流体力学 II 試験問題 (1)

1986-1-20, 12:50～15:00

by E. Yamazato

1. 図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３ m/s の二次元流れの中に噴出している。管路の全断面積は ７５０ cm^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. 円管内の速度分布が次式で示されるときの運動量修正係数を求めよ。

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

ただし、U は中心線上の速度、R は管の半径とする。

3. 直径 25 cm, 長さ 85 m の円管で 3.5 mAq 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 $10^3 kg/m^3$ とする.

4. 温度 20^oC の水が $222L/s$ の割合で内径３００ mm の鋳鉄管 (e=0.26mm) より 240m 離れた A 点から B 点へ送られている。B 点爬 A 点より 15.5m 高く、圧力は $138kPa(1.41kgf/cm^2)$ である。管路の損失水頭および A 点における圧力を求めよ。ただし、水の密度は $998.2kg/m^3$、動粘性係数は $1.004m^2/s$ とする。

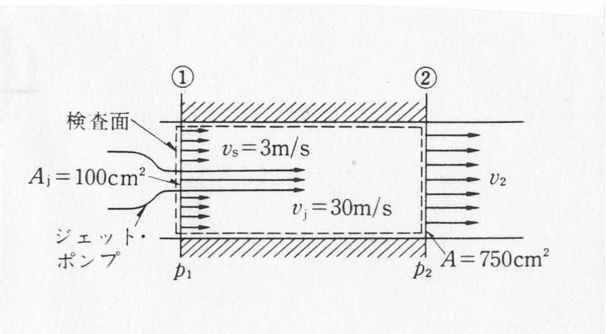

図 1

(解)

1.

Continuity balance :

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

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

Momentum balance :

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

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

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

2 .

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

$\bar{u} = \frac{Q}{A} = \frac{2\pi U R^2}{\pi R^2} \int_0^1 (\eta - \eta^3) d\eta = \frac{U}{2}$

$\beta \rho \bar{u}^2 A = \rho \int_0^R u^2 2\pi r dr = 2\pi \rho R^2 \int_0^1 u^2 \eta d\eta$

$= 2\pi \rho R^2 U^2 \frac{1}{6}$

$\beta = \frac{4}{3}$

3.

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

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

$M_1 = \rho A v_1^2$

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

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

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

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

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

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

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

4.

$$
\begin{aligned}
&v = 3.14\ m/s, \quad R_e = 9.38 \times 10^5 > 2,300\ Turbulent \\
&\lambda = 0.0195 \\
&h_l = \lambda \frac{l}{d}\frac{v^2}{2g} = 9.85\ m/s \\
&\frac{p_A}{\gamma} + \frac{v_A^2}{2g} + z_A = \frac{p_B}{\gamma} + \frac{v_B^2}{2g} + z_B + h_l \\
&p_A = 3.74\ kgf/cm^2 = 366.52\ kPa
\end{aligned}
$$