

流体力学 I 試験問題 (2)

1994-9-20, 12:45~14:25

by E. Yamazato

1.(30) 図 1 に示す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) における管中心の流速とする.

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

2. (20) 飛行機が大気中を 200km/h で飛ぶ. この 1/3 のモデルを風洞の中におくとき, レイノルズ数によって力学的相似が満足されるものとする. (1) 風洞内の空気の温度, 圧力が実物の場合と同じとすれば, 風洞の風速をいくらにすればよいか. (2) 風洞内の空気の温度は同じで, 圧力を 5 倍に高めるとき, 風速をいくらにすればよいか. ただし, 粘性係数は温度のみの関数とする.

3. (30) 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, Δp は管長 1 間の圧力降下とする.

4.(20) 図 2 に示すような管路を $7.5\text{m}^3/\text{min}$ 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, マノメータ液は水銀が使用されている.

5.(20) 図 3 に示す消防用ノズル $d_1 = 80\text{mm}$, $d_2 = 25\text{mm}$ から水が流量 15l/s で噴出している. ノズル内の流動抵抗を無視するとき, (1) ノズル入口の圧力を求めよ. (2) ノズルとホースの連結フランジにかかる力を求めよ.

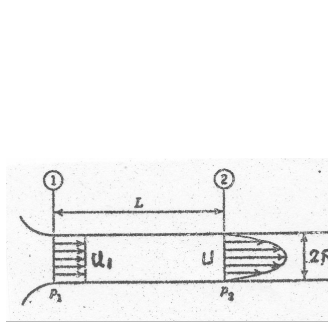


図 1

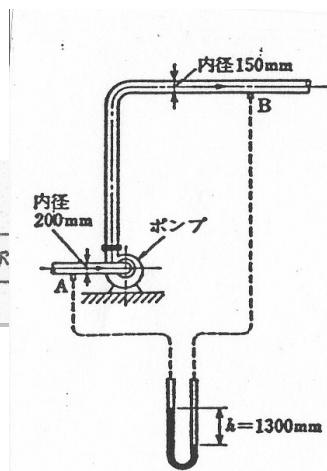


図 2

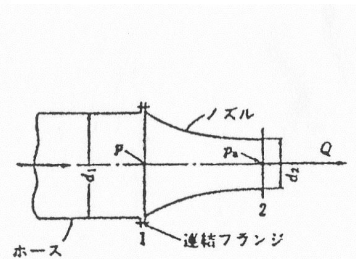


図 3

1.
(解)

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

2.

$$\begin{aligned}
 (1) R_e &= \frac{\rho V 3L_m}{\mu} = \frac{\rho_m V_m L_m}{\mu_m}, \quad \frac{\rho \times 200 \times 3L_m}{\mu} = \frac{\rho_m V_m L_m}{\mu_m} \\
 V_m &= 3 \times 200 = 600 \text{ km/h} = 167 \text{ m/s} \\
 (2) \frac{p \times 200 \times 3L_m}{\mu} &= \frac{5p V_m L_m}{\mu_m}, \quad \frac{p}{\rho} = \frac{p_m}{\rho_m} \\
 V_m &= \frac{3 \times 200}{5} (\text{km/h}) = 33.4 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

3.

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

4.

$$\begin{aligned}
 H_p &= \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \left(\frac{p_2}{\rho g} + z_2 \right) - \left(\frac{p_1}{\rho g} + z_1 \right) \\
 \frac{\Delta p}{\rho g} &= \left(\frac{p_2}{\rho g} + z_2 \right) - \left(\frac{p_1}{\rho g} + z_1 \right) = h \left(\frac{\rho g}{\rho g} - 1 \right) = 1.3(13.6 - 1) = 16.38 \\
 v_1 &= \frac{7.5/60}{\pi 0.2^2/4} = 3.97 \text{ m/s}, \quad v_2 = \frac{7.5/60}{\pi 0.15^2/4} = 7.0 \text{ m/s} \\
 H_p &= 1.69 + 16.38 = 18.07 \\
 L &= \rho g Q H_p = 10^3 g \times 0.125 \times 18.07 = 22.1 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

5.

$$v_1 = \frac{4 \times 15 \times 10^{-3}}{\pi 0.08^2} = 2.98 \text{ m/s}, \quad v_2 = \frac{4 \times 15 \times 10^{-3}}{\pi 0.025^2} = 30.55 \text{ m/s}$$

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_a + \frac{1}{2} \rho v_2^2, \quad p_1(\text{gage}) = \frac{\rho(v_2^2 - v_1^2)}{2} = 462.2 \text{ kPa}$$

$$F = p_1 A + \rho Q(v_1 - v_2) = 2323 - 413.5 = 1.9 \text{ kN}$$