

令和6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] 次の問いに答えよ。ただし、大気圧力は p_0 、重力加速度は g とする。なお、液体の密度は ρ で一定とする。液体と壁面との摩擦の影響は無視できるものとする。液体は管を満たしながら流れるものとする。

(1) 図1.1のように、直径の十分に大きな円筒容器の壁面に内径 d_1 の円管が水平に接続されており、容器内の液体が円管の終端から大気中に流出している。液体は円管に滑らかに損失なく流入するものとする。円管中心軸の液面から深さを h とする。このとき、以下の設問に答えよ。

ア. 円管中心軸上で円管の入口から十分離れた位置における容器内の圧力 p_h を、 g 、 h 、 p_0 、 ρ を用いて表せ。

イ. 円管から流出する液体の流量 Q を、 d_1 、 g 、 h を用いて表せ。

(2) 図1.2のように、前問の内径 d_1 の円管の終端に内径 d_2 の円管を両円管の中心軸が一致するように接続して、流路断面積を急拡大させた。液体は新たに接続された円管の終端から大気中に流出する。急拡大部の管中心軸に垂直な壁面を面Aとする。図1.2のように急拡大部の上流に管中心軸と垂直な断面①をとり、急拡大部の十分下流に管中心軸と垂直な断面②をとる。断面①を通る液体の速度分布は一様で、その流速を v_1 とする。断面①の管中心での圧力を p_1 とする。断面②を通る液体の速度分布は一様で、その流速を v_2 とする。断面②の管中心での圧力を p_2 とする。このとき、以下の設問に答えよ。

ア. v_1 を、 d_1 、 d_2 、 v_2 を用いて表せ。

イ. 面Aに垂直に作用する力 F を、 d_1 、 d_2 、 p_1 を用いて表せ。ただし、力は面を押す向きを正とする。

ウ. 断面①と断面②の間における液体の単位時間あたりの運動量の増加量 ΔM を、 d_1 、 d_2 、 v_2 、 ρ を用いて表せ。

エ. 断面①と断面②の間における損失ヘッド H を、 d_1 、 d_2 、 g 、 v_2 を用いて表せ。

オ. 円管から流出する液体の流量 Q' を、 d_1 、 d_2 、 g 、 h を用いて表せ。

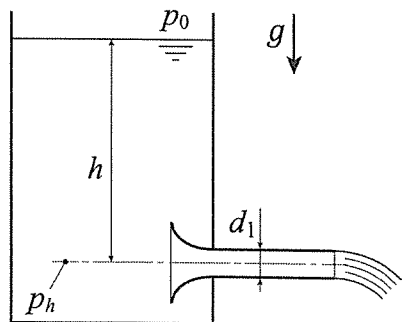


図 1.1

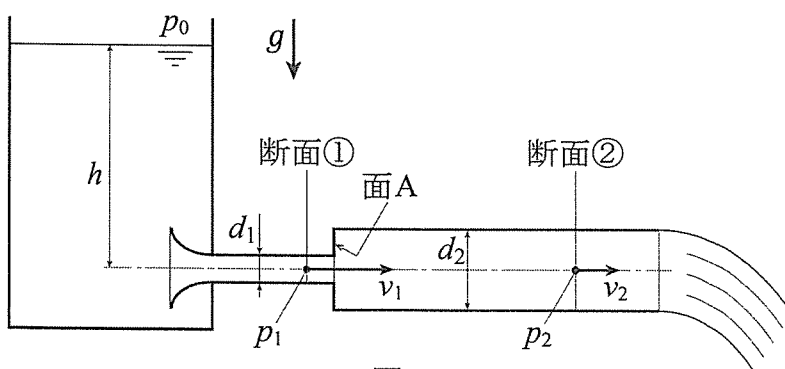


図 1.2

[2] 1 molの理想気体を考える。その気体の圧力を P [Pa], 体積を V [m^3], 温度を T [K]とし, $PV^n = B$ (ただし B と n は定数)を満たすように状態変化する。以下の問いに答えよ。ただし, 定積モル比熱を C_V [J/(mol·K)], 定圧モル比熱を C_P [J/(mol·K)], 一般気体定数を R [J/(mol·K)], 比熱比を κ とし, C_V と C_P は温度に対して一定であるとする。

(1) 以下の設問に答えよ。

- ア. $n=0$ のときの状態変化として最も適切な名称を次の語群から選ぶとともに, その理由を説明せよ。
- イ. $n=1$ のときの状態変化として最も適切な名称を次の語群から選ぶとともに, その理由を説明せよ。
- ウ. $n \rightarrow \infty$ のときの状態変化として最も適切な名称を次の語群から選ぶとともに, その理由を説明せよ。

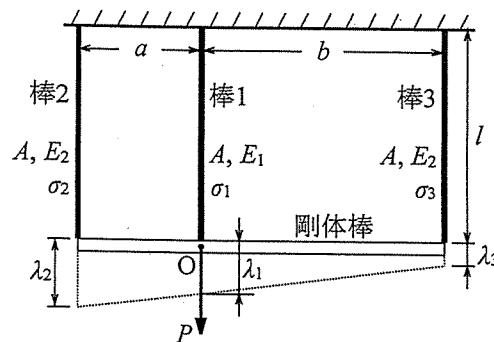
[語群]

等圧変化, 等積変化, 等温変化, 断熱変化

(2) 気体の内部エネルギー変化を dU , 気体が外にする仕事を ΔW , 気体に取り込む熱量を ΔQ とするとき, 以下の設問に答えよ。ただしマイヤーの関係式 ($R = C_P - C_V$) は必要に応じて断りなく用いてもよい。なお, $n > 1$ とする。

- ア. 熱力学第一法則から, ΔQ を ΔW と dU を用いて示せ。
- イ. $\Delta W = \alpha dV$ と表せるとき, α を B, V, n を用いて示せ。
- ウ. 状態方程式と上記イ. より $\Delta W = R(1-n)^{-1}dT$ となることを用いて, $\Delta Q = C_n dT$ と表せるとき, C_n を κ, C_V, n を用いて示せ。
- エ. 縦軸を C_n/C_V , 横軸を n としたときのグラフを示せ。その際, $C_n/C_V = 0$ の座標ならびに $n \rightarrow \infty$ の極限值をグラフ中に明記せよ。

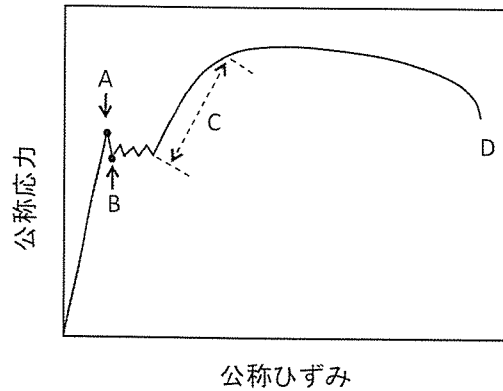
[3] 下図に示すように、長さ l 、断面積 A の3本の金属製の棒が剛体天井に鉛直に取り付けられ、その下端には真直な剛体棒が取り付けられている。3本の棒は同一平面内で平行に並んでおり、棒1と棒2の間隔は a 、棒1と棒3の間隔は b である。棒1の縦弾性係数は E_1 、棒2と棒3の縦弾性係数はともに E_2 である。いま、棒1の下端の点 O に鉛直下向きに荷重 P を加えると、棒1、2、3がそれぞれ λ_1 、 λ_2 、 λ_3 だけ伸び、剛体棒は真直のまま傾いた。また、各棒に作用する応力はそれぞれ σ_1 、 σ_2 、 σ_3 であった。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、3本の棒は荷重を加えた後も天井に対して鉛直が保たれているとする。また、重力の影響は無視できるものとする。



- (1) 力のつり合いより、 P を A および σ_1 、 σ_2 、 σ_3 を用いて表せ。
- (2) 点 O まわりのモーメントのつり合いより、 σ_3 を a 、 b 、 σ_2 を用いて表せ。
- (3) λ_1 を σ_1 、 l 、 E_1 を用いて表せ。
- (4) 3本の棒の間隔の比 $\frac{a}{b}$ を λ_1 、 λ_2 、 λ_3 を用いて表せ。
- (5) σ_1 を a 、 b 、 E_1 、 E_2 、 P 、 A を用いて表せ。

[4] 以下の問いに答えよ。

(1) 長さ l_0 の鋼板を室温で引張試験したところ、下図のような公称応力-公称ひずみ曲線を得た。点 D で長さ l_f で破断し、破断応力は 200 MPa であった。以下の設問に答えよ。



ア. 点 A と点 B の名称を述べよ。

イ. 領域 C で変形応力が上昇する主要原因を述べよ。

ウ. 公称ひずみ量 ε_n を l_0 と引張試験中の長さ l を用いて示せ。

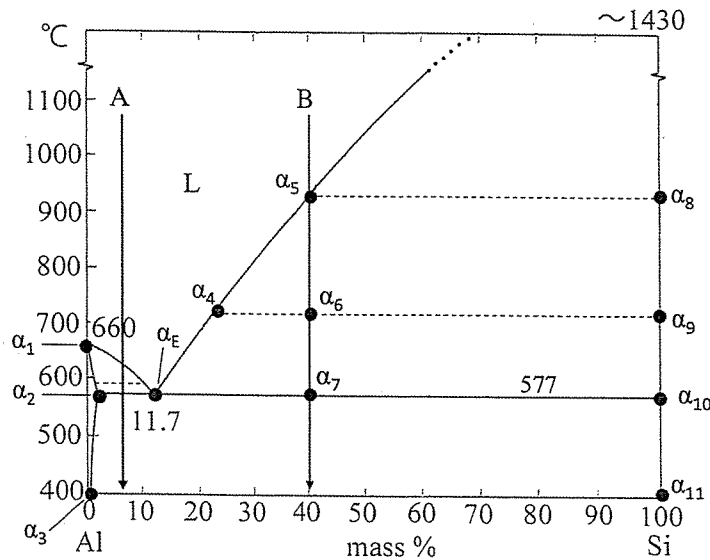
エ. 上記の公称ひずみ量 ε_n を用いて真ひずみ量 ε_T を示せ。

オ. 破断後、試料の断面積は 80% に減少した。破断時の真応力 σ_T [MPa] を求めよ。

(2) 下記の空欄 [ア]～[コ]に当てはまる最も適切な語句を、語群より選び、その番号を解答欄に記せ。なお、同じ語句を繰り返し使用してはならない。また、同じ記号の空欄には同じ語句が当てはまるものとする。

鋳物およびダイカスト用アルミニウム合金のほとんどは Al-Si 系を基本としている。これは、溶湯の [ア]、鋳型充填性が他の合金に比べて優れていることに加えて、高強度、小さい熱膨張係数、摺動時の耐 [イ] などの理由による。

下に Al-Si 二元系平衡状態図を示す。Al-Si 系は 577℃、11.7% に [ウ] をもつ共晶系で、[ウ] では液相 $L \rightarrow Al + Si$ の [エ] 反応を行い、[オ] 組織を形成する。例えば亜共晶 Al-Si 二元系合金では A 線の様に温度を低下させると、共晶温度以上では液相 $L \rightarrow$ [カ] $Al + L$ 、共晶温度以下では液相 $L \rightarrow$ [エ] $Al +$ [エ] Si と変化する。後者の時、Al 固溶体中の Si 固溶度は温度低下と共に減少し、その Si 濃度の変化は曲線 [キ] で示される。一方、過共晶 Al-Si 二元系合金では B 線の様に温度を低下させると、共晶温度以上では液相 $L \rightarrow$ [カ] $Si + L$ 、共晶温度以下では液相 $L \rightarrow$ [エ] $Al +$ [エ] Si と変化する。後者の時の Si 中の Al 濃度は直線 [ク] で示され、[ケ] ことがわかる。これは、晶出する Si 相は Al を [コ] ことによる。



[語群]

- | | | | | |
|---------------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1. 質 | 2. 共晶 | 3. 析出 | 4. 共晶点 | 5. 粒状 |
| 6. 初晶 | 7. 流動性 | 8. 変化しない | 9. 化学 | 10. 分離 |
| 11. 2次晶 | 12. ほとんど固溶しない | 13. 大量に固溶する | 14. デンドライト状 | 15. 飽和濃度 |
| 16. 腐食性 | 17. 包晶反応 | 18. 共析 | 19. 摩耗性 | 20. $\alpha_1 - \alpha_2$ |
| 21. $\alpha_2 - \alpha_3$ | 22. $\alpha_1 - \alpha_E$ | 23. $\alpha_2 - \alpha_4$ | 24. $\alpha_4 - \alpha_E$ | 25. $\alpha_7 - \alpha_{10}$ |
| 26. $\alpha_5 - \alpha_7$ | 27. $\alpha_E - \alpha_7$ | 28. $\alpha_2 - \alpha_{10}$ | 29. $\alpha_8 - \alpha_{11}$ | 30. $\alpha_{10} - \alpha_{11}$ |