

# 流体力学 I 試験問題 ( 1 )

1977-2-22

by E. Yamazato

1. 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。
2. 図に示すように幅  $1.2\text{m}$  の管路に二次元の物体が置かれている。上流の速度は一定出  $4.5\text{m/s}$  であり後流では図に示すような分布をしている。物体の抵抗を測定したところ単位長さ当たり  $225\text{kg}$  あった。上下流での圧力は断面内一定としてそれらの圧力差を求めよ。
3. 図に示すように二つの同心回転円筒シリンダーのすきまに液体を入れ、外側の円筒を回転させて液体の粘性係数を測定することができる。粘性係数が次の式でしめされることを証明せよ。

$$\mu = \frac{2abM}{\pi r_1^2 \omega (4r_2 b h + r_1^2 a)}$$

ただし、 $M$  は回転モーメント、 $\omega$  は角速度。a, b 内での速度は直線的とする。

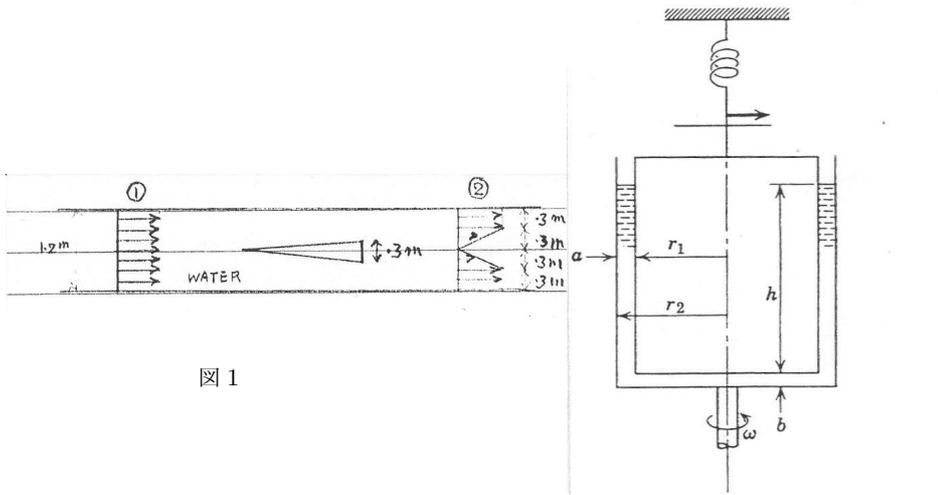


図 1

図 2

(解)

1.

$$\begin{aligned}p_1 &= \frac{\rho}{2}(v_2^2 - v_1^2) = \frac{\rho}{2}v_1^2\left\{\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 - 1\right\} \\&= \frac{\rho}{2}v_1^2\left\{\left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 - 1\right\} = \frac{\rho}{2}v_1^2\left\{\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4 - 1\right\} \\p_1 &= \frac{10^3}{2 \times 9.8} \times 5^2(3^4 - 1) = 10.2 \text{ kg/cm}^2 \\v_2 &= v_1 \times \frac{A_1}{A_2} = 5 \times \left(\frac{15}{5}\right)^2 = 45 \text{ m/s} \\p_1 A_1 + \rho Q v_1 &= p_2 A_2 + \rho Q v_2 + F \\F &= (p_1 A_1 - p_2 A_2) + \rho Q(v_1 - v_2) = 1598.1 \text{ kg}\end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned}v_1 A_1 &= v_2 A_2 = 2 \int_0^{0.6} u dy = 2u_2 \frac{0.3 + 0.6}{2} \\u_2 &= \frac{1}{0.9} \times 4.5 \times 1.2 = 6 \text{ m/s} \\p_1 A_1 + \rho Q v_1 + D &= p_2 A_2 - 2\rho \int_0^{0.6} u^2 dy - 2\rho \times 36 \times 0.3 \\u &= \frac{u_2}{0.3} y, \quad u^2 = \frac{u_2^2}{0.3^2} y^2 \\ \int_0^{0.3} u^2 dy &= \int_0^{0.3} \frac{u_2^2}{0.3^2} y^2 dy \\&= 400 \int_0^{0.3} y^2 dy = 400 \times \frac{y^3}{3} \Big|_0^{0.3} = \frac{400}{3} \times 0.3^3 = 3.6 \\(p_2 - p_1)A &= 225 + \frac{10^3}{9.8} \times 4.5^2 \times 1.2 - 2 \times \frac{10^3}{9.8} \times 3.6 = 570.1 \text{ kgf/cm}^2\end{aligned}$$

3.

$$\begin{aligned}M_1 &= \tau r_1 2\pi r_1 h \\ \tau &= \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{r_2 \omega}{a}, \quad u = \frac{\omega r_2}{a} y \\ M_1 &= 2\pi r_1^2 h \mu \frac{r_2 \omega}{a} \dots (1) \\ dM_2 &= 2\pi r dr \tau r = 2\pi \mu \frac{\omega}{b} r^3 dr \\ M_2 &= 2\pi \mu \frac{\omega}{b} \int_0^{r_1} r^3 dr = \frac{\mu \pi \omega r_1^4}{2b} \\ M &= M_1 + M_2 = \left(\frac{2\pi r_1^2 r_2 h \omega}{a} + \frac{\omega \pi r_1^4}{2b}\right) \mu \\ \mu &= \frac{2abM}{\pi r_1^2 \omega (4r_2 b h + r_1^2 a)}\end{aligned}$$