

流体力学及び演習 II 期末試験略解

1. (1) 連続の法則より, $Q = \frac{\pi D^2}{4} V = \frac{\pi d^2}{4} v$. したがって, $v = \left(\frac{D}{d}\right)^2 V$ [10 点]

(2) 出口からの単位時間あたりの運動量流出は $\rho Q v$, 入口からの単位時間あたりの運動量流入は $\rho Q V$ なので, 単位時間あたりの正味の運動量流出は $\rho Q (v - V)$. [10 点]

(3) ベルヌーイの定理より

$$p + \frac{\rho V^2}{2} = \frac{\rho v^2}{2}. \text{ これより } p = \frac{1}{2} \rho (v^2 - V^2) = \frac{1}{2} \rho \left[\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1 \right] V^2 \text{ [10 点].}$$

(4) 運動量の法則より, $\rho Q (v - V) = -F_x + p \frac{\pi D^2}{4}$. F_x について解いて, p と Q を消去すれば

$$F_x = p \frac{\pi D^2}{4} - \rho Q (v - V) = \frac{1}{2} \rho \left[\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1 \right] V^2 \frac{\pi D^2}{4} - \rho \frac{\pi D^2}{4} V \left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1 \right] V = \frac{1}{2} \rho V^2 \frac{\pi D^2}{4} \left[\left(\frac{D}{d}\right)^2 - 1 \right]^2 \text{ [10 点]}$$

2. 管内平均流速 (管径がすべて同じなので変わらない) を v とする. 圧力をゲージ圧として, ①と②の間で損失を考慮したヘッドで表したベルヌーイの式を立てると,

$$H - \left(\zeta_i \frac{v^2}{2g} + 2\zeta_b \frac{v^2}{2g} + \lambda \frac{l_1 + l_2 + l_3}{d} \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} \right) = l_2. \text{ [10 点]}$$

移項して, v について解くと

$$v = \sqrt{\frac{2g(H - l_2)}{\zeta_i + 2\zeta_b + \lambda \frac{l_1 + l_2 + l_3}{d} + 1}}. \text{ [10 点]}$$

すなわち, $v = 4.90 \text{ m/s}$ [10 点], 流量 $Q = 3.85 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s}$ [10 点]

※ 出口で高さが l_2 になっていることを忘れていた人が多かった.

3. 機体の速度は $V = 139 \text{ m/s}$ [5 点] (時速を秒速に換算せずに計算した人多数). 水平飛行時に機体重量 W と揚力 L が釣り合うことから

$$mg = \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L \text{ すなわち, } C_L = \frac{2mg}{\rho V^2 S}$$

与えられた数値を代入して, $C_L = 0.32$ を得る. [15 点]

4. 毎秒あたりの流量は $10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ となるので, 管内平均流速 V は 0.51 m/s である[5]. レイノルズ数を計算すると, $3 \times 10^3 < Re = 2.54 \times 10^4 < 10^5$ [5]. したがって, プラジウスの式が適用でき, $\lambda = 0.0251$ を得る[5].

ダルシー-ヴァイスバッハの式を用いて摩擦損失ヘッド Δh_f を計算すれば, $\Delta h_f = 0.133 \text{ m}$ を得る[5].

※ 流量を毎秒に換算していない人が多かった.

適宜途中点を与えるよう採点しました. 答だけのものは採点しませんでした (0 点). どうしてそうなったのか, 必ず途中のプロセスが必要です.