

流体力学 II 試験問題 (1)

1989-1-23, 12:50~15:00

by E. Yamazato

1. 図 1 に示すようにジェットポンプが断面積 100cm^2 , 速度 30m/s の噴流で速度 3m/s の二次元流れの中に噴出している。管路の全断面積は 750cm^2 で、水は混合されあて一様な速度で流出している。断面 (1)、(2) 間の圧力差を求めよ。ただし、噴流と二次流れの圧力は同一とする。

2. 図 2 に示すように二次元圧縮流ダクト (高さ 1) の中を壁に平行に流れているとき、次の値を求めよ。(1) v_{2max} と v_1 の比、(2) 1. 2 断面の運動量比、(3) 壁に沿う圧力の式
ただし、壁面抵抗は考えないものとする。

3. 直径 25 cm, 長さ 85 m の円管で 3.5mAq の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 3 cm の位置におけるせん断応力, (3) 摩擦速度, (4) 摩擦係数を 0.03 としたときの円管内の平均速度. ただし水の密度は 10^3kg/m^3 とする.

4. 直径 20cm の円管の流量を測定するために、ピトー管を用いて管中心と管壁から 5cm の点の速度を測定してそれぞれ 14.5m/s , 13.0m/s を得た。円管内の流量および摩擦係数 λ を求めよ。ただし円管内の平均速度は $v = U - 3.75v^*$ とする。

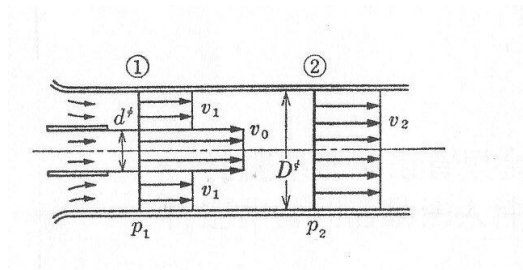


図 1

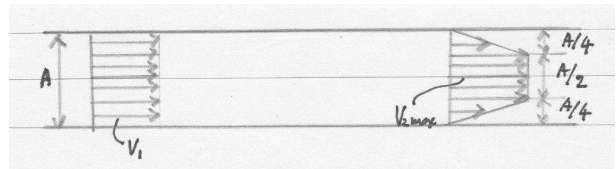


図 2

(解)

1.

Continuity balance :

$$\rho v_j A_j + \rho v_s A_s = \rho v_2 A$$

$$v_2 = \frac{A_j}{A} v_j + \frac{A_s}{A} v_s = \frac{100}{750} \times 30 + \frac{650}{750} \times 3 = 6.6 \text{ m/s}$$

Momentum balance :

$$\rho v_j^2 A_j + \rho v_s^2 A_s + p_1 A = \rho v_2^2 A p_2 A$$

$$p_1 - p_2 = \rho \frac{v_2^2 A - v_j^2 A_j - v_s^2 A_s}{A}$$

$$= -84.24 \times 10^3 \text{ Pa}, \quad 84.24 \text{ kPa}, \quad 0.859 \text{ kgf/cm}^2$$

2.

$$(1) \tau_w \pi d dx = dp A$$

$$\tau_w \pi d = \frac{dp}{dx} \frac{\pi d^2}{4}, \quad \tau_w = \frac{d}{4} \frac{dp}{dx}$$

$$\tau_w = \frac{0.25}{4} \times \frac{3.5 \times 10^3 g}{85} = 25.1 \text{ Pa} (2.57 \times 10^{-4} \text{ kgf/cm}^2)$$

$$(2) \frac{\tau_w}{\tau} = \frac{r_o}{r}, \quad \tau = 25.1 \times \frac{3}{12.5} = 6.04 \text{ Pa}$$

$$(3) v^* = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} = \sqrt{\frac{25.1}{10^3}} = 0.158 \text{ m/s}$$

$$(4) h = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}, \quad v = \sqrt{2g \times 3.5 \times 0.25 / (0.03 \times 85)} = 2.6 \text{ m/s}$$

3.

$$\rho A v_1 = \rho v_{2max} \frac{A}{2} + 2\rho v_{2max} \frac{A}{4} \frac{1}{2} = \frac{3}{4} \rho v_{2max}$$

$$\frac{v_1}{v_{2max}} = \frac{3}{4}$$

$$M_1 = \rho A v_1^2$$

$$M_2 = \rho v_{2max}^2 \frac{A}{2} + 2\rho \int_0^{A/4} (v_{2max} \frac{4}{A})^2 y^2 dy$$

$$= \rho v_{2max}^2 \frac{A}{2} + 2\rho (v_{2max} \frac{4}{A})^2 \frac{1}{3} (\frac{A}{4})^3$$

$$\rho v_{2max}^2 \frac{A}{2} + \frac{\rho}{6} v_{2max}^2 A = \frac{2}{3} \rho A v_{2max}^2$$

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{\rho A v_1^2}{2/3 \rho A v_{2max}^2} = \frac{3}{2} \frac{v_1^2}{v_{2max}^2} = \frac{27}{32}$$

$$(p_1 - p_2)A = M_2 - M_1 = \frac{2}{3} \rho A v_{2max}^2 - \rho A v_1^2$$

$$= \rho A v_1^2 \left(\frac{2}{3} \times \frac{16}{9} - 1 \right) = \frac{5}{27} \rho A v_1^2$$

$$p_1 - p_2 = \frac{5}{27} \rho v_1^2$$

4.

$$\frac{U - u^*}{v} = 2.5 \ln \frac{R}{y}$$

$$\frac{14.5 - 13.0^*}{v} = 2.5 \ln \left(\frac{10}{5} \right), \quad v^* = 0.86 \text{ m/s}$$

$$v = U - 3.75v^* = 14.5 - 3.75 \times 0.86 = 11.3 \text{ m}$$

$$Q = \frac{\pi \times 0.2^2}{4} \times 11.3 = 0.35 \text{ m}^3/\text{s}, \quad \lambda = 8 \left(\frac{v^*}{U} \right)^2 = 0.046$$