

# 流体力学 I 試験問題 ( 1 )

1984-12-10

by E. Yamazato

1. 幅  $B$  の二次元ダクトに図のような網が張ってある。上流では一様な流速  $U_0$  であったが下流では中央の  $B/2$  の幅では流速  $U_2$  は他の部分の流速  $U_1$  の 2 倍となった。流速  $U_2$ , 網によって生じた静圧降下量  $\Delta p$  およびこの網にかかる力を求めよ。
2. 内径  $15\text{cm}\phi$  の管の末端にノズルを付けて水を直径  $5\text{cm}\phi$  の噴流として大気中に噴出させている。管内の流速が  $5\text{m/s}$  のとき、管壁の圧力 (ゲージ) はいくらか。また流れがノズルにおよぼす力を求めよ。
3. 直径  $30\text{ cm}$ 、長さ  $91\text{ m}$  の円管で  $4.6\text{ m Aq}$  の圧力圧力損失がある場合について次の値を計算せよ。(1) 円管壁におけるせん断応力, (2) 円管の中心より  $5\text{ cm}$  の位置におけるせん断応力, (3) 摩擦速度, (4) 摩擦係数を  $0.050$  としたときの円管内の平均速度。
4. 図に示すように流体がタンクより水平の直管を通して流出している。流量を  $0.378/\text{min}$  として次の値を求めよ。
  - (1) 流れが層流であることを確かめよ。
  - (2) 動粘性係数をも求めよ。

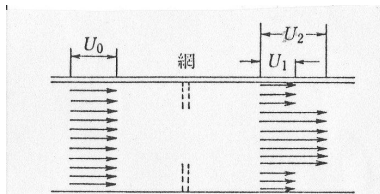


図 1

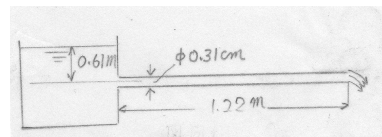


図 2

(解)

1.

$$u_o b = \frac{b}{2} u_1 + \frac{b}{2} u_2 = \frac{b}{4} u_2 + \frac{b}{2} j u_2 = \frac{3}{4} b u_2$$

$$u_2 = \frac{4}{3} u_o, \quad u_1 = \frac{1}{2} u_2 = \frac{2}{3} u_o$$

$$\frac{\rho u_o^2}{2} + p_o = p_2 + \frac{\rho}{2} u_o \left( \frac{16}{9} - 1 \right) = \frac{7}{9} \left( \frac{\rho}{2} \right) u_o^2$$

$$\rho u_o^2 b + \Delta p = D + \frac{\rho}{2} b u_1^2 + \frac{\rho}{2} b u_2^2 + p_2 b$$

$$D = \rho u_o^2 \left( 1 - \frac{2}{9} - \frac{8}{9} \right) + \Delta p b = -\frac{1}{9} \rho u_o^2 b + \Delta p b = \frac{5}{9} \left( \frac{\rho}{2} u_o^2 b \right)$$

$$\text{For } p_2 = 0, \quad F_x = \frac{\rho}{2} A (v_2 - v_1)^2 = \frac{10^3}{2} \left( \frac{\pi 0.15^2}{4} \right) (27 - 3)^2 = 5.09 kN$$

2.

$$p_1 = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) = \frac{\rho}{2} v_1^2 \left\{ \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 - 1 \right\}$$

$$= \frac{\rho}{2} v_1^2 \left\{ \left( \frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right\} = \frac{\rho}{2} v_1^2 \left\{ \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right\}$$

$$p_1 = \frac{10^3}{2 \times 9.8} \times 5^2 (3^4 - 1) = 10.2 \text{ kg/cm}^2$$

$$v_2 = v_1 \times \frac{A_1}{A_2} = 5 \times \left( \frac{15}{5} \right)^2 = 45 \text{ m/s}$$

$$p_1 A_1 + \rho Q v_1 = p_2 A_2 + \rho Q v_2 + F$$

$$F = (p_1 A_1 - p_2 A_2) + \rho Q (v_1 - v_2) = 1598.1 \text{ kg}$$

3.

$$\Delta p = \gamma h_f, \quad \tau_o = \frac{\Delta p}{\Delta L} \frac{r_o}{2} = \frac{\gamma h_f}{\Delta L} \frac{r_o}{2}$$

$$\tau_o = 3.79 \text{ kg/m}^2 = 3.79 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau = \frac{\gamma h_f}{\Delta L} \frac{r}{2} = 1.26 \times 10^{-4} \text{ kg/cm}^2$$

$$u^* = \left( \frac{\tau_o}{\rho} \right)^{1/2} = 0.193 \text{ m/s}$$

$$h_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}, \quad v = 2.44 \text{ m/s}$$

$$\tau_o = \rho \nu \left( \frac{du}{dy} \right)_{y=0} = \rho \nu \frac{u}{y}, \quad \frac{\tau_o}{\rho} = \nu \frac{u}{y} = u^{*2}$$

$$\frac{u}{u^*} = \frac{u^* y}{\nu}$$

4.

$$Q = 0.378 l/min = 6.3 \text{ cm}^3/s, \quad v = \frac{4 \times 6.3}{\pi 0.31^2} = 83.5 \text{ cm/s}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{83.5^2}{2g} = 3.55 \text{ cm}$$

$$h_f = (0 + 0 + 0.61 \times 10^2) - (0 + 3.55 + 0) = 57.45 \text{ cm}$$

$$R_e = \frac{64 \ l \ v^2}{h_f \ d \ 2g} = 1556.4 < 2,300$$

*Hence the flow is laminar.*

$$R_e = \frac{vd}{\nu}, \quad \nu = \frac{83.5 \times 0.31}{1556.4} = 1.66 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/s$$