

流体力学及び演習 II 定期試験解答例(2019)

1. 流量 Q が与えられているので、管内平均速度 v は直ちに求まる。

$$v = \frac{4Q}{\pi d^2} = 0.632 \text{ m/s} \quad [5 \text{ 点}]$$

層流を仮定すると、ハーゲン・ポワズイユの式(7・8)より、

$$\mu = \frac{\pi d^4 \Delta p}{128 Q l} = 0.130 \text{ Pa}\cdot\text{s} \quad \rightarrow \quad \nu = \frac{\mu}{\rho} = 1.50 \times 10^{-4} \text{ [m}^2/\text{s]} \quad [10 \text{ 点}]$$

層流の仮定が妥当かどうか確認するために、レイノルズ数を計算する。

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} = 210 \quad [10 \text{ 点}]$$

これは $Re < 2320$ の条件を満たしているので、層流の仮定は妥当であった[5 点]。

2. レイノルズ数 $Re = 2.21 \times 10^4$ [10 点], 相対粗さ $\varepsilon/d = 0.004$ である[5 点]。ムーディー線図より, $\lambda = 0.033$ [5 点]くらいになる。したがって、ダルシー・ワイスバッハの式(6・9)式に代入して, $\Delta p = 20.2 \text{ kPa}$ を得る [10 点]。(グラフからの読み取りには誤差が避けられないので, Re と ε/d が正しく求められていて, $0.03 < \lambda < 0.04$ であれば正解として採点しました)

$$3. \quad H = \zeta_1 \frac{v^2}{2g} + \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + \zeta_2 \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \zeta_1 + \zeta_2 + 1 \right) \frac{v^2}{2g} \quad [10 \text{ 点}]$$

これより, $v = \sqrt{\frac{2gH}{\lambda \frac{l}{d} + \zeta_1 + \zeta_2 + 1}} \quad [5 \text{ 点}]$

与えられた数値を代入して計算すると, $v = 7.23 \text{ m/s}$ が得られ, 流量 $Q = 0.0568 \text{ m}^3/\text{s}$ となる。

4. 教科書の [問題 5・9] なので, できることを期待したのですが……。

(a) 連続の式 $\pi D^2 v_1 / 4 = \pi d^2 v_2 / 4$ より, $v_1 = (d/D)^2 v_2$ [5 点]

また, ベルヌーイの式は $p_1 + \rho v_1^2 / 2 = p_2 + \rho v_2^2 / 2$ より, $p_1 = (\rho/2)(v_2^2 - v_1^2) = (\rho v_2^2 / 2)[1 - (d/D)^4]$ [5 点]

【根拠となる法則・定理を示していない場合には採点しませんでした】

(b) x 軸の正の向きを一樣流の向きに取る。ノズルから流体に及ぼされる力の成分を $-F$ とおくと, 流体がノズルに及ぼす力の成分は F である。運動量の法則をノズルと入口、出口で囲まれる検査面内の流体

に適用すると, Q を体積流量として, $p_1 \frac{\pi D^2}{4} - F = \rho Q(v_2 - v_1)$

$$F = p_1 \frac{\pi D^2}{4} - \rho Q(v_2 - v_1) = \frac{1}{2} \rho v_2^2 \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] \frac{\pi D^2}{4} - \rho \frac{\pi d^2}{4} v_2 \cdot v_2 \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right] = \frac{\pi \rho D^2}{8} v_2^2 \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]^2 \quad [10 \text{ 点}]$$

(c) 与えられた数値を代入して計算すれば, $F = 5520 \text{ N}$ [10 点]

5. パラシュートの基準面積 S は $S = \pi d^2 / 4 = 9 \pi \text{ m}^2 = 28.3 \text{ m}^2$ である。抗力 D と体重 W の釣り合いから,

$$W = D = C_D \frac{1}{2} \rho U^2 S \quad \rightarrow \quad U = \sqrt{\frac{2W}{C_D \rho S}}$$

与えられた数値を代入して, $U = 5.86 \text{ m/s}$ を得る。

※ 全体として数値を代入して計算した時に計算間違いが多く, 単位換算もできていませんでした (流体力学以前の問題)。基本的な計算ができないようではエンジニアとして通用しません。その部分が足りない人は今のうちに勉強するようおすすめします。