2025年度春季入学

弘前大学理工学研究科（博士前期課程）機械科学コース

材料力学　解答例

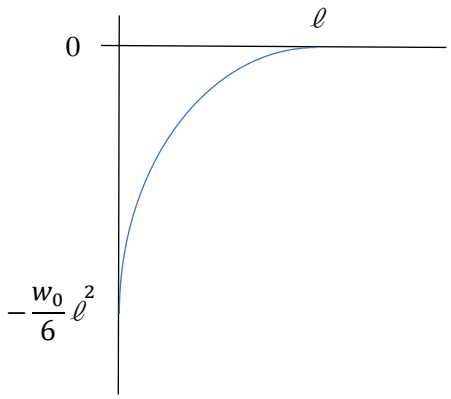
（1）

$$w(x) = -\frac{w_0}{\ell}x + w_0$$

（2）

$$M = \frac{w_0}{6\ell}\left(x - \ell\right)^3$$

（3）



（4）

$$M_{max} = \frac{w_0\ell^2}{6} \text{ at } x=0$$

（5）

$$\sigma_{max} = \frac{w_0\ell^2}{a^3}$$

（6）

$$y_B = \frac{w_0\ell^4}{30EI}$$

流体力学

解答例

（1） $p_1 = p_0 + 8\rho gh$

（2） 水面と出口の流れに対してベルヌーイの式を適用すると，以下のように表せる．

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_0 = p_0 + 8\rho gh$$

よって

$$v_1^2 = 16gh \text{ から} v_1 = 4\sqrt{gh}$$

（3） 直径2 dの円管内の流速をv_2 と置いて，連続の式を用いると次の関係が得られる．

$$\frac{4\pi d^2}{4} v_2 = \frac{\pi d^2}{4} v_1$$

よって

$$v_2 = \frac{1}{4} v_1 = \sqrt{gh}$$

（4） 流出した流体の直径が 0.5 dとなる位置での流速をv_3 とする．
連続の式からは次の関係が得られる．

$$\frac{\pi d^2}{4} v_1 = \frac{\pi d^2}{16} v_3$$

よって

$$v_3 = 4v_1 = 16\sqrt{gh}$$

従って，ベルヌーイの式から以下の関係が得られる．

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + p_0 + \rho gy = \frac{1}{2}\rho v_3^2 + p_0$$

v_3 の値を上式に代入すると以下の関係が得られる．

$$gy = \frac{1}{2}(v_3^2 - v_1^2) = \frac{1}{2}(256gh - 16gh) = 120gh$$

よって

$$y = 120h$$

弘前大学大学院理工学研究科　博士前期課程　機械科学コース

2025 年度　春季入学一般選抜試験（第 2 期）　解答例

試験科目：熱力学

問 1 ピストン付きのシリンダーに封入された 0.2 kg の理想気体を、12000 Nm の仕事によって圧縮したところ、気体は 2 kJ 放熱した。この圧縮における、気体の比内部エネルギーの増加量を求めなさい。

熱力学の第一法則より，状態変化 1→2 において系の受熱量Q_{12}，系の内部エネルギー変化量$U_2 - U_1$，および系が外部へする仕事W_{12}とには，以下の関係式が成り立つ：

$$Q_{12} = U_2 - U_1 + W_{12}$$

題意から，$Q_{12} = -2\,\mathrm{kJ}$，$W_{12} = 12\,\mathrm{kJ}$ であるので上式へ代入し，系の内部エネルギー増加量は，

$$U_2 - U_1 = -2 - (-12) = 10\,\mathrm{kJ}$$

と求められる。よって，比内部エネルギー増加量は，

$$\frac{U_2 - U_1}{m} = 50\,\mathrm{kJ/kg}$$

である。

問 2 高温熱源から 20 kJ の熱量を受け、低温熱源へ 12 kJ の熱量を放出することで動作する熱機関について、以下の問いに答えなさい。

(1) この熱機関の出力仕事を求めなさい。

(2) この熱機関の熱効率を求めなさい。

(3) サイクルを逆行させヒートポンプとして動作させたときの、成績係数を求めなさい。

(1) 熱機関の 1 サイクルにおける作動流体の内部エネルギー変化量は 0 であるため，熱力学第一法則より，熱機関の出力仕事Wは，高音熱源からの受熱量Q_1と低温熱源への放熱量Q_2を用いて，

$$W = Q_1 - Q_2 = 8\ \mathrm{kJ}$$

(2) 熱機関の熱効率は，高音熱源からの受熱量に対する出力仕事の大きさと定義されるため，

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = 0.4 = 40\ \%$$

(3) ヒートポンプの成績係数は，外部からの仕事に対する高温熱源への放熱量と定義されるため，

$$\varepsilon_H = \frac{Q_1}{W} = 2.5$$

機械力学

解答例

(1) 振り子の慣性モーメントは以下の通りである。

$$J = m \times (2l)^2 = 4ml^2$$

(2) ばねが発生するモーメントは以下の通りである。

$$l\theta \times k \times l = kl^2\theta$$

(3) 加振力によるモーメントは以下の通りである。

$$P\cos\omega t \times 2l = 2lP\cos\omega t$$

(4) 運動方程式は以下の通りである。

$$J\ddot{\theta} = -kl^2\theta + 2lP\cos\omega t$$

$$J\ddot{\theta} + kl^2\theta = 2lP\cos\omega t$$

(5) 強制振動解を以下のように仮定

$$\theta = A\cos\omega t$$

運動方程式に代入して振幅導出

$$-J\omega^2 A\cos\omega t + kl^2 A\cos\omega t = 2lP\cos\omega t$$

$$kl^2 A - J\omega^2 A = 2lP$$

$$A = \frac{2lP}{kl^2 - J\omega^2}$$

強制振動解は以下の通りである。

$$\therefore \theta = \frac{2lP}{kl^2 - J\omega^2}\cos\omega t$$