

令和5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 解答にかかる前に、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] 以下の問いに答えよ。円周率には π を用いて解答せよ。

(1) 図1.1に示すように、直径 d_1 の円管（上流円管）の下流に、直径 $d_2 (>d_1)$ の円管（下流円管）が流れのはく離が生じないように滑らかに繋がっている。これらの円管は水平に設置されている。管路内には一定の密度 ρ の水が流れており、粘性の影響は無視できるものとする。速度と圧力は管断面内において一様とし、上流円管内部の速度と圧力を u_1, p_1 、下流円管内部の速度と圧力を u_2, p_2 とする。以下の設問に答えよ。

ア．上流円管内の体積流量を d_1, u_1 を用いて表せ。

イ． u_2 を d_1, d_2, u_1 を用いて表せ。

ウ． p_2 を d_1, d_2, u_1, p_1, ρ を用いて表せ。

エ．図1.1に示すように、上流円管内に十分細いマンノメータを挿入し、全圧を測定する。マンノメータ入口部に対するマンノメータ内の水面高さを h とし、水面での圧力は大気圧 p_a とする。水面高さ h を u_1, p_1, p_a, ρ および重力加速度 g を用いて表せ。

(2) 図1.2に示すように、(1)の円管のうち上流円管内に、十分細い棒を用いて直径 a の球を固定する。球に作用する抗力は D とする。上流円管内の球の上流では、流体の速度 u_1 と圧力 p_1 は管断面内において一様であり、単位時間あたりを通過する流体の運動量を M_1 とする。下流円管内においても、流体の速度 u_2 と圧力 p_2 は管断面内において一様になるものとし、単位時間あたりを通過する流体の運動量は M_2 とする。管壁面での摩擦による運動量の損失は無視できるものとする。以下の設問に答えよ。

ア．球の抗力係数を C_d とする。 D を a, C_d, ρ, u_1 を用いて表せ。

イ． D を M_1, M_2 を用いて表せ。

ウ． M_1 を ρ, u_1, d_1 を用い、 M_2 を ρ, u_1, d_1, d_2 を用いてそれぞれ表せ。

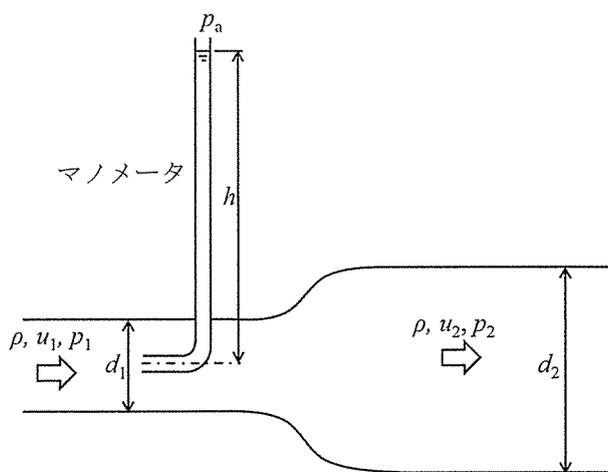


図 1.1

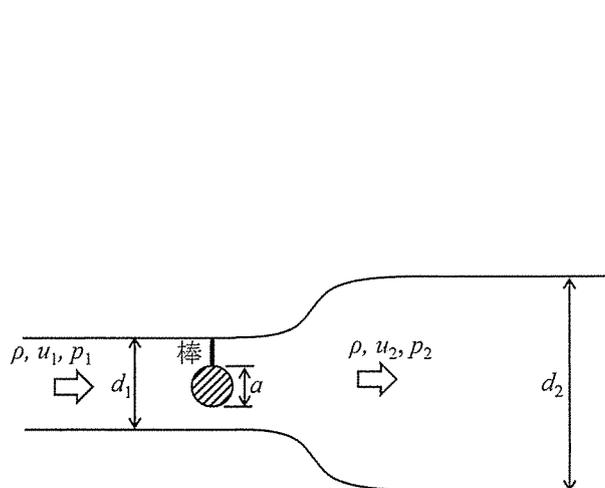


図 1.2

- [2] 圧力が P [Pa], 体積が V [m³], 温度が T [K] の 1 mol の気体を考える。一般気体定数を R_0 [J/(mol·K)] とする。微分係数として与えられる気体の等温圧縮率 κ_T , 体膨張率 α および熱圧力係数 β は以下の式で定義される。以下の問いに答えよ。

$$\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad \alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad \beta = \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V$$

- (1) 体積 $V(P, T)$ に関する全微分関係式は以下となることを導け。

$$dV = V(-\kappa_T dP + \alpha dT)$$

- (2) この気体が理想気体の場合を考える。

ア. 状態方程式を P, V, T, R_0 を用いて表せ。

イ. κ_T および α を P, V, T の中から必要な変数を用いて表せ。

ウ. β を κ_T, α を用いて表せ。

- (3) この気体が実在気体の場合を考える。ただし, 1 mol の実在気体の状態方程式は以下のファン・デル・ワールスの状態方程式を用いることとする (b および c は定数)。

$$\left(P + \frac{b}{V^2} \right) (V - c) = R_0 T$$

ア. 定数 b および c が表す効果に関する以下の説明のうち, 正しいものを全て選び, 記号で答えよ。

(a) b は分子間力に関する効果を表す

(b) c は気体分子 1 個の体積と等価である

(c) c は負になることがある

イ. $c=0$ と仮定できる場合, κ_T および α を P, V, T, b を用いて表せ。

ウ. β を κ_T, α を用いて表せ。

[3] 図3に示すように、縦弾性係数 E [Pa] の同一材料で製作された断面積 A [m²]、長さ L [m] の丸棒1と断面積 $3A$ [m²]、長さ L [m] の丸棒2が同軸上に強固に結合されて、剛体壁間（剛体壁の間隔は $2L + \delta$ [m]）に配置されている。丸棒1の片端が剛体壁に固定されている。この丸棒1と丸棒2の結合部に右向きに荷重 P [N] が作用した場合、丸棒1と剛体壁の間では反力 R_1 [N] が発生する。 $P = P_0$ のとき、丸棒2が剛体壁に接触する。 $P > P_0$ のとき、丸棒2と剛体壁の間では反力 R_2 [N] も発生する。丸棒1および丸棒2の伸びを λ_1 [m] および λ_2 [m] とする。力は右向きを正として、軸方向の弾性変形のみを取り扱う。以下の問いに答えよ。

- (1) 荷重 P_0 [N] を A 、 L 、 δ 、 E を用いて表せ。
- (2) $P = P_0$ のとき、丸棒1および丸棒2に発生したひずみエネルギーの総和 U [J] を A 、 L 、 δ 、 E を用いて表せ。
- (3) $P > P_0$ のとき、 R_2 を P 、 R_1 を用いて表せ。
- (4) $P > P_0$ のとき、丸棒2において発生する伸び λ_2 [m] を A 、 L 、 E 、 P 、 R_1 を用いて表せ。
- (5) $P > P_0$ のとき、丸棒1と剛体壁の間に作用する反力 R_1 [N] を A 、 L 、 δ 、 E 、 P を用いて表せ。

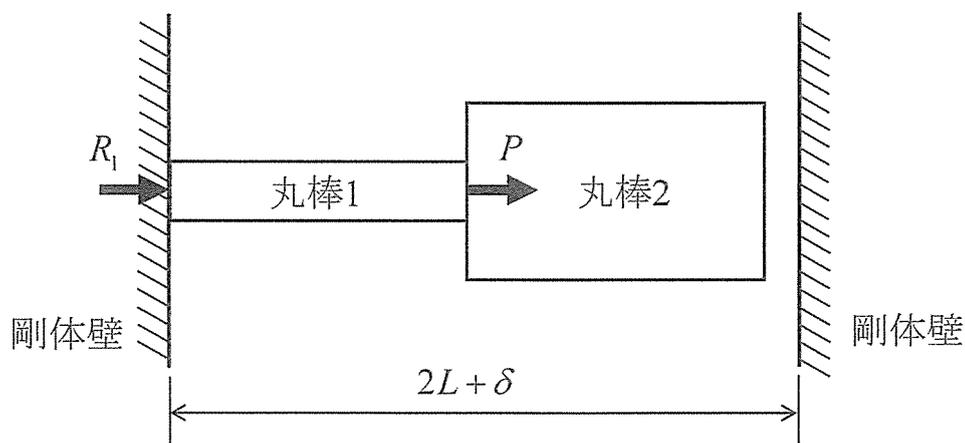


図3

[4] 以下の問いに答えよ。

- (1) 以下の文章は、結晶金属について説明したものである。[ア] ~ [タ] に当てはまる最も適切な語句を語群Iから選び、その番号を解答欄に記せ。なお、同じ記号の空欄には同じ語句が当てはまるものとする。ただし、同じ語句を繰り返し選んではならない。

結晶金属は、3次的に一定の周期性をもった格子点に配列した原子からできている。例えば、立方晶系の結晶金属において、全ての面と頂角に原子を配した結晶構造を [ア] という。格子定数 a を用いて、この結晶構造における原子間距離を [イ] と表せ、また、(111)結晶面の間隔を [ウ] と表すことができる。

実際の結晶金属では、結晶格子に配置する原子に不完全性を含む。これを [エ] という。[エ] には、点欠陥、線欠陥、面欠陥がある。

点欠陥とは、原子の大きさ程度の欠陥である。原子が占有していない格子点を [オ] という。また、母格子原子とは異なる原子が格子点位置を占有する場合、この原子を [カ] 型（異種）原子という。母格子原子とは異なる原子が格子点の間に入る場合、この原子を [キ] 型（異種）原子という。

[オ] は、結晶金属中の原子の移動である [ク] と密接な関係がある。母格子原子が移動することを自己 [ク] という。温度の上昇に伴って [オ] 濃度は [ケ] なり、[ク] 速度も [コ] なる。

結晶金属に応力を加えると、原子面がすべることで塑性変形する。この塑性変形を担う線欠陥を [サ] という。ある1本の [サ] が動くことにより生じる塑性変形の大きさと方向は [シ] で表され、その動いた [サ] に固有のものである。[サ] 密度の単位は [ス] で表される。

結晶方位の異なる単結晶が集合してできた多結晶金属において、単結晶同士の境界である面欠陥を [セ] という。[セ] で囲まれた単結晶を [ソ] という。多結晶金属における [ソ] を [タ] すると強度が高くなることが、一般に知られている。

語群I

- | | | |
|--------------|-------------------|-------------------|
| (1) 体心立方構造 | (2) 面心立方構造 | (3) バーガースベクトル |
| (4) a | (5) $\sqrt{2}a/2$ | (6) $\sqrt{3}a/3$ |
| (7) $a/2$ | (8) m^{-1} | |
| (9) m^{-2} | (10) m^{-3} | (11) 格子欠陥 |
| (12) ボイド | (13) 原子空孔 | |
| (14) 転位 | (15) 結晶粒界 | (16) 結晶粒 |
| (17) 拡散 | (18) 相変態 | |
| (19) 置換 | (20) 侵入 | (21) 遅く |
| (22) 速く | (23) 低く | |
| (24) 高く | (25) 微細化 | (26) 粗大化 |
| (27) 刃状 | (28) らせん | |

(2) 以下の文章は、大気圧下における純鉄（炭素量0 mass%）と共析鋼（炭素量0.77 mass%）について説明したものである。[A] ~ [N] に当てはまる最も適切な語句を語群IIから選び、その番号を解答欄に記せ。なお、同じ記号の空欄には同じ語句が当てはまるものとする。ただし、同じ語句を繰り返し選んではならない。

純鉄は、室温では [A] 構造の α 相であり、温度上昇に伴って [B] 構造の γ 相へ相変態する。さらに昇温すると [A] 構造の δ 相へ相変態する。 α 相から γ 相へ相変態すると、体積は [C] する。これは [A] 構造の充填率に比べて [B] 構造の充填率が [D] ためである。

共析鋼における γ 相の炭素量は、 γ 相単相の温度域で [E] mass%である。この γ 相を徐冷すると、共析温度で [F] と θ 相が同時に析出する共析反応が生じる。 θ 相はセメンタイトと呼ばれる [G] 物である。共析鋼における共析反応では、[F] と θ 相が [H] の形態を呈する [I] 組織を形成する。固相から2種類以上の固相が同時に析出する共析反応に対して、液相から2種類以上の固相が同時に [J] する反応を [K] 反応という。

共析鋼を γ 相から急冷すると [L] 変態が生じ、硬くて脆い組織が形成する。この熱処理を [M] という。[M] 処理した鋼は、靱性を回復させるために、一般に再加熱して使われる。この熱処理を [N] という。

語群II

- | | | | |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| (1) 体心立方 | (2) 面心立方 | (3) 最密六方 | |
| (4) ベイナイト | (5) マルテンサイト | (6) パーライト | |
| (7) 焼なまし | (8) 焼入れ | (9) 焼戻し | |
| (10) 高い | (11) 低い | (12) 収縮 | (13) 膨張 |
| (14) α 相 | (15) β 相 | (16) γ 相 | (17) δ 相 |
| (18) 球状 | (19) 棒状 | (20) 層状 | (21) らせん状 |
| (22) 固溶 | (23) 晶出 | (24) 共晶 | (25) 包晶 |
| (26) 炭化 | (27) 酸化 | (28) 窒化 | (29) 塩化 |
| (30) 0.022 | (31) 0.77 | (32) 2.1 | (33) 4.3 |