1.

$$\begin{aligned}M_1 &= \rho\pi R^2 u_1^2 \\ \pi R^2 u_1 &= \int_0^R u 2\pi r dr \\ &= \int_0^R U \left\{ 1 - \frac{r^2}{R^2} \right\} 2\pi r dr = U \frac{\pi R^2}{2}, \quad U = 2u_1 \\ M_2 &= \int_0^R \rho \left\{ 2u_1 \left( 1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \right\}^2 2\pi r dr \\ &= 8\rho\pi R^2 u_1^2 \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{6} - \frac{1}{2} \right) = \frac{4}{3} \rho\pi R^2 u_1^2 \\ \frac{M_2}{M_1} &= \frac{4}{3} \\ (p_1 A - p_2 A) &= M_2 - M_1 + D_f \\ D_f &= (p_1 - p_2)\pi R^2 - \frac{1}{3}\rho\pi R^2 u_1^2\end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned}p_A + \rho_A g(3.0 - 2.4) + \rho_B g(3.2 - 2.8) &= p_a \\ \rho_B &= \frac{(p_a - p_A) - \rho_A g(0.6)}{g(0.4)} \\ &= \frac{10^3(15 - 1.5g(0.6))}{g(0.4)} = 1.57 \times 10^3 \\ s_B &= \frac{\rho_A}{\rho_w} = \frac{1.57 \times 10^3}{10^3} = 1.57\end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned}(1) Q &= \int_0^R v 2\pi r dr = \frac{\pi R^4}{8\mu} \left( -\frac{dp}{dx} \right) \\ v_a &= \frac{R^2}{8\mu} \left( -\frac{dp}{dx} \right) \\ (2) -\frac{dp}{dx} &= \frac{\Delta p}{l} \\ h_l &= \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{8\mu l \pi R^2 v_a}{\rho g \pi R^4} = \frac{32\mu l v_a}{\rho g d^2}\end{aligned}$$

4.

$$\begin{aligned}H_p &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \left( \frac{p_2}{\rho g} + z_2 \right) - \left( \frac{p_1}{\rho g} + z_1 \right) \\ \frac{\Delta p}{\rho g} &= \left( \frac{p_2}{\rho g} + z_2 \right) - \left( \frac{p_1}{\rho g} + z_1 \right) = h \left( \frac{\rho g}{\rho g} - 1 \right) = 1.3(13.6 - 1) = 16.38 \\ v_1 &= \frac{7.5/60}{\pi 0.2^2/4} = 3.8 \text{ m/s}, \quad v_2 = \frac{7.5/60}{\pi 0.15^2/4} = 7.0 \text{ m/s} \\ H_p &= 1.69 + 16.38 = 18.07 \\ L &= \rho g Q H_p = 10^3 g \times 0.125 \times 18.07 = 22.1 \text{ kw}\end{aligned}$$