流体力学 I 試験問題 (2)

1997-9-19, 10:20∼11:50　by E. Yamazato

1. (25) 図 1 に示す円管内の (2) 断面における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 (2) 断面の管中心における流速とする.

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

2. (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、

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

(1) 流量および平均速度を求めよ.(2) 管長 ℓ 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,Δp は管長 ℓ 間の圧力降下とする.

3. (25) 図 2 に示すような管路を流量 $4.0m^3/min$ の油（比重 0.8）がポンプによって送られている。ポンプの動力は 4.0kw である。管路の損失を無視したときの水銀（比重 13.6）マノメータの読み h を求めよ。

4. (25) 図 3 に示すような円管の先端ノズルがとりつけられて水が噴出している。管内の流量及び c 点のゲージ圧力を求めよ。ただし管路のエネルギー損失は無いものとする。

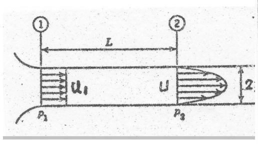

図 1

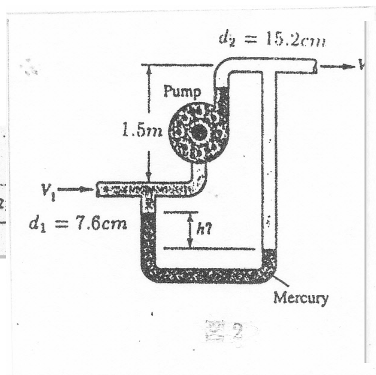

図 2

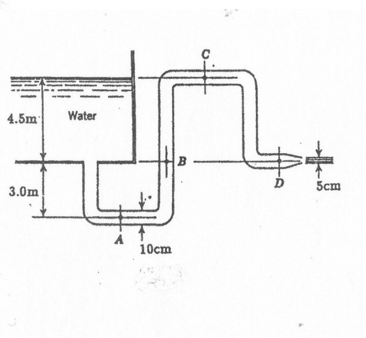

図 3

（解）

1.

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

2.

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

3.

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi d_1^2} = \frac{4 \times 0.067}{\pi 0.076^2} = 14.7 m/s, \quad v_2 = 3.7 ms, \quad H_p = \frac{L}{\rho g Q} = 7.6 m$$
$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + H_p = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z$$
$$\frac{p_2 - p_1}{\rho g} + z = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + H_p = \frac{14.7^2 - 3.7^2}{2g} + 7.6 = 17.9 m$$
$$\frac{p_2 - p_1}{\rho g} + z = h(\frac{\rho_g}{\rho} - 1) = 16h$$
$$\frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + H_p = h(\frac{\rho_g}{\rho} - 1) = 16h$$
$$h = \frac{17.9}{16} = 1.1 m$$

4.

$$4.5 + 0 + 0 = 0 + 0 + \frac{v_d^2}{2g}, \quad v_d = \sqrt{2g \times 4.5} = 9.4 m/s$$

$$v_c \times d_c^2 = v_d \times d_d^2, \quad v_c = (\frac{5}{10})^2 \times 9.4 = 2.35 m/s$$

$$\frac{p_c}{\rho g} + \frac{v_c^2}{2g} + 4.5 = \frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_d^2}{2g} + 0$$

$$p_c(gage) = \rho \times \frac{v_d^2 - v_c^2}{2} - 4.5 = 10^3(41.42 - 44.14) = -2.7 kPa$$

$$Q = 9.4 \times \frac{\pi}{4} 0.05^2 = 18.4 l/s$$