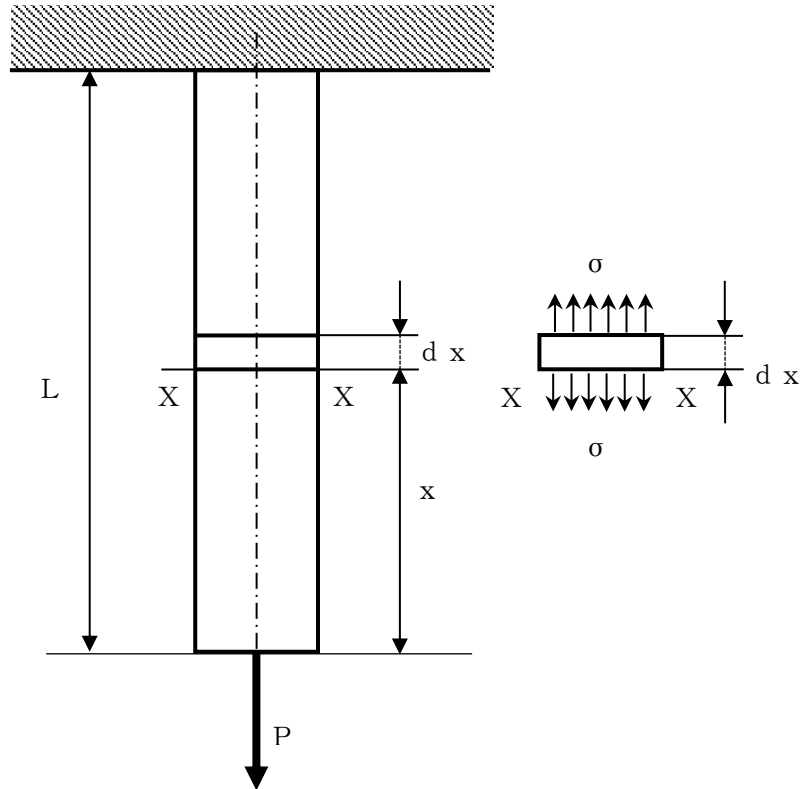


〔問 1〕

図に示すように、一様な断面積 $A$ をもつ、長さ $L$ の真直棒の上端を固定して、下端に引張荷重 $P$ を加えるとき、次の設問（1）から（5）に答えよ。

なお、引張荷重及び重量は下向きを正とする。（計算過程も記入しなさい。）

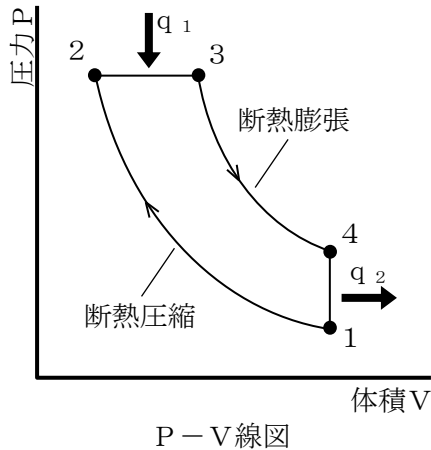


- (1) 棒の単位体積あたりの重量を  $\gamma$  とする。棒の下端から  $x$  の位置の任意の断面  $X-X$  より下方の棒の部分の重量  $W_0$  を  $\gamma$ 、 $A$ 、 $x$  を用いて表せ。
- (2) 断面  $X-X$  に生じる引張応力  $\sigma$  を  $P$ 、 $\gamma$ 、 $A$ 、 $x$  を用いて表せ。
- (3) 棒に生じる引張応力  $\sigma$  の最大値  $\sigma_{max}$  を  $P$ 、 $\gamma$ 、 $A$ 、 $L$  を用いて表せ。
- (4) 棒の伸びを考える。断面  $X-X$  に隣接して、微小な長さ  $dx$  の部分を取り出すとき、この微小部分の伸び  $d\lambda$  を  $P$ 、 $\gamma$ 、 $A$ 、 $x$ 、 $dx$ 、 $E$  を用いて表せ。  
なお、 $E$  は材料の縦弾性係数とする。
- (5) 棒全体の重量を  $W$  とするとき、棒全体の伸び  $\lambda$  を  $E$ 、 $P$ 、 $A$ 、 $L$ 、 $W$  を用いて表せ。

〔問2〕

図に示すサイクル（ディーゼルサイクル）について、次の設問（1）から（4）に答えよ。

ただし、求める式はすべて理想気体 1 kg あたりとする。（計算過程も記入しなさい。）



状態 1 : 圧力  $P_1$ 、体積  $V_1$ 、温度  $T_1$

状態 2 : 圧力  $P_2$ 、体積  $V_2$ 、温度  $T_2$

状態 3 : 圧力  $P_3$ 、体積  $V_3$ 、温度  $T_3$

状態 4 : 圧力  $P_4$ 、体積  $V_4$ 、温度  $T_4$

$q_1$  : 定圧加熱の供給熱量

$q_2$  : 定積放熱の放出熱量

- (1)  $q_1$ 、 $q_2$  及び系が外部へ出力した仕事量  $w$  を、 $C_p$ 、 $C_v$ 、 $T_n$  ( $n = 1, 2, 3, 4$ ) のいずれかを用いて表せ。

なお、 $C_p$  は定圧比熱、 $C_v$  は定積比熱とする。

- (2) 比熱比を  $\kappa$  とした場合、 $T_2$ 、 $T_3$  及び  $T_4$  を、 $\varepsilon$ 、 $\sigma$ 、 $\kappa$ 、 $T_1$  のいずれかを用いて表せ。

なお、状態 1 から状態 2 への断熱圧縮工程の圧縮比を  $\varepsilon = V_1/V_2$ 、状態 2 から状態 3 への定圧加熱工程の締切比を  $\sigma = V_3/V_2$ 、比熱比を  $\kappa = C_p/C_v$  とする。

- (3) このサイクルの理論熱効率  $\eta$  を、 $\varepsilon$ 、 $\sigma$ 、 $\kappa$  を用いて表せ。

- (4) 内燃機関の代表的なサイクルであるディーゼルサイクル、オットーサイクル、サバテサイクルについて、初温、初圧、加熱量が同一であるとすると、次の条件 1、条件 2 の場合に理論熱効率が高い順に並べよ。

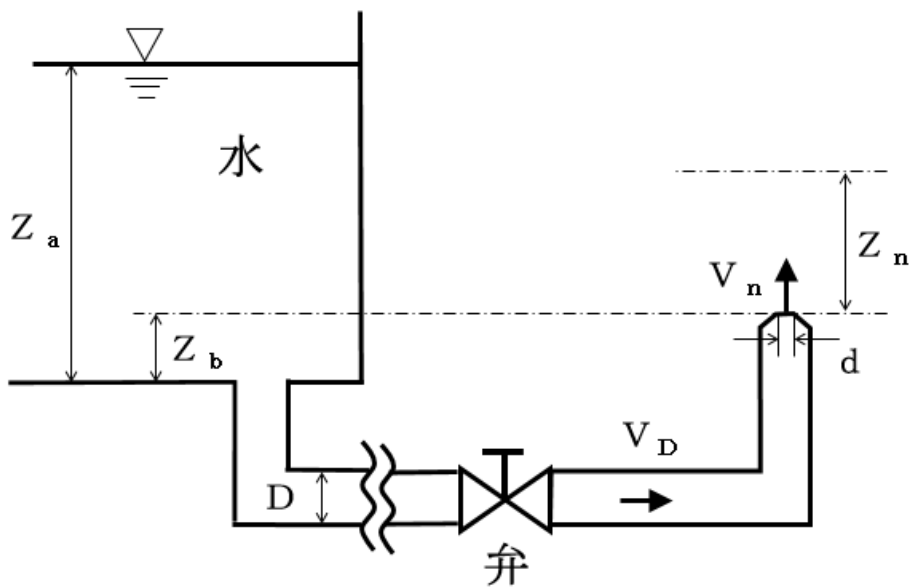
条件 1 最高圧力が同一

条件 2 圧縮比が同一

〔問3〕

図のように十分大きいタンクから内径 $D$ 、全長 $L$ の管路を用いて管路先端にある内径 $d$ のノズルから水を噴き上げるものとする。タンク底から水面までの高さを $Z_a$ 、タンク底から管路先端までの高さを $Z_b$ 、管路内の水の速度を $V_D$ 、ノズル出口の噴流の速度を $V_n$ 、上昇高さを $Z_n$ とすると、次の設問（1）から（4）に答えよ。（計算過程も記入しなさい。）

ただし、水の密度を $\rho$ 、重力加速度を $g$ 、管路の管摩擦係数を $\lambda$ 、管路入口部、各曲がり部、ノズル部、弁部の損失係数をそれぞれ $\zeta_1$ 、 $\zeta_2$ 、 $\zeta_3$ 、 $\zeta_4$ とする。なお、空気の影響及びノズル部の長さは無視できるものとする。



- (1) 各所で生じる損失ヘッド（管路の摩擦損失、管路入口部での損失、曲がり部2箇所での損失の合計、ノズル部での損失、弁部での損失）をそれぞれ問題文に記載したいずれかの記号を用いて表せ。
- (2) タンクの水面とノズル出口断面との間で、損失ヘッドを含むベルヌーイの式を問題文に記載したいずれかの記号を用いて表せ。
- (3) ノズル出口の噴流速度 $V_n$ を $D$ 、 $d$ 、 $V_D$ を用いて表せ。
- (4) 噴流の上昇高さ $Z_n$  [m] を求めよ。ただし、それぞれの値は次のとおりとする。  
 $D=100$  [mm]、 $L=230$  [m]、 $d=40$  [mm]、 $Z_a=15$  [m]、 $Z_b=3$  [m]、  
 $V_D=1.6$  [m/s]、 $\rho=1000$  [kg/m<sup>3</sup>]、 $g=10$  [m/s<sup>2</sup>]、 $\lambda=0.02$ 、  
 $\zeta_1=1$ 、 $\zeta_2=0.5$ 、 $\zeta_3=0.12$ 、 $\zeta_4=2$ 、 $\pi=3$

〔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、数式又は語句を答えよ。

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、数式又は語句を記入すること。

（1） 硬さ試験

材料の機械的性質を調べる材料試験の一つに硬さ試験がある。硬さ試験には、押込硬さ試験、引っかき硬さ試験、反発硬さ試験があり、そのうち押込硬さ試験は圧子のある荷重で試験片表面に押し込んで、生じた圧痕の大きさから硬さを求めるもので、日本工業規格では、（ア）硬さ、（イ）硬さ、（ウ）硬さなどが定義されている。

（ア）硬さは、極めて硬い鋼球または超硬合金球の圧子を一定の荷重で試験片表面に押し込み、生じた圧痕の直径から定義される硬さである。

（イ）硬さは、対面角 $136^\circ$ の正四角錐の（エ）製圧子とその頂点から試験片表面に押し込み、生じた圧痕の対角線長さから定義される硬さである。

（ウ）硬さは、円錐状の（エ）製圧子、鋼球圧子、超硬合金圧子を一定の基準荷重で試験片表面に押し込み、圧子の侵入深さにより定義される硬さで、いくつかのスケールがあり、硬さの範囲により使い分ける必要がある。よく用いられるスケールは鋼球の圧子を用いる（オ）スケールと、円錐の（エ）製圧子を用いるCスケールである。

(2) ブロック線図

ブロック線図は制御系の信号伝達を示す線図であり、ブロック線図が複雑な場合は、下表に示す（ア）の規則を用いることで簡略化することができる。

変換操作	変換前	変換後
(イ) 結合		
(ウ) 結合		
(エ) 結合		

この（ア）の規則を用いると、次の図1に示すブロック線図は、図2のように簡略化できる。

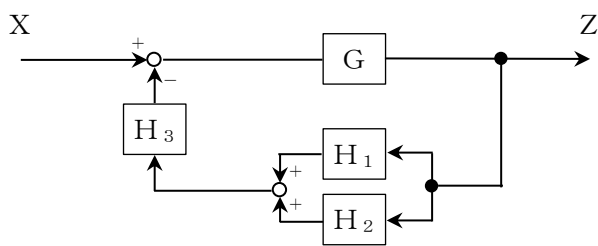


図1

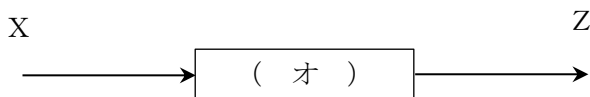


図2

### (3) キーの種類

キーは、軸と歯車などの部品を結合し動力を伝達するための機械要素である。キーにはさまざまな種類のものがあるが、日本工業規格では次の三種類のキー及びそれに対応するキー溝について規定されている。

平行キー : キーの上下面が平行なキーである。日本工業規格ではキーの高さと幅が規定されているが、キー溝はその寸法許容差によって、(ア)形、(イ)形、(ウ)形の三種類に区分されている。(ア)形は、軸上をハブが軸方向に動けるようにするときに用いるものである。(イ)形は、あらかじめキーを軸のキー溝にはめておき(すきまばめ)、これにハブをはめ込むものである。(ウ)形は、キーを軸のキー溝に固くはめておき(中間ばめ)、これにハブをはめ込むものである。

こう配キー : 上面にこう配を付けたキーである。軸にハブをはめておいて、後からキーを打ち込んで固定する。キーの打ち込みにより軸と穴の中心がずれるため、回転速度の(エ)場合には不向きである。

半月キー : 片面が半月形のキーである。軸のキー溝も円弧状に掘られるため、軸とハブのはめ合いが自動的に行われるという長所があり、(オ)軸に多く用いられる。ただし、軸側のキー溝が深く、剛性が低下するため、大きな荷重のかかる場合には不向きである。

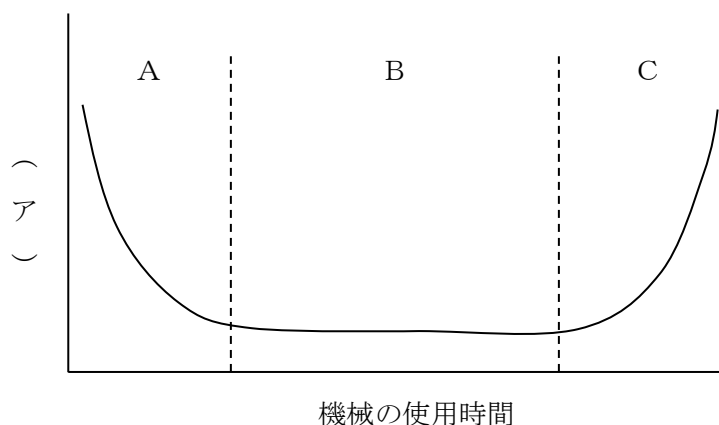
(4) 機械の寿命

時間がたつと機械は故障する。ある時点で正常に動作している機械が、次の単位時間で故障するであろう確率を(ア)という。機械を使用した時間と(ア)の関係は下図のようになり、これを(ア)曲線という。図の曲線はその形状から(イ)曲線とも呼ばれる。

この曲線のうち、図のAの期間のことを(ウ)期間という。この期間では、設計や製造上のミス、滑り面や転がり面のなじみ不足などに起因して故障が発生する期間である。

ある時間が経過すると、Bの期間になる。この期間のことを(エ)期間と呼ぶ。この期間は予測できない環境の変化や操作ミスなどによる故障が無ければ、(ア)は非常に低くなる。この期間は機械が安定して稼働するので、耐用寿命とも呼ばれる。

Bの期間が過ぎCの期間になると、長期の使用による材料の劣化などによって故障が多発する。この期間は(オ)期間と呼ばれ、機械の耐用寿命の終了とみなされる。



〔問5〕

大阪府はインフラ施設（河川、港湾、下水道の排水機場や水門、鉄扉など）を活用し、府民の生命や財産を守るという使命を担っているが、これらの施設の多くは設置後数十年を経過して老朽化が進んでいる。このため、大阪府ではより一層効率的・効果的に維持管理を行うことを目的に、平成27年3月に「大阪府都市基盤施設長寿命化計画」を策定した。

そこで、次の設問（1）、（2）に答えよ。

- （1） インフラ施設の維持管理は、「日常的な維持管理（※）」と「計画的な維持管理」に区分できる。このうち、経年及び運転時間の累積による劣化に対する機能維持を目的に「計画的な維持管理」として行う内容を2項目挙げ、具体的に説明せよ。

※設備全体の機能確認や各構成機器の損傷等の把握を目的とした分解を伴わない点検で、日常点検、月点検等を指す。目視、指触、聴覚、計測、作動テスト等を中心とした点検や管理運転点検、オイル・グリスなどの消耗品交換を行う。

- （2） 効率的・効果的な維持管理を行うには、設備の点検や補修の他、設備の更新も有効である。設備の更新にあたっては、様々な角度から調査・評価し、適切な更新時期を決定する必要がある。

そこで、どのような事項を調査・評価すべきか2項目挙げ、それぞれ目的を説明せよ。