材料力学基本テスト

第１部　基本問題１　（　40分、持ち込み不可）

全ての問いにおいて同じ記号には同じ語句が入る。また同じ語句が違う記号に入ることもある。

１．材料の強度について、以下の（　）を埋めなさい。

材料に働く力として、（　a　）荷重、（　b　）荷重、（　c　）荷重、（　d　）荷重、（　e　）荷重などがある。（　a　）荷重、（　b　）荷重は材料の断面に対して垂直方向にかける荷重で、（　c　）荷重は断面に対して平行方向にかける荷重である。

材料に力が働いた時の力の大きさの度合いは材料の大きさによって異なることから、単に力の大きさではなく、単位（　f　）あたりに働く（　g　）によって評価する。これを（　h　）という。

（　h　）をσ、（　f　）をA、（　g　）をBとするとσは次式で求められる。

σ＝（　i　）

（　h　）の単位として（　j　）が使われる（SI単位系）。1（　j　）＝1（　k　）/ 1（　l　）。

材料の変形の度合いは材料の大きさによって異なることから、単に変形量ではなく、単位（　m　）あたりの（　n　）によって評価する。これを（　o　）という。

（　o　）をε、（　m　）をC、（　n　）をDとするとεは次式で求められる。

ε＝（　p　）

（　o　）の単位は（　q　）。

（　c　）荷重によって生じる（　f　）を（　r　）といい、（　r　）をτ、（　s　）をQ、（　t　）をSとするとτは次式で求められる。

τ＝（　u　）

（　r　）の単位は（　v　）が使われる（SI単位系）。

（　c　）荷重によって生じる単位長さあたりの変形量を（　w　）といい、（　w　）をɤ、（　x　）をL、（　y　）をδとするとɤは次式 で求められる。

ɤ＝（　z　）

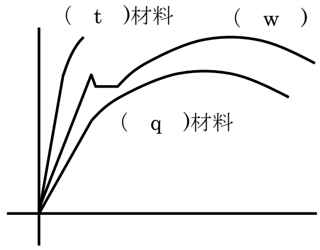
２．材料の変形について、以下の（　）を埋めなさい。

材料の強度は（　a　）試験によって評価される。その評価には、縦軸に（　b　）、横軸に（　c　）をとった（　b　）－（　c　）曲線が使われる。

一般的に、材料に引張荷重をかけると、あるところまでは（　b　）は（　c　）に比例する。この上限を（　d　）という。

（　d　）以上の荷重をかけると、荷重を除去したときに元の寸法に戻らなくなる上限がある。この上限を（　e　）という。

（　e　）以下の荷重（（　b　））では、荷重を除くと元の寸法に戻る。このような変形を（　f　）変形という。
（　e　）以上の荷重をかけると荷重を除いたときに元の寸法に戻らなくなる。このような変形を（　g　）変形という。（　g　）変形して寸法が元に戻らなくなったときの（　c　）を（　h　）という。
（　i　）%の（　h　）が生じる（　b　）を（　j　）という。
（　j　）以上の荷重をかけると（　b　）はある点でピークとなる。この点を（　k　）という。
（　k　）以上の荷重をかけるとある点で破断する。この点を（　l　）という。
（　d　）以下の荷重では（　b　）と（　c　）は比例する。その比例係数を（　m　）（ヤング率）という。
（　b　）をC、（　c　）をD、（　m　）をEとするとC＝（　n　）の関係が得られる。
（　m　）は炭素鋼でおおよそE=（　o（数値）　）（　p（単位）　）となる。



材料を（　b　）－（　c　）曲線の挙動で分類すると、材料によって、（　g　）変形をする材料と、ほとんどしない材料に分けられる。（　g　）変形する材料を（　q　）材料といい、（　q　）材料として（　r　）や（　s　）などがある。また（　g　）変形をほとんどしない材料を（　t　）材料といい、（　t　）材料として、（　u　）や（　v　）などがある。

金属材料の（　w　）においては、（　e　）以上の荷重をかけると、ある点で（　b　）はほとんど変化せず（　c　）が増加する現象が生じる。この現象を（　w　）といい、この時の（　b　）を（　x　）という。
（　o　）が発生するとき、（　m　）はわずかに減少する。減少する前の（　m　）を（　q　）、減少した後の（　m　）を（　r　）といい、特に区別しないときは（　s　）を（　p　）とする。

断面に対して平行な荷重においても、（　d　）以下では（　y　）と（　z　）は比例する。その比例係数を（　α　）といい、（　y　）をτ、（　z　）をγ、（　α　）をGとするとτ＝（　β　）の関係が得られる。

材料に引張荷重をかけると縦方向には（　γ　）、横方向には（　δ　）む。単位長さあたりの縦方向の（　γ　）を（　ε　）、横方向の（　δ　）みを（　ζ　）という。（　ε　）と（　ζ　）の割合を（　η　）と言いい、（　η　）をν、（　ε　）をε_x、（　ζ　）をε_yとすると、ν は ν=（　θ　）で求めることができる。

３．材料の強度計算について、以下の（　）を埋めなさい。

機械設計において、材料が変形しないもしくは破断しないようにするため、ある程度の余裕を持った設計を行う。強度計算において、材料の限界の強さを（　a　）、余裕を（　b　）、設計上の許される応力の上限を（　c　）という。（　a　）をσ、（　b　）をs、（　c　）をσ_fとすると、σ_f はσ_f=（　d　）で求めることができる。（　a　）として、（　e　）や（　f　）が使われる。

材料の破壊の種類として、静荷重による破壊のほか、繰り返し荷重による（　g　）破壊などがある。
（　g　）破壊は、材料に破断限以下の荷重が繰り返しかかることによって破断に至る現象である。鉄鋼材料の場合、かかる繰り返し荷重がある応力以下であると（　g　）破壊を起こさなくなる。この時の応力を（　h　）という。

材料の形状が大きく変わる部分や、傷や亀裂の先端部分では、局所的に平均的な応力の（　i　）倍の応力が生じる。この現象を（　j　）という。

４．材料の曲げについて、以下の（　）を埋めなさい。

材料力学において、細長い材料を（　a　）という。（　a　）を支える方法として、（　b　）、（　c　）などがあり、（　b　）点では支えている点は移動はしないが回転はし、（　c　）点では支えている点は移動も回転もしない。（　a　）の支持として、両端が（　b　）されているもの、片端が（　c　）されいるもの、両端が（　c　）されているものなどがある。
（　a　）に外部から作用する荷重として、一点に作用する（　d　）荷重や、ある範囲にわたって作用する（　e　）荷重などがある。（　a　）に荷重およびモーメントが作用すると、（　b　）点では（　f　）が作用し、（　c　）点では（　f　）および（　g　）が作用する。
（　a　）に外部から荷重およびモーメントが作用すると（　a　）は曲がる。このとき、（　a　）の断面には（　h　）が生じる。

（　a　）が曲がっているとき、（　a　）内部には（　i　）および（　j　）が働く。任意の点 x で切断したとき、切断した（　a　）の左側の断面には下向きの（　i　）と反時計回りの（　j　）が、（　a　）の右側の断面には上向きの（　i　）と時計回りの（　j　）が働いていると考える。（　i　）および（　j　）は、切断した時の左側（もしくは右側）のつり合いの式から x の関数として求められる。
（　a　）に生じる（　i　）および（　j　）を表す図として（　k　）、（　l　）が使われる。

（　a　）の曲げにくさを表すものとして（　m　）がある。（　m　）を I とすると

I = （　n　）

（　a　）に生じる（　h　）を σ、（　j　）を M、（　m　）を I、中立軸からの距離を y とすると、σ は次式で表される。

σ = （　o　）

最大応力の計算では一般的に（　p　） $z = I / y_{max}$ が使われ、最大応力 σ_{max} は次式で表される。

σ_{max} = （　q　）

（　a　）のたわみを y とすると、次式のような関係がある（たわみの基本式）

$\dfrac{d^2y}{dx^2}$ = （　r　）

ここから、たわみ角 θ は次式で表される。

θ = （　s　） = （　t　）

また、たわみ y は次式で表される。

y = （　u　）

両端（　c　）（　a　）では力のつり合いとモーメントのつり合いだけでたわみを求めることはできない。このような（　a　）を（　v　）といい、たわみ角の連続性とたわみの連続性を使ってたわみを求める。

５．材料のねじりについて、以下の（　）を埋めなさい。

棒（主に中実丸棒もしくは中空丸棒）に外部から（　a　）が作用すると、棒がねじれる。
棒がねじれると、棒の断面には（　b　）が生じる。

棒のねじれにくさを表すものとして（　c　）が使われる。（　c　）を I_p とすると

I_p =（　d　）

棒が直径 d の中実丸棒の場合

I_p =（　e　）

棒に生じる（　b　）を τ、棒の（　c　）を I_p、（　f　）を φ、棒の（　g　）を r、棒の（　h　）を l 、棒の（　i　）を G すると、τ は

τ =（　j　）

また、（　a　）T は、

T =（　k　）

これらの式から τ を T を使って表すと

τ =（　l　）

また、φ を T を使って表すと

φ =（　m　）

で求められる。

６．動力を伝える軸について、以下の（　）を埋めなさい。

回転軸が一定角速度 ω で回転し、その時の負荷トルクを T とするとき、動力 P は次式で求められる。

P =（　a　）

なお、動力の単位換算において
1PS =（　b　）W
となる。

材料力学Ｉ試験

１．材料の強度について、以下の（　）を埋めなさい。なお、同じ記号には同じ語句が入る。また同じ語句が違う記号に入ることもある。

1)　機械部品に働く力は（　a　）で評価される。（　a　）は単位（　b　）当たりの（　c　）で求められる。（　a　）をσ、（　b　）をS、（　c　）をFとすると、σ＝（　d　）となる。（　a　）の単位として（　e　）が使われる。

2)　面に（断面に）対して、垂直方向に働く荷重を（　f　）荷重、平行方向に働く荷重を（　g　）荷重という。（　f　）荷重によって生じる（　a　）のうち、伸びる変形を伴うものを（　h　）という。また（　g　）荷重によって生じる（　a　）を（　i　）という。

3)　機械部品の変形の度合いは（　j　）で評価される。（　j　）は単位（　k　）当たりの（　l　）で求められる。（　j　）をa、（　k　）をb、（　l　）をcとすると、a＝（　m　）となる。

２．引張試験について、以下の（　）を埋めなさい。なお、同じ記号には同じ語句が入る。また同じ語句が違う記号に入ることもある。

1)　機械材料の強度は引張試験によって評価される。その評価には、縦軸に（　a　）、横軸に（　b　）をとった（　c　）曲線が使われる。

2)　一般的に、材料に引張荷重をかけると、あるところまでは（　a　）と（　b　）は比例する。この上限を（　d　）という。さらに荷重をかけると、荷重を除去したときに元の寸法に戻らなくなる。この上限を（　e　）という。（　e　）以下の元の寸法に戻る変形を（　f　）変形といい、（　e　）以上の元の寸法に戻らなくなる変形を（　g　）変形という。変形して寸法が元に戻らなくなったときの変形量（ひずみ）を（　h　）という。0.2%の（　h　）が生じる応力を（　i　）という。さらに荷重をかけると応力はある点でピークとなる。この点を（　j　）という。さらに荷重をかけるとある点で破断する。この点を（　k　）という。

3)　低炭素鋼（軟鋼）においては、（　l　）以上の荷重をかけると、ある点で（　m　）はほとんど変化せず（　n　）だけが増加する現象が生じる。この現象を（　o　）といい、この時の応力を（　p　）という。（　o　）が発生するとき、（　m　）はわずかに減少する。減少する前の（　m　）を（　q　）、減少した後の（　m　）を（　r　）といい、特に区別しないときは（　s　）を（　p　）とする。

4)　（　d　）以下では（　a　）と（　b　）は比例する。、その比例係数を（　t　）（ヤング率）という。（　a　）をσ、（　b　）をε、（　t　）をEとすると、E＝（　u　）となる。低炭素鋼（軟鋼）の（　t　）はE＝（　v　（単位も入れる））である。

5)　材料によっては、（　g　）変形をほとんどしない材料がある。このような材料を（　w　）材料という。（　w　）材料として、（　x　）やセラミックスなどがある。また（　g　）変形する材料を（　y　）材料という。（　y　）材料として、（　z　）などがある。

公式確認問題（１）

各材料は特に指定のない限り、密度を ρ、縦弾性係数を E、横弾性係数を G、耐力を σy、引張強さを σf、せん断強さを τf とする。

解答例：　　問　円筒の体積 V を求める式を書きなさい

　　　　　　答　　　$V=\pi r^2 h$　　ただし、π を円周率、r を底面の半径、h を高さとする

引張応力 σ を求める式を書きなさい

ひずみ（縦ひずみ）ε を求める式を書きなさい

縦弾性係数 E を求める式を書きなさい

　or

比例領域において、応力とひずみの関係を表す式を書きなさい

せん断応力 τ を求める式を書きなさい

せん断ひずみ γ を求める式を書きなさい

横弾性係数 G を求める式を書きなさい

　or

比例領域において、せん断応力とせん断ひずみの関係を表す式を書きなさい

ポアソン比 ν を求める式を書きなさい

安全率 s を求める式を書きなさい

材料に熱を加えた時の長さの変化⊿L を求める式を書きなさい

断面二次モーメント I を求める式を書きなさい

曲げ応力 σ を求める式を書きなさい

たわみの基本式を書きなさい

断面二次極モーメント I_p を求める式を書きなさい

棒がねじれているときのせん断応力を求める式をトルク T を使って書きなさい

ねじれ角 φ を求める式をトルク T を使って書きなさい

棒が一定角速度 ω で回転し、その時の負荷トルクを T とするとき、動力 P を求める式を書きなさい

公式確認問題（２）

一辺の長さが a、長さ L の矩形棒に引張荷重 F をかけた。この時の棒に生じる応力 σ を求めなさい。

直径 d、長さ L の丸棒に質量 m のおもりを吊り下げた。この時の丸棒に生じる応力 σ を求めなさい。

直径 d、長さ L の丸棒に体積 V、密度 ρ のおもりを吊り下げた。この時の丸棒に生じる応力 σ を求めなさい。

長さ L の棒に引張荷重 F をかけた時の棒の伸びは δ であった。棒のひずみ ε を求めなさい。

断面積 A、長さ L の棒に引張荷重 F をかけた時、棒の長さは L'になった。棒の変型は弾性変形であったときの棒の縦弾性係数 E を求めなさい。

直径 d、長さ L の丸棒に質量 m のおもりを吊り下げた。この時の丸棒の伸び δ を求めなさい。ただし、棒の変形は比例限度内とし、縦弾性係数は E とする。

直径 d、長さ L の丸棒にせん断荷重 P をかけた。この時の丸棒に生じる応力 σ を求めなさい。

断面積 A、長さ L の棒にせん断荷重 P をかけた時の棒のずれは λ であった。棒のせん断ひずみ ɤ を求めなさい。

断面積 A、長さ L の棒にせん断荷重 P をかけた時の棒のずれは λ であった。棒の変型は弾性変形であったとき、棒の横弾性係数 G を求めなさい。

直径 d、長さ L の丸棒に引張荷重 F をかけた時、長さは L'、直径は d'になった。この時の縦ひずみ ε、横ひずみ ε'、およびポアソン比 ν を求めなさい。

安全率を s、基準の応力を σs としたときの許容応力 σa を求めなさい。

安全率を s、基準の応力を σs としたとき、断面積 A の材料にかけることのできる最大引張荷重 Fmax を求めなさい。

長さ L の棒が⊿T だけ温度変化（上昇）した。棒の線膨張係数を α としたときの棒の伸びを求めなさい。

ある円筒容器がある。容器の長さを L、外径を D、材料の板厚を t とし、この容器の中の圧力が P のとき（ゲージ圧）、容器の長手方向の応力および半径方向の 応力 σ を求めなさい。

長さ L の片持ちはりにおいて、支点からの距離 x の点に荷重 F をかけた。支点に働く反力 R、反モーメント M を求めなさい。

長さ L の両端支持はりにおいて、支点からの距離 x の点に荷重 F をかけた。支点に働く反力 R1、R2 を求めなさい。

長さ L の両端固定はりにおいて、支点からの距離 x の点に荷重 F をかけた。支点に働く反力 R1、R2、反モーメント M1、M2 を求めなさい。

直径 d の丸棒の断面二次モーメント I を求めなさい。

幅 a、厚さ b の矩形断面棒の断面二次モーメント I を求めなさい。

長さ L の片持ちはりにおいて、支点からの距離 L の点に荷重 F をかけたときの任意の点 x での曲げモーメントを求めなさい。

長さ L の片持ちはりにおいて、支点からの距離 L の点に荷重 F をかけたときの SFD、BMD を書きなさい。

曲げモーメントが M のときの曲げ応力 σ を求めなさい。

たわみの基本式を書きなさい。

長さ L の片持ちはりにおいて、支点からの距離 L の点に荷重 F をかけたときの任意の点 x での曲げ応力 σ を求めなさい。

長さ L の片持ちはりにおいて、支点からの距離 L の点に荷重 F をかけたときの任意の点 x でのたわみ角、およびたわみを求めなさい。ただし、はりの縦弾性係数を E、断面二次モーメントを I とする。

長さ L、密度 ρ（線密度）の片持ちはりが自重によりはりがたわんでいる。この時の任意の点 x での曲げモーメント、SFD、BMD、x でのたわみ角、およびたわみを求めなさい。ただし、はりの縦弾性係数を E、断面二次モーメントを I とする。

長さ L の両端支持はりにおいて、支点からの距離 L’の点に荷重 F をかけたときの任意の点 x での曲げモーメントを求めなさい。

長さ L の両端支持はりにおいて、支点からの距離 L’の点に荷重 F をかけたときの SFD、BMD を書きなさい。

長さ L の両端支持はりにおいて、支点からの距離 L’の点に荷重 F をかけたときの任意の点 x での曲げ応力 σ を求めなさい。

長さ L の両端支持はりにおいて、支点からの距離 L’の点に荷重 F をかけたときの任意の点 x でのたわみ角、およびたわみを求めなさい。ただし、はりの縦弾性係数を E、断面二次モーメントを I とする。

長さ L、密度 ρ（線密度）の両端支持はりが自重によりはりがたわんでいる。この時の任意の点 x での曲げモーメント、SFD、BMD、x でのたわみ角、およびたわみを求めなさい。ただし、はりの縦弾性係数を E、断面二次モーメントを I とする。

直径 d の丸棒の断面二次極モーメント Ip を求めなさい。

直径 d、長さ L の丸棒にトルク T をかけた時、丸棒に働くせん断応力 τ を求めなさい。

直径 d、長さ L の丸棒にトルク T をかけた時、丸棒のねじれ φ を求めなさい。

動力 P を求める式を角速度 ω と負荷トルクを T を使って書きなさい

動力の単位換算において、1PS が何 W かを答えなさい。
（追加）

SS400、FC350 および A1050 の応力ひずみ曲線を描きなさい。

基本計算問題

＊全ての問いにおいて、特に指示がなければ材料の各値は、耐力 400MPa、引張強さ 600MPa、縦弾性係数 200GPa、横弾性係数 80GPa、密度 8g/cm^{3}とする。重力加速度は 10m/s^2、円周率は 3 とする。解答は SI 単位を使うこと。材料の自重による作用（応力、伸びなど）は無視する。

［応力とひずみ］

長さ 500 mm 、断面積 20 mm^2 の矩形棒に質量 10 kg の重りを吊り下げたときの、棒に生じる 応力 σ を求めなさい。

長さ 1000 mm 、１辺の長さが 1 cm の正方形の矩形棒に、質量 100 kg のおもりを吊り下げた。棒に生じる 応力 σ を求めなさい。また棒の伸びを求めなさい。ただし、棒の材質は低炭素鋼（軟鋼）とする。

長さ 500 mm 、断面積 20 mm^2 の矩形棒に引張荷重をかけ、長さが 500.5 mm になったときのひずみを求めなさい。また、荷重の大きさを求めなさい。ただし、棒の材質はアルミ合金とする。

長さ 500 mm 、断面積 20 mm^2 の棒に 3000 N の荷重をかけたときの棒の応力および伸びを求めなさい。ただし、棒の縦弾性係数を 200 GPa とし、比例領域内での変形と仮定する。

長さ 500 mm 、断面積 20 mm^2 の低炭素鋼の棒材が降伏しない最大荷重を求めなさい。また、そのときの伸びを求めなさい。ただし、低炭素鋼の降伏応力を 200 MPa 、縦弾性係数を 200 GPa とし、降伏応力までを比例領域と仮定する。

長さ 50mm、直径 80mm の中実丸棒に重りを乗せたところ、長さが 49.96mm になった。重りの質量を求めなさい。

長さ 500 mm 、断面積 20 mm^2 の棒に 1000 N のせん断荷重をかけたときに生じるせん断 応力 τ を求めなさい。

縦弾性係数が 200 GPa 、横弾性係数が 80 GPa の材料のポアソン比 v を求めなさい。ただし、これらは以下の関係があるあるものとする。　$G=E/2(1+v)$

長さ 100 mm 、外径 5 mm の中実丸棒に荷重をかけ、長さが 100.1 mm になったときの棒の直径を求めなさい。ただし、棒の縦弾性係数を 200 GPa 、横弾性係数を 77 GPa 、ポアソン比を 0.3 とする。

長さ 500 mm 、断面積 20 mm^2 の低炭素鋼の棒材にかけることのできる許容 応力 σ を求めなさい。ただし、低炭素鋼の降伏応力を 200 MPa 、縦弾性係数を 200 GPa とし、基準の強さを降伏応力、安全率を 3 とする。

両端が固定されている長さ 1000 mm の棒が 20 ℃ から 60 ℃ に上昇した。棒の線膨張係数を 24×10^{-6} /℃ としたときの棒に生じる 応力 σ を求めなさい。ただし、棒の温度が 20℃のときの応力はゼロとする。

外径 20mm、内径 10mm、長さ 8mm のパイプが 20 ℃ から 100 ℃ に上昇した。この時のパイプの内径を求めなさい。ただし、パイプの線膨張係数を 12×10^{-6} /℃ とする。

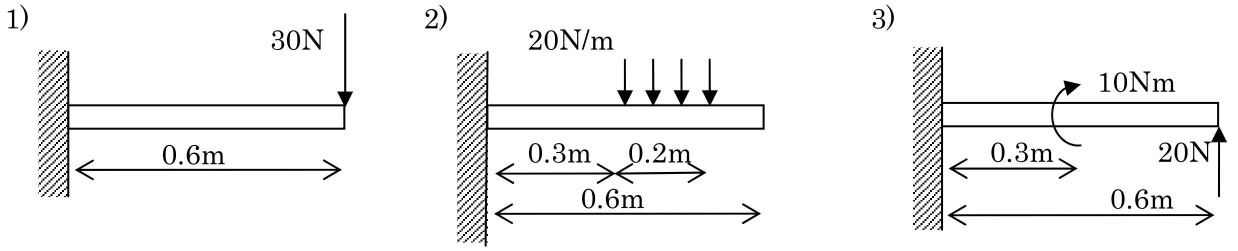
内径 200mm、長さ 300mm の圧力容器がある。この容器に 1.5MPa（ゲージ圧）がかけられるようにするための容器の肉厚 t を求めなさい。ただし、容器の円形の面（縦置きの場合の上面と底面）は十分強度があるものとする。

［はりの曲げ］

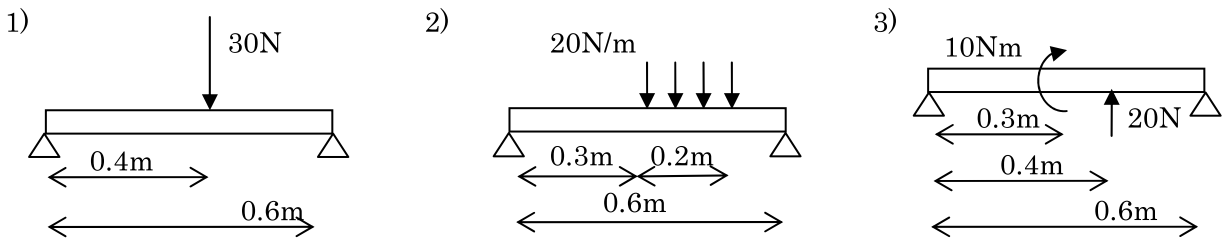
幅 10 mm 、厚さ 2 mm の平角棒の断面二次モーメントを求めなさい。

直径 5 mm の中実丸棒の断面二次モーメントを求めなさい。ただし、円周率は π とする。

図のように荷重がかかっている片持ちはりに働く反力、反モーメントをを求めなさい。



図のように荷重がかかっている両端支持はりに働く反力を求めなさい。



上記の荷重がかかった片持ちはりにおいて、その SFD、および BMD を書きなさい。

上記の荷重がかかった両端支持はりにおいて、その SFD、および BMD を書きなさい。

長さ 400 mm 、厚さ 5 mm 、断面二次モーメント 200 mm^4 の平角棒の片持ちはりの先端に 20 N の荷重がかかっている。曲げモーメントが 5 N･m となっている点での曲げ 応力 σ を求めなさい。

長さ 400 mm 、厚さ 5 mm 、断面二次モーメント 200 mm^4 の平角棒の片持ちはりの先端に質量 3kg の重りをつりさげた。任意のはりの長さ x（はりの根元を x=0 とする）でのたわみ角およびたわみを求めなさい。

長さ 400 mm 、厚さ 5 mm 、断面二次モーメント 200 mm^4 の平角棒の片持ちはりの先端に 20 N の荷重がかかっている。はりの先端でのたわみ角およびたわみを求めなさい。

長さ 400 mm 、直径 6 mm の中実丸棒の両端はりのにおいて、はりの左端から 300 mm の点に 30 N の荷重がかかっている。その荷重がかかっている点での曲げ 応力 σ を求めなさい。

長さ 400 mm 、直径 6 mm の中実丸棒の両端はりのにおいて、はりの左端から 300 mm の点に 30 N の荷重がかかっている。任意のはりの長さ x（はりの左端を x=0 とする）でのたわみ角およびたわみを求めなさい。

［軸のねじれ］

直径 5 mm の中実丸棒の断面二次極モーメントを求めなさい。ただし、円周率は π とする。

長さ 400 mm 、断面二次極モーメント 120 mm^4 の中実丸棒に 0.5 N･m のトルク（ねじりモーメント）が働いている。軸に生じるせん断応力を求めなさい。

長さ 400 mm 、断面二次極モーメント 120 mm^4 の中実丸棒に 5 kgf･cm のトルク（ねじりモーメント）が働いている。軸のねじれ角を求めなさい。

直径 10mm、長さ 1m の中実棒を 1deg ねじるのに必要となるトルクを求めなさい。ただし、G=80GPa とする。

［トルクと動力］

回転軸が、負荷トルク 10 N･m 、300 rpm で回転しているときの動力を求めなさい。