

令和3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8枚です。
- 3 問題冊子とは別に解答用紙が6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。

(草稿用紙)

[1] 波や潮流の無い穏やかな海に船が浮かんでいる。海水の密度は ρ_s 、海面での大気の圧力は p_0 、重力の加速度は g である。以下の問いに答えよ。ただし、圧力は全て絶対圧とする。

(1) 船から、図1.1に示すように直径 D の金属球を細いひもで吊るした。ひもの太さおよび質量は無視できるものとする。金属球の密度は ρ_m 、金属球の中心の海面からの深さは H である。以下の設問に答えよ。

ア. 金属球の海面から深さ H の位置に作用する圧力 p を ρ_s, g, H, p_0 で表せ。

イ. ひもに作用する張力の大きさ T を ρ_m, ρ_s, D, g で表せ。

(2) (1)の状態から、船を一定速度 V で前進させたところ、図1.2に示すように金属球を吊るすひもが鉛直から θ だけ傾いた状態となった。金属球の中心の海面からの深さは H' であった。金属球の抗力係数は V によらず一定値 C_0 であるとして、以下の設問に答えよ。ただし、金属球の直径 D は H' に比べて十分に小さいものとする。

ア. 金属球の前よどみ点に作用する圧力 p' を ρ_s, g, H', p_0, V で表せ。

イ. 金属球が海水から受ける水平方向の力の大きさ F を ρ_s, C_0, D, V で表せ。

ウ. $\theta=45^\circ$ となるとき、 V を $\rho_m, \rho_s, C_0, D, g$ で表せ。

(3) 海中に直径 d の小球を投げ込んだ。しばらくすると、図1.3に示すように小球は鉛直下向きに一定速度 U でゆっくり沈降するようになった。海水の粘度を μ_s 、小球の密度を ρ_b として、以下の設問に答えよ。

ア. 小球まわりの流れのレイノルズ数 Re を μ_s, ρ_s, d, U で表せ。

イ. 小球の抗力係数 C_d が次式で与えられるとき、 U を $\mu_s, \rho_b, \rho_s, d, g$ で表せ。

$$C_d = \frac{24}{Re}$$

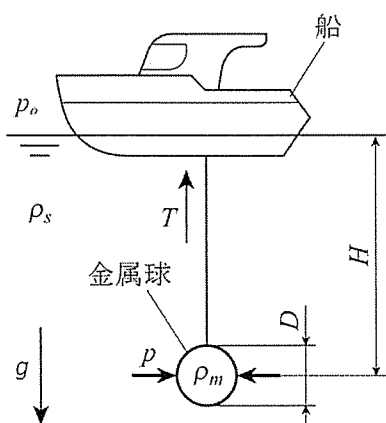


図1.1

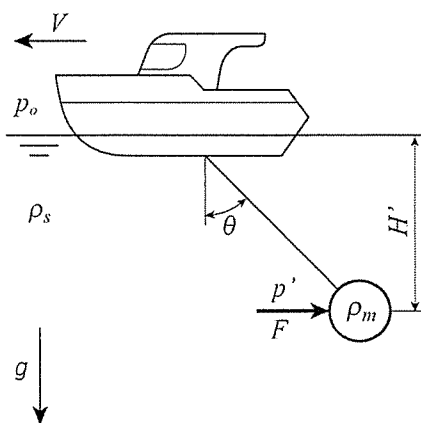


図1.2

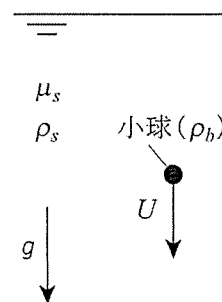


図1.3

[2] 図2.1に示す2つの熱力学サイクル (I: A→B→C→D1→A, II: A→B→C→D2→A) を考える。すべての状態変化は準静的に進行するものとし、作動流体は単位質量の理想気体とする。作動流体の定容比熱を c_v 、定圧比熱を c_p 、比熱比を κ とし、これらはすべて一定とする。また、各状態 A, B, C, D1, D2 における圧力を $P_A, P_B, P_C, P_{D1}, P_{D2}$ 、体積を $V_A, V_B, V_C, V_{D1}, V_{D2}$ 、温度を $T_A, T_B, T_C, T_{D1}, T_{D2}$ とし、圧縮比を $\varepsilon = \frac{V_A}{V_B}$ 、膨張比を $\sigma = \frac{V_{D2}}{V_B}$ とする。以下の問いに答えよ。

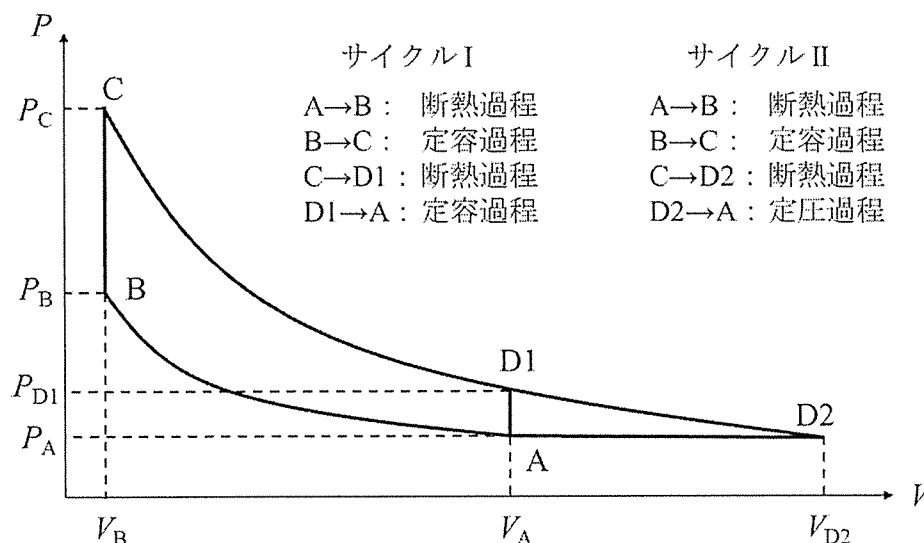


図 2.1

(1) サイクルIに関して、以下の設問に答えよ。

ア. サイクルの名称として適切なものを以下の(a)～(d)より1つ選び、その記号を解答欄に記せ。

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

イ. 温度 T_B を T_A, κ, ε を用いて表せ。

ウ. 定容過程 $B \rightarrow C$ における吸熱量 Q_H を $c_v, \kappa, \varepsilon, T_A, T_C$ を用いて表せ。

エ. 温度 T_{D1} を T_C, κ, ε を用いて表せ。

オ. 定容過程 $D1 \rightarrow A$ における放熱量 Q_{L1} を $c_v, \kappa, \varepsilon, T_A, T_C$ を用いて表せ。

カ. 熱効率 η_1 を ε, κ を用いて表せ。ただし導出過程を示すこと。

(2) サイクルIIに関して、以下の設問に答えよ。

ア. 定圧過程 $D2 \rightarrow A$ における放熱量 Q_{L2} を $c_p, \varepsilon, \sigma, T_A$ を用いて表せ。

イ. 熱効率 η_2 を $\kappa, \varepsilon, \sigma$ を用いて表せ。ただし導出過程を示すこと。

- [3] 図3.1に示す縦弾性係数 E ，長さ l ，厚み h の片持ちはりに等分布荷重 w を加えると，固定支持端（点A）においてモーメント M_A および反力 R_A が図の向きに生じ，はりがたわんだ。また，この状態で図3.2に示すように任意の x ($0 < x < l$) の位置に断面を考えると，断面には図の向きにせん断力 $F(x)$ および曲げモーメント $M(x)$ が生じている。このとき，以下の問いに答えよ。なお，両図において x 軸および ξ 軸は点Aを原点 ($x=0$ および $\xi=0$) として右向きを正にとり，はりのたわみ y は下向きを正にとる。また，厚み h は x によらず一定である。

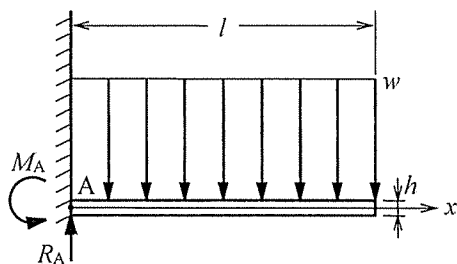


図 3.1

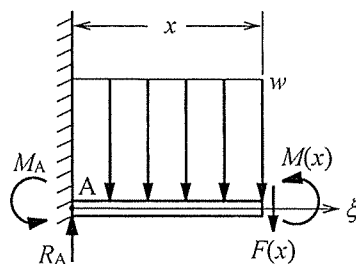


図 3.2

- (1) 図3.1において，反力 R_A を w ， l の関数として表せ。
- (2) 図3.1において，モーメント M_A を w ， l の関数として表せ。
- (3) 図3.2において，せん断力 $F(x)$ を x ， w ， l の関数として表せ。
- (4) 図3.2において，曲げモーメント $M(x)$ を x ， w ， l の関数として表せ。
- (5) このはりが断面二次モーメント I の一様断面を有しているとき，はりのたわみ y を x ， w ， l ， E ， I の関数として表せ。なお，はりのたわみの微分方程式は $\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M(x)}{EI}$ で表される。
- (6) このはりが長方形断面を有しており，断面の幅 $b(x)$ は x とともに変化し，断面の上端部 ($y = -\frac{h}{2}$) に作用する曲げ応力が x によらず一定となるとき， $b(x)$ を x ， l ， b_0 の関数として表せ。ただし，原点におけるはりの幅を b_0 とする。なお，幅 b ，厚み h の長方形断面の断面二次モーメント I は $I = \frac{bh^3}{12}$ で表される。

[4] 以下の問いに答えよ。

(1) 以下の文章は、ある金属の大気圧下における特徴を示したものである。下記の話群Iから ～ に当てはまる金属を選び、解答欄に記せ。

ア. 鉄

- ・室温における結晶構造は体心立方格子であり、昇温により面心立方格子へ、さらなる昇温により体心立方格子へ相変態する。
- ・最も重要な添加元素として炭素があり、その添加量の多少によって工業用純鉄、鋼、鋳鉄の三つに大別される。

イ.

- ・結晶構造は面心立方格子である。
- ・室温において強磁性を示す。
- ・耐熱合金として広く使われている。

ウ.

- ・室温における結晶構造は最密六方格子であり、昇温により体心立方格子へ相変態する。
- ・生体親和性に優れる。
- ・日本では耐食材料として純金属の需要が高く、航空機産業の盛んな米国では合金の生産が多い。

エ.

- ・室温における比重が2.7であり、鉄や銅の約1/3である。
- ・活性な金属であるが、常温の空気中でも表面に緻密な酸化被膜を形成するため、耐食性に優れる。
- ・合金は、熱処理型と非熱処理型に分けられる。

オ.

- ・構造用金属としては最も軽量である。
- ・電気化学的に卑であり、耐食性が劣る。
- ・結晶構造が最密六方格子であり、冷間加工性が劣る。

カ.

- ・結晶構造は面心立方格子である。
- ・電気伝導性および展延性に優れる。金属の中で、銀に次いで2番目に高い電気伝導率を示す。
- ・亜鉛を添加することで黄金色へと変化する。

話群I

アルミニウム,	ナトリウム,	チタン,
マグネシウム,	白金,	銅,
バナジウム,	ニッケル,	タングステン

(2) 以下の文章は、大気圧下における鉄-炭素系平衡状態図について説明したものである。下記の語群IIから [a] ~ [j] に当てはまる最も適切な語句または数値を選び、解答欄に記せ。なお、同じ記号の空欄には同じ語句または数値が当てはまるものとする。

炭素量0 mass%において、室温では体心立方格子の [a] 相であり、911 ~ 1392℃の温度範囲では面心立方格子の [b] 相である。[a] 相から [b] 相へ相変態する温度をA₃点という。[b] 相の単位格子内の原子数は [c] 個である。

固溶限度以上の炭素は、鉄と炭素からなる化合物を形成する。この化合物を [d] という。

炭素量0.77 mass%の鋼を [e] 鋼と呼ぶ。[e] 鋼を [b] 相から徐冷すると、A₁点 (727℃) の一定温度で [a] と [d] が同時に [f] する。これを [e] 反応という。

[e] 反応は、一定の温度で起こる。この理由をギブスの相律に基づいて説明する。ギブスの相律 (N_f : 自由度, N_c : 成分の数, N_p : 相の数) によると、圧力一定の条件下では、 $N_f = N_c - N_p + [g]$ の関係が成り立つ。成分の数 N_c は [h] であり、相の数 N_p は [i] である。よって、自由度 N_f は [j] となり、[e] 反応は一定温度で起こる。

語群II

フェライト,	オーステナイト,	セメンタイト,
黒鉛,	パーライト,	マルテンサイト,
初晶,	初析,	晶出,
共晶,	共析,	析出,
0,	1,	2,
4,	5,	3,
		6,
		7

- (3) 以下の文章は、金属とその合金の機械的性質を調べる方法について説明したものである。下記の語群IIIから **A** ～ **O** に当てはまる最も適切な語句を選び、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。

硬さ試験は、**A** を押しつけ、これによって生じる圧痕の大きさとこのときの荷重から硬さを求める押し込み式が広く用いられている。その一つに、正四角錐（対面角 136° ）のダイヤモンドからなる **A** を用いる **B** 硬さ試験がある。

引張試験は、丸棒あるいは板状の試験片に引張変形を与えて行われる。試験片に印加される荷重を試験片の初期断面積で除して公称 **C** を求め、また、試験片長さの変化量を試験片の初期長さで除して公称 **D** を求める。変形初期は **E** 変形を示す。このときの **C** と **D** には比例関係があり、この比例係数を **F** と呼ぶ。さらに **C** を増加させると **G** が生じ、**H** 変形する。**G** 後さらに引張変形を続けると **I** し、変形抵抗が増加する。公称 **C** が最大値に達すると **J** が始まる。公称 **C** の最大値を **K** と呼ぶ。

引張試験における **G** 応力よりも低い応力であっても、繰返し加わると破壊することがある。これを **L** 破壊と呼ぶ。**L** 試験では、一定の **C** 振幅を加えて **L** 破壊までの **M** を測定する。**N** の **L** 試験では、ある負荷応力以下では破断に至らない **O** がある。

語群III

ブリネル、

圧子、

縦弾性係数、

加工軟化、

均一変形、

疲労、

繰返し数、

弾性、

ビッカース、

鋼、

横弾性係数、

加工硬化、

不均一変形、

衝撃、

応力、

塑性、

ロックウェル、

アルミニウム合金、

ポアソン比、

引張強さ、

クリープ、

耐久限、

ひずみ、

降伏