

〔問 1〕

図 1 に示すように、断面が一様な、直径 d [m] の丸棒により、原動機の回転動力を機械へ伝達している。丸棒のねじりモーメントを T [N・m] とするとき、次の設問 (1) から (5) に答えよ。(計算過程も記入しなさい。) ただし、円周率は π とする。

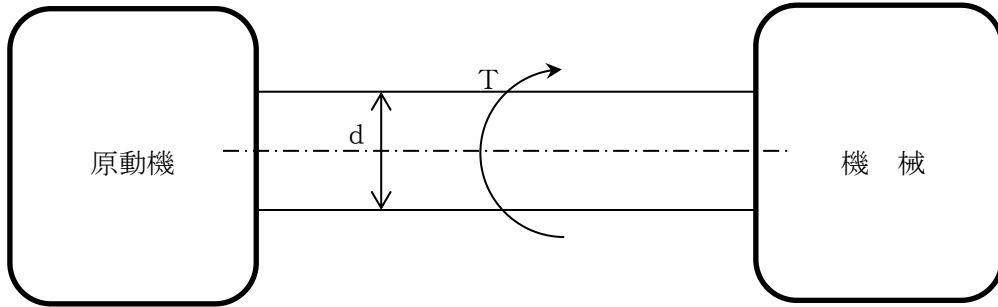


図 1

- (1) 丸棒の比ねじり角を θ [rad/m]、横弾性係数を G [Pa] とする。丸棒の任意の半径 r [m] の点のねじり応力 τ [Pa] を G 、 r 、 θ を用いて表せ。
- (2) 図 2 に示すように、丸棒の断面を考える。断面二次極モーメントを I [m⁴] とするとき、 I を d を用いて表せ。

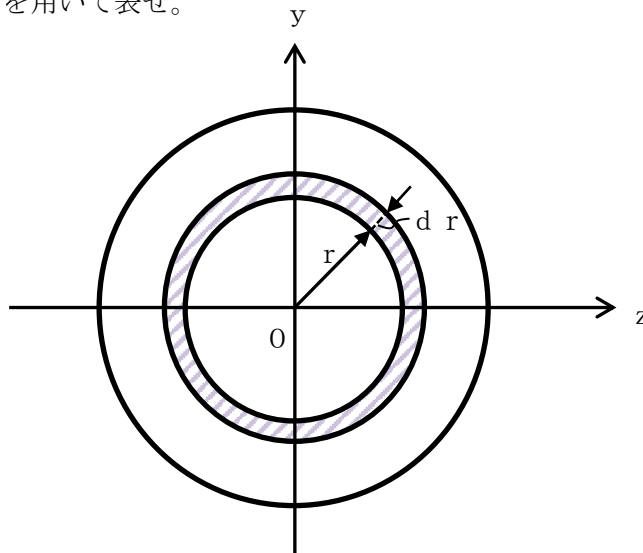


図 2

- (3) 丸棒のねじりモーメント T を G 、 d 、 θ を用いて表せ。
- (4) 原動機から機械へ伝達する回転動力を W [W]、回転数を n [min^{-1}] とする。この回転動力 W を G 、 d 、 θ 、 n を用いて表せ。
- (5) 丸棒の比ねじり角 θ を基準にして、丸棒の直径を決定する場合を考える。 θ を $1/4$ [$^\circ/\text{m}$] とするとき、 d を G 、 n 、 W を用いて表せ。

〔問2〕

次の設問（1）から（3）に答えよ。

- （1） 熱力学第二法則に関して、空欄に入る適切な語句又は数式を解答群の a から p の中から選択し、記号で答えよ。

熱力学第二法則は、（ア）はそれ自身では低温物体から高温物体へは移動することはできないこと、熱機関において作動流体が外界へ仕事をするには、作動流体より（イ）温の物体を必要とすること、すなわち、熱を100%（ウ）に変換することは不可能であることを示している。

この熱力学第二法則をエントロピーを用いて表すと、不可逆変化を含む変化の間では、エントロピーは（エ）すると表せる。

例えば、固体どうしをこすり合せたり、流体が流動したりすると、摩擦によって仕事の一部が摩擦熱 ΔQ に変化し、消費される。この場合のエントロピーの変化量 ΔS は温度を T とすると、 $\Delta S =$ （オ）で表せる。

また、高温の熱源 T_1 から低温の熱源 T_2 に熱量 ΔQ が移動したとき、高温の熱源と低温の熱源を合わせて一つの系と考えると、変化量 $\Delta S =$ （カ）となり、系内のエントロピーは（エ）している。

〔解答群〕

- a : 高 b : 低 c : 熱 d : 仕事 e : エンタルピー
f : 内部エネルギー g : エクセルギー h : 増大 i : 減少
j : 平衡 k : $T \Delta Q$ l : $T / \Delta Q$ m : $\Delta Q / T$
n : $\Delta Q (T_2 - T_1)$ o : $\Delta Q (1 / T_2 - 1 / T_1)$
p : $(T_2 - T_1) / \Delta Q$

- (2) 理想気体が状態1から状態2に変化したときに、次のA、B、Cそれぞれの過程をたどって変化した場合について、エントロピーの変化量 ΔS_{12} を数字及び C_V 、 C_P 、 T_1 、 T_2 を用いて示せ。ただし、等積比熱を C_V 、等圧比熱を C_P とする。(計算過程も記入しなさい。)

状態1の状態量：温度 T_1 、体積 V_1 、圧力 P_1

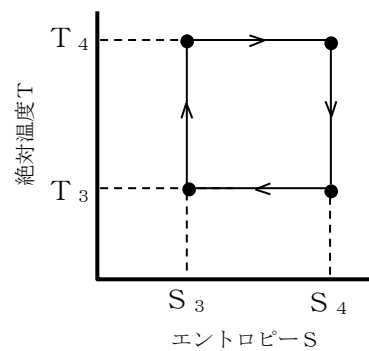
状態2の状態量：温度 T_2 、体積 V_2 、圧力 P_2

A：等圧過程

B：等積過程

C：断熱過程

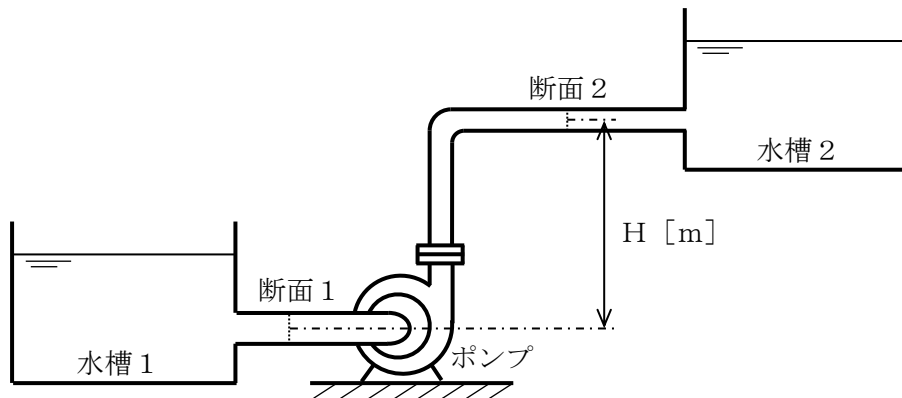
- (3) 右図に示すカルノーサイクルにおける外部に出力する仕事量 W を T_3 、 T_4 、 S_3 、 S_4 を用いて表せ。



図

〔問3〕

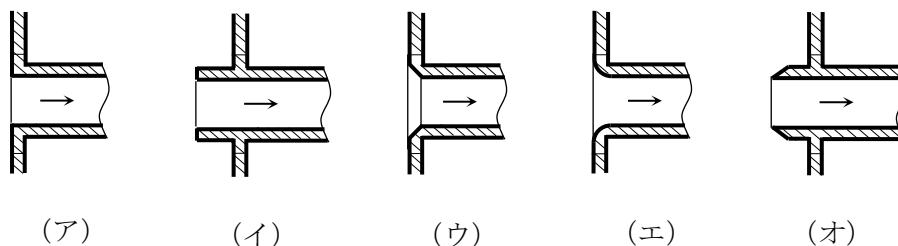
下図に示すように、ポンプを用いて水槽1から水槽2へ非圧縮性流体を送っている。管路は円管で、断面1における圧力を P_1 [Pa]、流速を v_1 [m/s]、断面積を A_1 [m²]、断面2における圧力を P_2 [Pa]、流速を v_2 [m/s]、断面積を A_2 [m²]、断面1の中心と断面2の中心の高低差を H [m]、ポンプが流体に与える比エネルギーを Y [m²/s²]、流体の密度を ρ [kg/m³]、重力加速度を g [m/s²] とするとき、次の設問(1)から(5)に答えよ。(計算過程も記入しなさい。)



図

- (1) 断面1と断面2の間で連続の式を、問題文に示したいずれかの記号を用いて表せ。
- (2) 断面1と断面2の間でエネルギー保存の式を、問題文に示したいずれかの記号を用いて表せ。ただし、流体の粘性等による損失は無視するものとする。
- (3) Y を v_2 、 P_1 、 P_2 、 A_1 、 A_2 、 g 、 H 、 ρ を用いて表せ。ただし、流体の粘性等による損失は無視するものとする。

- (4) 実在の流体を送るとき、実際には流体の粘性等による種々のエネルギー損失が発生する。水槽1から管路に入る部位においても入口損失が発生するが、管路の取付け形状によりその大きさは変わる。次の(ア)から(オ)の取付け形状を考えると、一般的な損失係数を基に入口損失が小さい順に並べ、記号で答えよ。ただし、取付け形状以外の流速等の条件は同一とする。



- (5) ポンプの回転数を過度に上昇させたとき、発生するトラブルの原因として最も適当な語句を次の(ア)から(カ)の中から1つ選び、記号で答えよ。

- | | | |
|-----------|----------|--------------|
| (ア) ノッキング | (イ) よどみ点 | (ウ) キャビテーション |
| (エ) 遷音速流れ | (オ) 噴流 | (カ) 脈動現象 |

〔問4〕

次の設問（1）から（4）の中から2つ選び、それぞれの空欄に入る適切な数字又は語句を答えよ。

解答用紙には、選択した設問（1）から（4）の数字を記入し、解答欄に数字又は語句を記入すること。

（1） 金属加工

金属材料を所要の形状や寸法に加工する方法として、（ア）や（イ）加工がある。

（ア）は、溶融した金属を型に流し込んで成型する方法で、複雑な形状の製品が容易に加工できる、あらゆる金属合金に適用できる、などの特徴から様々な機械の製作において多く用いられている加工法である。

（イ）加工は、金属の（イ）変形を利用して成型する方法で、代表的なものとして、圧延、鍛造、押出し等の加工法がある。

鍛造にはハンマーで打つような圧縮変形の（ウ）鍛造と、所定の形状の金型内で圧縮変形する型鍛造がある。

また、鍛造は加工温度によっても分類され、再結晶温度以上で加工する（エ）鍛造や常温で加工する（オ）鍛造などがある。

(2) 軸受の設計

荷重を受けながら回転する軸を支持する機械要素を軸受という。軸受は荷重の作用状態や軸の接触方法で分類される。

・荷重の作用状態による分類

(ア) 軸受：荷重が軸心に直角な方向に作用する状態で用いられる軸受

(イ) 軸受：荷重が軸心に平行な方向に作用する状態で用いられる軸受

・軸の接触方法による分類

滑り軸受：軸と軸受が滑り接触するもの

転がり軸受：軸と軸受の間に、玉やころのような転動体を入れて転がり接触とした軸受

一般的な(ア)滑り軸受において、軸受と接触している軸の部分を(ウ)といい、このような軸受を(ウ)軸受という。

(ウ)軸受の設計において、軸荷重は荷重が作用する(ウ)の投影面積と軸受の許容軸受圧力を乗じた値を超えないように設計する必要がある。

ここで、軸受荷重15kNを受ける(ウ)軸受を設計する場合を考える。軸受許容圧力を5.0MPa、幅径比を1.2とすると、この軸受の直径は最小で(エ)mm、そのときの軸受の長さは(オ)mmとしなければならない。ただし、幅径比とは軸受の直径をD、長さをLとしたとき L/D で与えられる。

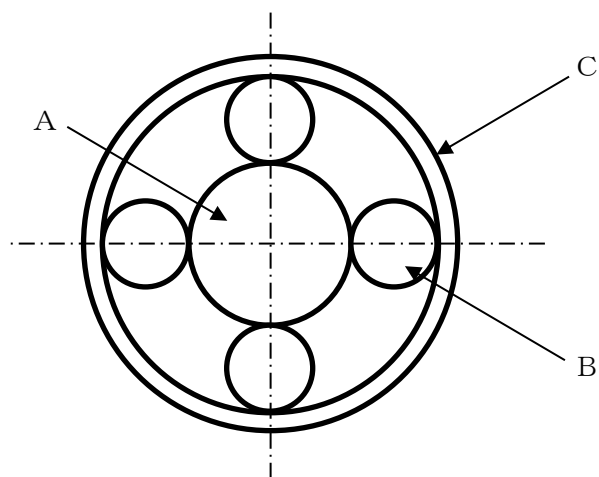
(3) 遊星歯車機構

遊星歯車機構の模式図を下に示す。ここで機構の中央にある歯車Aを（ア）歯車という。その周りにある4個の歯車Bを遊星歯車といい、遊星歯車の軸はキャリアにより支えられている。いちばん外側の歯車Cが内歯車である。

遊星歯車機構には、入力軸・出力軸・補助軸（運動を拘束する軸）があり、これらの軸が各歯車やキャリアのいずれに連結されているかで分類される。また、（ア）歯車・内歯車・キャリアのどの軸を補助軸にするかによっても次のとおり分類される。

- （イ）型　：内歯車軸を補助軸とするタイプ
- （ウ）型　：（ア）歯車軸を補助軸とするタイプ
- スター型　：キャリア軸を補助軸とするタイプ

ここで、スター型の遊星歯車を考える。（ア）歯車（歯車A）の歯数が16、遊星歯車（歯車B）の歯数が16、内歯車（歯車C）の歯数が48のとき、歯車Aを入力軸、歯車Cを出力軸として、入力軸に60回転/分の回転を与えたとき、出力軸は（エ）回転/分で、入力軸と（オ）方向に回転する。



(4) 測定器

製品の検査に用いる測定器には様々なものがある。次に主要な測定器についての説明を示す。

- スケール : 一般に鋼製で、mm目盛が刻まれている。
- (ア) : 本尺と副尺とから構成され、0.05mmまで読み取れるものが多い。外側測定面と内側測定面があり、内側測定面を用いて製品の内側(内径等)を測定することができる。
- (イ) : 固定したナットに、ねじ軸(スピンドル)をはめ込み、ねじ軸を回転したときの移動する距離を、回転角の目盛で読んで長さを知る測定器である。一般的に0.01mmまで読むことができ、(ア)より細かい測定が可能である。
- (ウ) : 基準寸法と工作物との寸法差を歯車機構を用いて拡大して指針に伝え、円周目盛で読み取る測定器である。1目盛は、器種によって0.01mm、0.001mmなどがある。
- ブロックゲージ : 長さの基準として用いられる両端面が平行の端度器。その長さは種々のものがあり、数個のゲージを組み合わせて必要な長さの基準を得る。
- 棒ゲージ : ブロックゲージと同様、端面により長さを示す端度器で、円筒または多角形の棒で、その端面が平面のものと球面のものがある。
- (エ) : 外径が規定の寸法につくられている円筒のゲージで、穴の内径測定に使用される。
- (オ) : 内径が規定の寸法につくられているゲージで、軸の外径測定に使用される。

〔問5〕

平成30年6月18日に発生した「大阪府北部を震源とする地震」、6月28日から7月8日頃にかけて西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となった「平成30年7月豪雨」の災害により、防災の重要性が全国で注目されている。大阪府においても様々な防災施設を保有しており、設計時から考慮することが必要である。

そこで次の設問(1)、(2)に答えよ。

- (1) 災害が発生する恐れのある場合や、災害が発生した場合には、気象庁より様々な情報が発表されるため、これらの情報を活用することで、防災施設の機能性を向上させることが期待できる。

このようなことから、あなたは下に示す「情報群」及び「防災施設群」の中からそれぞれ1つ選択し、選択した情報を選択した防災施設に活用し、防災施設の機能性を向上することを考える。

そこで、その組み合わせを選択した理由について具体的に述べよ。また、その活用方法について、具体例を1つ挙げて説明せよ。

「情報群」

降水短時間予報^{※1}、指定河川洪水予報^{※2}、緊急地震速報^{※3}、
津波警報・注意報^{※4}

※1：30分間隔で6時間先まで1km格子単位の分布図形式で行う1時間
降水量に関する予報

※2：あらかじめ指定した河川について、区間を決めて水位または流量を
示した洪水に関する予報。河川氾濫の危険度に応じ、注意、警戒、
危険、発生に分けて発表される。

※3：地震の発生直後に、各地での強い揺れの到達時刻や震度を予想し、
可能な限り素早く知らせる情報

※4：地震が発生した時、地震の規模や位置をもとに予想される沿岸での
津波高さに関する予報

「防災施設群」

雨水ポンプ設備、水門設備、通信設備、電源設備

- (2) 防災施設の機能を確実に発揮するには、設備の信頼性の向上を図る必要がある。
- このようなことから、あなたは下に示す「防災施設群」及び「設計の考え方群」の中からそれぞれ1つ選択し、選択した設計の考え方を選択した防災施設に適用し、設備の信頼性を向上することを考える。
- そこで、その組み合わせを選択した理由について具体的に述べよ。また、その設計内容について、具体例を2つ挙げて説明せよ。
- なお、「防災施設群」からの選択は、(1)で選択した語句と異なる語句を選択してもよい。

「防災施設群」

雨水ポンプ設備、水門設備、通信設備、電源設備

「設計の考え方群」

二重化（予備化）、耐水化、耐震化