

令和7年度 豊橋技術科学大学第3年次入学者選抜学力検査問題

専 門 科 目 （ 1 : 機 械 工 学 ）

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図まで、この問題冊子と解答用紙を開いてはいけません。
- 2 問題冊子の枚数は、表紙、草稿用紙を含めて7枚です。
- 3 問題冊子とは別に解答用紙が4枚あります。解答は用紙の裏面にまわってはいけません。
- 4 問題は4問あります。全問解答してください。
- 5 試験開始の合図の後すぐに、すべての解答用紙の所定の箇所に受験番号を記入してください。
- 6 解答は必ず各問題別の解答用紙の所定の欄に記入してください。
- 7 落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあれば、ただちに申し出てください。
- 8 問題冊子の余白は草稿用として使用しても構いません。
- 9 試験終了時刻まで退出してはいけません。
- 10 問題冊子は持ち帰ってください。

(草稿用紙)

[1] 図1に示すようにタンク内の液体にシリンダを鉛直下向きに挿入する。シリンダ内のピストンは十分細いロッドで支持され、ピストンおよびロッドの質量は無視できるほど小さい。また、ピストンとシリンダとの間のすき間は十分小さく液体の漏れの影響は無視でき、ピストンとシリンダとの間の摩擦も無視できるものとする。シリンダ先端からピストン下面までの距離を h とし、ピストン下部のシリンダ内は液体で満たされているものとし、ピストンに作用する力を考える。このときのタンク内の液面とシリンダ先端の高さの差を H とする。シリンダ内の断面形状は円形で、その直径はピストンが移動する範囲では d_1 であり、シリンダ先端位置で d_2 へ滑らかに変化する。以下の問いに答えよ。ただし、重力加速度は g 、大気圧力は p_0 、液体の密度は ρ で一定とする。

- (1) ピストンが静止している場合について、以下の設問に答えよ。
- ア. ピストン下面での液体の圧力 p_1 を H, h, ρ, p_0, g を用いて表せ。
 - イ. ピストンを支持するためにロッドにかかる上向きの力の大きさを H, h, ρ, g, d_1 を用いて表せ。
- (2) ピストンを一定速度 v_1 で鉛直上向きに引く場合について、以下の設問に答えよ。ただし、タンクは十分大きく、タンク内の液面の低下は無視でき、また、液体はシリンダに滑らかに損失なく流入するものとする。
- ア. タンク内から吸い上げる液体の体積流量 Q を d_1, v_1 を用いて表せ。
 - イ. シリンダ先端部での液体を吸い上げる速度 v_2 を d_1, d_2, v_1 を用いて表せ。
 - ウ. ピストン下面での液体の圧力 p_1 を H, h, ρ, p_0, g, v_1 を用いて表せ。
 - エ. ピストンを微小距離 δL 引き上げるための仕事 δW を $H, h, \rho, g, v_1, d_1, \delta L$ を用いて表せ。

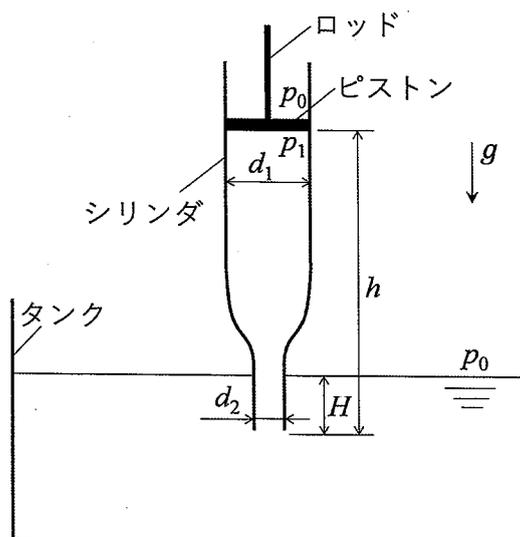


図1

[2] 図2に示すように、状態A, B, C, Dを変化する理想気体 1 molの熱力学サイクルを考える。ここで、状態A→BおよびC→Dの変化は断熱過程、状態B→Cの変化は等圧過程、状態D→Aの変化は等積過程とし、すべての状態変化は準静的に行われるものとする。各状態A, B, C, Dの圧力をそれぞれ P_A, P_B, P_C, P_D 、体積をそれぞれ V_A, V_B, V_C, V_D 、温度をそれぞれ T_A, T_B, T_C, T_D とする。理想気体の定圧モル比熱を C_p 、定積モル比熱を C_v 、一般気体定数を R_0 とする。 C_p および C_v は温度に対して一定であるとし、比熱比を $\kappa = \frac{C_p}{C_v} (>1)$

とする。断熱過程において、 PV^κ は一定である。また、圧縮比を $\varepsilon = \frac{V_A}{V_B} (>1)$ 、

等圧膨張比を $\sigma = \frac{V_C}{V_B} (>1)$ とする。このとき、以下の問いに答えよ。

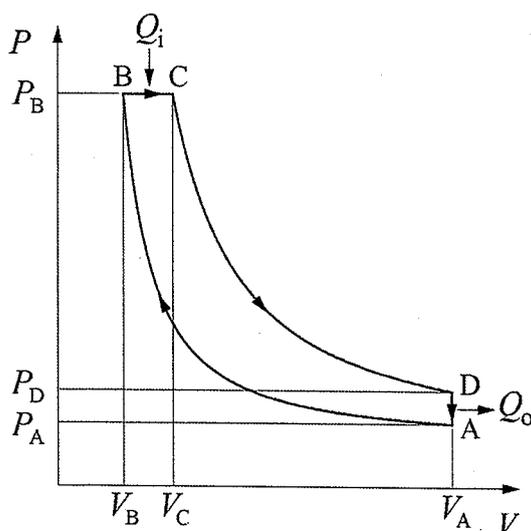


図2

(1) 図2のサイクルの名称として適切なものを以下の(a), (b), (c), (d)より1つ選び、その記号を解答欄に示せ。

- | | |
|---------------|---------------|
| (a) オットーサイクル | (b) ブレイトンサイクル |
| (c) ディーゼルサイクル | (d) カルノーサイクル |

(2) 状態Aにおいて、 P_A, V_A, T_A の関係を表す状態方程式を示せ。

(3) T_B を T_A, κ, ε を用いて表せ。

(4) T_C を $T_A, \kappa, \varepsilon, \sigma$ を用いて表せ。

(5) T_D を T_A, κ, σ を用いて表せ。

(6) 加熱量が $Q_i = C_p(T_C - T_B) > 0$ 、放熱量が $Q_o = C_v(T_D - T_A) > 0$ であるとき、熱効率

$$\eta = \frac{Q_i - Q_o}{Q_i}$$

を $\kappa, \varepsilon, \sigma$ を用いて表せ。

(7) ε を一定として σ を増加させるとき、 η の増減について、問(6)の結果を用いて説明せよ。

[3] 図3.1および図3.2に示すような、長さ l 、縦弾性係数 E の円錐台の棒（断面の直径が直線的に変化する丸棒）があり、棒の端面Aおよび端面Bの直径はそれぞれ d_1 および d_2 である ($d_1 < d_2$)。この棒について以下の問いに答えよ。

(1) 図3.1に示すように、棒の両端に軸力 P を加えたときの棒の変形を考える。このために端面Aから距離 x の位置に長さ dx の微小要素を考える。なお、 dx は十分に小さく、微小要素の両断面の直径は等しいとする。以下の設問に答えよ。

- ア. 端面Aから距離 x の位置の断面の直径 d を、 x, l, d_1, d_2 を用いて表せ。
- イ. 微小要素の軸方向の伸び $d\lambda$ を、 dx, x, l, d_1, d_2, E, P を用いて表せ。
- ウ. 棒全体の軸方向の伸び λ を、 l, d_1, d_2, E, P を用いて表せ。

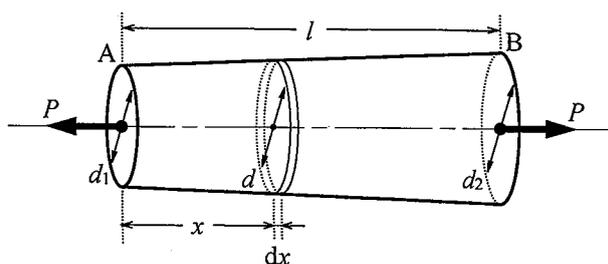


図 3.1

(2) 図3.2に示すように、距離 l だけ離れた2つの剛体壁にこの棒の端面Aと端面Bを固定し、両端面中央の断面C ($x = \frac{l}{2}$) において図の矢印の向きに軸力 P を加える。このとき、図3.3に示すように、AC間およびCB間に作用する図の矢印の向きの軸力をそれぞれ P_1 および P_2 とする。以下の設問に答えよ。

- ア. AC間の棒の軸方向の伸び λ_1 を、 l, d_1, d_2, E, P_1 を用いて表せ。
- イ. 軸力 P_1 を、 d_1, d_2, P を用いて表せ。

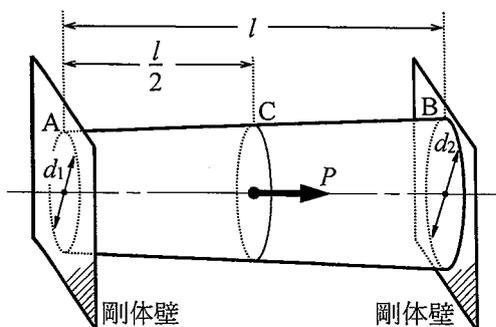


図 3.2

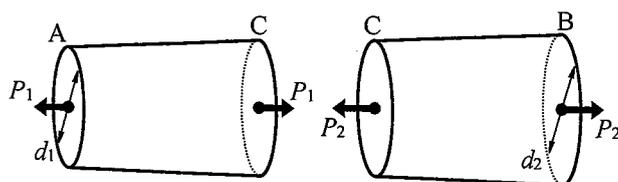


図 3.3

[4] 以下の問いに答えよ。

- (1) 金属の強化機構に関する以下の文章中の [ア] ~ [ケ] に当てはまる最も適切な語句を語群Iの中から選び、その番号を解答欄に記せ。ただし、同じ語句を繰り返し選んではならない。

金属の塑性変形は、原子面がずれてすべり変形することで生じる。原子が一斉にずれるためには大きな応力を必要とするが、実際には線状の [ア] である [イ] を形成することで、小さな応力でも塑性変形できる。[イ] に固有の変位量と方向は、[ウ] で表される。

[イ] の周囲には応力場が生じる。塑性変形が進行して [イ] が増殖すると、応力場が作用し合って [イ] が移動しにくくなる。そのため、塑性変形に要する応力が増加する。これを [エ] という。金属の引張試験において、降伏後に応力が増加する1つの理由がこれである。

点状の [ア] である置換型原子や侵入型原子が存在すると格子ひずみを生じ、[イ] が移動しにくくなる。これに伴う金属の強化を、[オ] という。

結晶方位の異なる隣り合う結晶粒の間には、面状の [ア] である [カ] が存在する。[カ] ではすべり面が不連続となり、[イ] の移動が妨げられる。そのため、[カ] の体積割合を増加させることで、金属を強化できる。これを [キ] という。この強化機構の観点から、金属の強度は [ク] の平方根の逆数に比例することが知られており、これを [ケ] の関係という。

語群I

(1) 加工硬化	(2) 固溶強化	(3) 分散強化
(4) 析出強化	(5) 結晶粒微細化強化	(6) オロワン
(7) ホール・ペッチ	(8) ギブス	(9) バーガースベクトル
(10) 原子空孔	(11) 転位	(12) 結晶粒界
(13) 格子欠陥	(14) 転位密度	(15) 結晶粒径

(2) 炭素鋼の熱処理に関する以下の文章中の [ア] ~ [サ] に当てはまる最も適切な語句を語群IIの中から選び、その番号を解答欄に記せ。ただし、同じ語句を繰り返し選んではならない。

鉄-セメンタイト系平衡状態図において、[ア]炭素濃度の [イ] から冷却すると、727℃で [ア] 変態して、[ウ] とセメンタイトからなる [エ] 組織を形成する。鉄-セメンタイト系平衡状態図における727℃の線を [オ] 線という。[ア]炭素濃度よりも低い炭素濃度の [イ] を冷却して、[ウ] が [カ] し始める温度は [キ] 線で表される。また、[ア]炭素濃度よりも高い炭素濃度の [イ] を冷却して、セメンタイトが [カ] し始める温度は A_{cm} 線で表される。

[オ] 線、[キ] 線あるいは A_{cm} 線以上の温度に加熱して [イ] とした状態から、水や油などに浸漬して室温付近まで急冷する処理を [ク] という。この処理により [ケ] 組織を形成する。[ケ] は硬いが脆いため、[オ] 線以下の温度に再び加熱して [ケ] に過飽和に固溶した炭素を鉄炭化物として [カ] させて、延性や靱性を回復する。この処理を [コ] という。

力学的性質の調整や組織の均一性を改善するために、一様な [イ] の状態に加熱し、その温度にしばらく保持してから空冷する処理を、[サ] という。

語群II

(1) フェライト	(2) オーステナイト	(3) パーライト
(4) ベイナイト	(5) マルテンサイト	(6) 析出
(7) 晶出	(8) 包晶	(9) 共析
(10) 共晶	(11) 焼入れ	(12) 焼戻し
(13) 焼なまし	(14) 焼ならし	(15) 深冷処理
(16) A_1	(17) A_2	(18) A_3