

令和9年度 専攻科入学者選抜（学力）試験問題

機械 工学系 (熱力学)

No. 1/5

シリンダとピストンで囲まれた空間の中に容積 $V_1 = 0.3 \text{ [m}^3\text{]}$ 、圧力 $P_1 = 1.1 \text{ [MPa]}$ 、温度 $T_1 = 300 \text{ [}^\circ\text{C]}$ の空気（理想気体）がある。この理想気体を温度が $T_2 = 650 \text{ [}^\circ\text{C]}$ になるまで上昇させたとき、以下の問いに答えなさい。ただし、空気のガス定数 $R = 0.287 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$ 、定容比熱は $c_v = 0.717 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$ 、定圧比熱は $c_p = 1.005 \text{ [kJ/(kg} \cdot \text{K)]}$ 、比熱比 $\kappa = 1.4$ とする。

- (1) この理想気体の質量を求めなさい。
 (2) 等圧変化で温度 $T_2 = 650 \text{ [}^\circ\text{C]}$ まで上昇させた場合、変化後の容積 V_2 、変化に要する熱量 Q_{12} と外部への絶対仕事量 L_a をそれぞれ求めなさい。
 (3) 等容変化で温度 $T_2 = 650 \text{ [}^\circ\text{C]}$ まで上昇させた場合、変化に要する熱量 Q_{12} と外部への絶対仕事量 L_a をそれぞれ求めなさい。
 (4) 断熱変化で温度 $T_2 = 650 \text{ [}^\circ\text{C]}$ まで上昇させた場合、変化後の容積 V_2 、外部への絶対仕事量 L_a をそれぞれ求めなさい。

(1)

状態方程式 $PV = mRT$ より

$$m = \frac{PV}{RT} \quad \text{なので}$$

$$m = \frac{1.1 \times 10^6 \times 0.3}{0.287 \times 10^3 \times (273 + 300)}$$

$$= 2.0066767 \dots$$

$$\approx 2.01 \text{ [kg]} \quad \cdot \quad \text{4点}$$

(2)

等圧変化なので $\frac{V}{T} = \text{一定}$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{より}$$

$$V_2 = \frac{T_2}{T_1} V_1$$

$$= \frac{650+273}{300+273} \times 0.3$$

$$= 0.4832 \dots \approx 0.483 \text{ [m}^3\text{]} \quad \cdot \quad \text{4点}$$

等圧変化($dP = 0$)なので

熱力学第一法則より

$$dQ = dH - Vdp = dH = m \cdot c_p \cdot dT$$

故に

$$Q_{12} = m \cdot c_p \cdot dT$$

$$= 2.01 \times 1.005 \times (650 - 300)$$

$$= 707.0715 \dots$$

$$\approx 707 \text{ [kJ]} \quad \cdot \quad \text{4点}$$

$$L_a = \int_1^2 PdV$$

$$= P(V_2 - V_1)$$

$$= 1.1 \times 10^6 \times (0.483 - 0.3)$$

$$= 201300 \text{ [J]}$$

$$= 201.3 \text{ [kJ]} \quad \cdot \quad \text{4点}$$

(3)

等容変化($dV = 0$)なので

熱力学第一法則より

$$dQ = dU + PdV = dU = m \cdot c_v \cdot dT$$

故に

$$Q_{12} = m \cdot c_v \cdot dT$$

$$= 2.01 \times 0.717 \times (650 - 300)$$

$$= 504.4095 \dots$$

$$\approx 504 \text{ [kJ]} \quad \cdot \quad \text{4点}$$

$$L_a = \int_1^2 PdV$$

$$= 0 \quad \cdot \quad \text{2点}$$

(4)

断熱変化より $TV^{\kappa-1} = \text{一定}$

$$T_1 V_1^{\kappa-1} = T_2 V_2^{\kappa-1}$$

$$V_2 = V_1 \times \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{\kappa-1}}$$

$$= 0.3 \times \left(\frac{273 + 300}{273 + 650} \right)^{\frac{1}{1.4-1}}$$

$$= 0.09109689 \dots$$

$$\approx 0.091 \text{ [m}^3\text{]} \quad \cdot \quad \text{4点}$$

熱力学第一法則より

$$dQ = dU + PdV = m \cdot c_v \cdot dT + dL_a = 0$$

$$dL_a = -m \cdot c_v \cdot dT$$

故に

$$L_a = -m \cdot c_v \cdot (T_2 - T_1) = m \cdot c_v \cdot (T_1 - T_2)$$

$$= 2.01 \times 0.717 \times (300 - 650)$$

$$= -504.4095 \dots$$

$$\approx -504 \text{ [kJ]} \quad \cdot$$

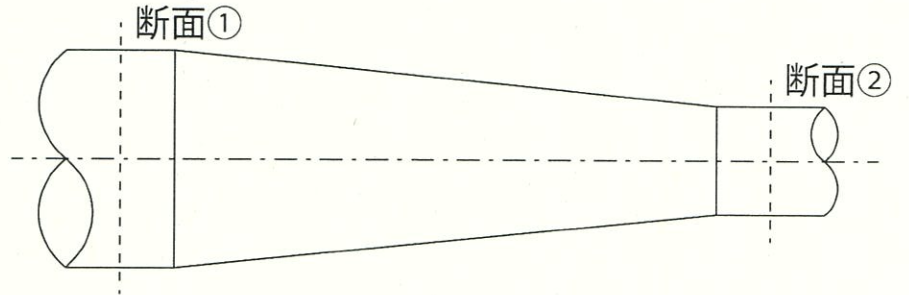
4点

令和9年度 専攻科入学者選抜（学力）試験問題

機械工学系 (流体力学)

No. 2 / 5

問い. 水平に置かれた管路において、図のように断面積が $A_1 = 4.0 \text{ cm}^2$ の管（断面①）から、断面積が $A_2 = 1.0 \text{ cm}^2$ の管（断面②）へと滑らかに縮小している。この管路に密度 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ の水（非圧縮性・粘性のない理想流体と考えて良い）を定常的に流したところ、断面①における流速は $v_1 = 1.0 \text{ m/s}$ 、圧力は $p_1 = 100 \text{ kPa}$ であった。このとき、以下の各問いに答えよ。



(1) 断面②における水の流速 $v_2 \text{ [m/s]}$ を求めよ。

(2) 断面②における水の圧力 $p_2 \text{ [Pa]}$ を求めよ。

(1)10 点

$$\begin{aligned} A_1 v_1 &= A_2 v_2 \\ v_2 &= \frac{A_1}{A_2} v_1 = \frac{4}{1} \times 1 = 4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

(2)20 点

なめらかな縮小管は損失なしと考えて良い。

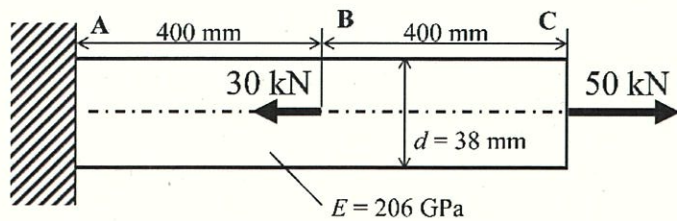
$$\begin{aligned} \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 &= \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \\ p_2 &= p_1 + \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2) \\ &= 100 \times 10^3 + \frac{1}{2} \times 1000 \times (1^2 - 4^2) \\ &= 92500 \text{ Pa} = 92.5 \text{ kPa} \end{aligned}$$

令和9年度 専攻科入学者選抜（学力）試験問題

機械 工学系 (材料力学)

No. 3 / 5

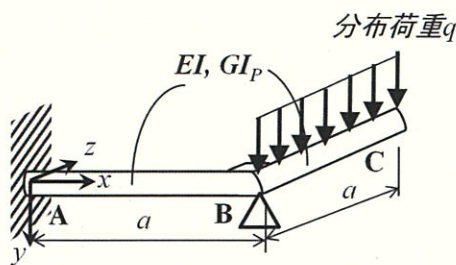
【1】図のような場合に、B点の変位 δ_B 、C点の変位 δ_C をそれぞれ求めよ。縦弾性係数 $E=206\text{GPa}$ 、直径 $d=38\text{mm}$ とする。（各4点 $\times 2=8$ 点）



$$\delta_B = \frac{4(P-Q)l}{\pi E d^4} = \frac{4(50-30) \times 10^3 \times 400}{\pi \times 206 \times 10^3 \times 38^2} = 0.0342 \text{ mm}$$

$$\delta_C = \delta_B + \frac{4Pl}{\pi E d^4} = \delta_B + \frac{4 \times 50 \times 10^3 \times 400}{\pi \times 206 \times 10^3 \times 38^2} = 0.120 \text{ mm}$$

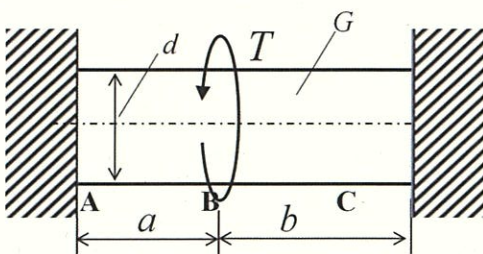
【2】①B点の支点反力 R_B 、②C点の y 方向変位 δ_C を求めよ。ただし、縦弾性係数 E 、断面二次モーメント I 、横弾性係数は G とする。極断面二次モーメントは I_p とする。また、部材ABとBCは直交している。（各4点 $\times 2=8$ 点）



(AB) $\delta_B = \frac{(8a - R_B) a^2}{3EI} = 0$
 $\therefore R_B = 8a$

(BC) $\delta_{BCy} = \frac{8a^4}{8EI}$
 $\delta_C = \phi_{AB} \times a + \delta_{BCy}$
 $= \frac{(\frac{1}{2}8a^2) a}{GI_p} + \frac{8a^4}{8EI}$

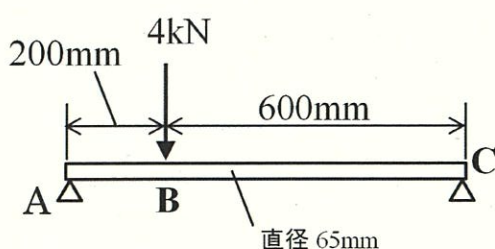
【3】図のような直径 d の丸棒においてB点にトルク T がかかっているとき、B点のねじれ角を求めよ。ここで、横弾性係数は G とする。（7点）



$\phi_C = \frac{(T - T_c)a}{GI_p} + \frac{(T_c - T)b}{GI_p} = 0$
 $\therefore T_c = \frac{a}{a+b} T$

$\phi_B = \frac{(T - T_c)a}{GI_p} = \frac{a^2 b T}{GI_p(a+b)}$

【4】図のように力がかかる両端単純支持ばりの、部材に生じる最大曲げ応力を求めよ。ただし、部材ACは直径65 mmの丸棒である。（7点）



$M_B = R_A \times 200$
 $= 600 \text{ kN} \cdot \text{mm}$

$\sigma = \frac{M_B}{Z} = \frac{32 M_B}{\pi d^3}$
 $= \frac{32 \times 600 \times 10^3}{\pi \times 65^3} = 22.3 \text{ MPa}$

1 質量 m の雨滴が粘性抵抗 bv (b は粘性抵抗定数, v は速さ) を受けながら落下している. 以下の問いに答えなさい. ただし, 重力加速度の大きさを g とする.

(1) この物体の運動方程式を, 速さ v を用いて表しなさい. ただし, 時間を t , 鉛直下向きを正とする. (8 点)

$$m \frac{dv}{dt} = mg - bv$$

(2) 鉛直上向きを正とするとき, この物体の運動方程式を求めなさい. (8 点)

上向きが正の時, 粘性抵抗 bv の方向は正であるが, $v < 0$ であるので, $m \frac{dv}{dt} = -mg - bv$

(3) (1) で求めた運動方程式を解き, 時刻 t における速さ $v(t)$ を求めなさい. ただし, $t = 0$ における速さ $v(0) = 0$ とし, その導出過程を詳細に示すこと. (10 点)

$$\frac{dv}{dt} = g - \frac{bv}{m}$$

$$\int \frac{m}{b \left(\frac{m}{b}g - v \right)} dv = \int dt$$

$$T = \frac{m}{b}g - v \Rightarrow \frac{dT}{dv} = -1 \Rightarrow dv = -dT$$

$$(\text{左辺}) = \int \frac{m}{b \left(\frac{m}{b}g - v \right)} dv = \frac{m}{b} \int \frac{-1}{T} dT$$

$$= -\frac{m}{b} \log|T| + C = -\frac{m}{b} \log \left| \frac{m}{b}g - v \right| + C_1$$

$$(\text{右辺}) = \int dt = t + C_2$$

$$\text{よって, } -\frac{m}{b} \log \left| \frac{mg}{b} - v \right| + C_1 = t + C_2$$

$$\log \left| \frac{mg}{b} - v \right| = -\frac{b}{m}(t + C)$$

$$\left| \frac{mg}{b} - v \right| = e^{-\frac{b}{m}(t+C)} = e^{-\frac{b}{m}t} \cdot e^{-\frac{b}{m}C} \quad \dots (1)$$

落下し始めるときは, $t = 0$, $v(0) = 0$ より,

$$\left| \frac{mg}{b} - v(0) \right| = e^{-\frac{b}{m} \cdot 0} \cdot e^{-\frac{b}{m}C} \text{ なので, } \left| \frac{mg}{b} \right| = e^{-\frac{b}{m}C},$$

ただし, $m, g, b > 0$ なので, $\frac{mg}{b} = e^{-\frac{b}{m}C}$

よって, 式(1)は,

$$\left| \frac{mg}{b} - v \right| = \frac{mg}{b} e^{-\frac{b}{m}t}, \quad \text{ここで, } \frac{mg}{b} \text{ は終端速度なので, } \frac{mg}{b} > v(t). \text{ よって, } \frac{mg}{b} - v > 0$$

$$\frac{mg}{b} - v = \frac{mg}{b} e^{-\frac{b}{m}t} \Rightarrow v = \frac{mg}{b} - \frac{mg}{b} e^{-\frac{b}{m}t} = \frac{mg}{b} \left(1 - e^{-\frac{b}{m}t} \right)$$

(4) 雨滴の終端速度の $(1 - e^{-1})$ 倍になるまでの時間を求めなさい. (4 点)

$$bv_{\infty} = mg \Rightarrow v_{\infty} = \frac{mg}{b}$$

$$\frac{mg}{b} (1 - e^{-1}) = \frac{mg}{b} \left(1 - e^{-\frac{b}{m}t} \right)$$

$$\text{係数比較すると, } \frac{b}{m}t = 1 \Rightarrow t = \frac{m}{b}$$

【別解】

$$m \frac{dv}{dt} = mg - bv$$

$$m \frac{dv}{dt} + bv = mg$$

非斉次微分方程式のため, 解は一般解 + 特解

一般解は, 特性方程式 ($v = Ae^{\lambda t}$) から求める.

特性方程式は, $m\lambda + b = 0$

$$\lambda = -\frac{b}{m}$$

一方, 特解の候補は終端速度なので,

$$bv = mg \Rightarrow v = \frac{mg}{b}$$

$$\text{よって解は, } v = Ae^{-\frac{b}{m}t} + \frac{mg}{b}$$

$t = 0, v(0) = 0$ なので,

$$v(0) = 0 = A + \frac{mg}{b} \Rightarrow A = -\frac{mg}{b}$$

$$v = -\frac{mg}{b} e^{-\frac{b}{m}t} + \frac{mg}{b} = \frac{mg}{b} \left(1 - e^{-\frac{b}{m}t} \right)$$

令和9年度 専攻科入学者選抜（学力）試験問題

機械工学系 (機械工作法)

No. 5 / 5

各1点

1. 鑄造法に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

原型を基にしてつくった鑄型に (1) 溶融した金属 (湯) を流し込み、凝固させることで原型どおりの形状の製品を作成する作業を鑄造と呼ぶ。鑄鉄は鋼に比べて溶解温度が (2) 低 く、鑄型の隅々まで行き渡りやすい性質である (3) 流動 性を有しており、凝固時の収縮も小さく、(4) 引け巣 (鑄造欠陥△) が発生しにくい。アルミニウム合金は軽量、低融点で耐食性を有するため、鑄物としてよく利用されるが、溶湯の (5) 酸化 ならびに溶湯への (6) 水素 の吸収は高温ほど著しいため、必要以上に高温にしてはならない。

2. 溶接に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

溶接は融接、圧接および (7) ろう接 の3つに大別される。融接の一種であるサブマージアーク溶接法は溶融した (8) フラックス によりアークおよび溶融池を外気から完全に遮断して行われる自動化された高能率な溶接法であり、造船や大型の圧力容器などに用いられる。圧接の一種である (9) 点溶接 (スポット溶接) は重ね合わせた金属板を棒状の電極で挟み、(10) 大電流 を流して溶融圧着する手法である。溶接・切断などの熱で組織、機械的性質などに変化を生じた、溶融されていない母材の部分を (11) 熱影響部 と呼び、必要な (12) 機械的性質 を得られなくなる場合があるため注意する必要がある。

3. 機械加工に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

一般に切削工具材料には、工作物より (13) 硬く、切削部の (14) 高温硬さ が高く、耐摩耗性があり、切削力の変動や衝撃に耐えうる (15) 靱性 が必要とされる。高速度鋼は各種合金元素を添加した合金鋼であり、(16) 焼き入れ・焼き戻しによって高硬度にする。高速度鋼は靱性が高いことから (17) 断続切削 工具 (フライス、ホブ等) に使用される。

フライス加工の (18) 上向き 削りでは、一般に刃物の進む方向と工作物の送り方向が反対であり、各々の (19) 遊び (バックラッシ) を取りながら切削するが、切削の始めに工作物-工具間に (20) 滑り が生じる。

歯切り法はホブ切りに代表される (21) 創成歯切り法 とピニオンカッタ等を使用する (22) 成形歯切り法 の2種類に大別される。一般的な歯車のキー溝加工にはスロッター (立て削り盤) や (23) ブローチ 盤が用いられる。

研削加工で使用される砥石の構成要素は砥粒、(24) 結合剤 入れ替え可 および、(25) 気孔 である。研削加工において実際の切削作用を担っている砥粒は負の (26) すくい角 を有しているため加工時の高温に注意する。ホーニングは目の細かい砥石により円筒内面を仕上げる加工法であり、(27) 真円度 入れ替え可 および、(28) 円筒度 をある程度向上させることができる。

4. 塑性加工に関する以下の文章の空欄を埋めよ。

深絞り加工の加工限界は、しわ、もしくは (29) 破断 の発生である。1回の深絞り加工には限界があるため、工程をいくつかに分けて絞りを繰り返すことで、所要の形状に加工する手法を (30) 再絞り 加工と呼ぶ。