

流 体 力 学

<<< 解 答 例 >>>

示した解答例は、あくまでも一例であり、また、省略している部分もあります。

第1問の解答

〔1〕 管壁からの距離を $y=R-r$ とすると、粘性によるせん断応力 τ は

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = -\mu \frac{du}{dr} = -\mu u_{max} \frac{d}{dr} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) = \frac{2\mu u_{max}}{R^2} r$$

$r=R$ (管壁) の時に、壁面せん断応力 τ_w であるため

$$\tau_w = \frac{2\mu u_{max}}{R} \quad \boxed{10 \text{ 点}}$$

〔2〕 求める力を F とする。長さ $2L$ の内表面積 $2\pi R \cdot 2L$ を τ_w に掛け、

$$F = \tau_w \cdot 2\pi R \cdot 2L = 8\pi\mu u_{max} L \quad \boxed{10 \text{ 点}}$$

〔3〕 断面①において流れは軸対称であるため、中心からの半径 r 、その位置の流速を u とすると

$$Q = \int_0^R u \cdot 2\pi r dr = 2\pi u_{max} \int_0^R \left\{ 1 - \left(\frac{r^2}{R^2} \right) \right\} r dr = \frac{\pi}{2} u_{max} R^2 \quad \boxed{15 \text{ 点}}$$

〔4〕 フランジを締結させる力を F とおく。断面②では大気圧 ($p_2=0\text{Pa}$) であり、断面①から断面②の間の流体に対する運動方程式は

$$\rho QU - \rho \int_0^R u^2 \cdot 2\pi r dr = p_1 \pi R^2 - F$$

$$u = u_{max} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad \text{を代入すると}$$

$$\rho QU - 2\pi \rho u_{max}^2 \int_0^R \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right)^2 r dr = p_1 \pi R^2 - F$$

$$\rho QU - 2\pi \rho u_{max}^2 \frac{R^2}{6} = p_1 \pi R^2 - F$$

$$F = p_1 \pi R^2 - \rho QU + 2\pi \rho u_{max}^2 \frac{R^2}{6}$$

Q に [3] の答えを代入すると F は以下の式になり、以下の F 以上にすればよいことになる。

$$F = p_1 \pi R^2 - \frac{\pi}{2} \rho U u_{max} R^2 + \frac{\pi}{3} \rho u_{max}^2 R^2 \quad \boxed{15 \text{ 点}}$$

令和 8 年度創成科学研究科理工学専攻入学試験問題

流 体 力 学

出題意図

第 1 問

- 〔1〕 円管内の粘性流れに関する問題を通して、粘性流れに関する基礎的な知識と計算力を評価する。
- 〔2〕 円管内に発生するせん断応力に関する基礎的な知識を評価する。
- 〔3〕 円形ノズルにおける粘性流れに関する問題を通して、連続の式に関する基礎的な知識と計算力を評価する。
- 〔4〕 円形ノズルに作用する力に関する問題を通して、運動量理論に関する基礎的な知識と計算力を評価する。