

1 機械部門【必須科目 I】

I 次の20問題のうち15問題を選び解答せよ。(解答欄に1つだけマークすること。)

I-1 トライボロジーに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 摺動速度や平均接触面圧の影響で摺動面の温度が上昇していくと、ある温度（転移温度）以上で摩擦係数が急に増大し、潤滑特性が低下する。極圧添加剤は、発熱による焼き付き防止、摩擦・摩耗を低減するために用いられる。
- ② 摩擦によって発生する摩耗粉の総体積（摩耗量）を摺動速度と摺動面に加わる荷重で除した値を比摩耗量と呼び、摩耗を表すパラメータとしてよく用いられる。
- ③ 摺動面の駆動条件を示す軸受特性数（摺動速度×潤滑材の粘度／軸受摺動面間に作用する単位幅当たりの荷重）によって、摩擦係数がどのように変化するかを示す曲線をストライベック曲線という。
- ④ 二硫化モリブデン、窒化ホウ素、グラファイトといった固体潤滑剤は、いずれも結晶が層状構造となっており、これが優れた潤滑性を示す理由である。
- ⑤ 乾燥摩擦状態では、摩擦係数を一定とみなせば、単位面積当たりの摺動面での発熱量は通常、平均接触面圧と摺動速度の積に比例し、この値は摺動面の温度上昇の指標として用いられる。

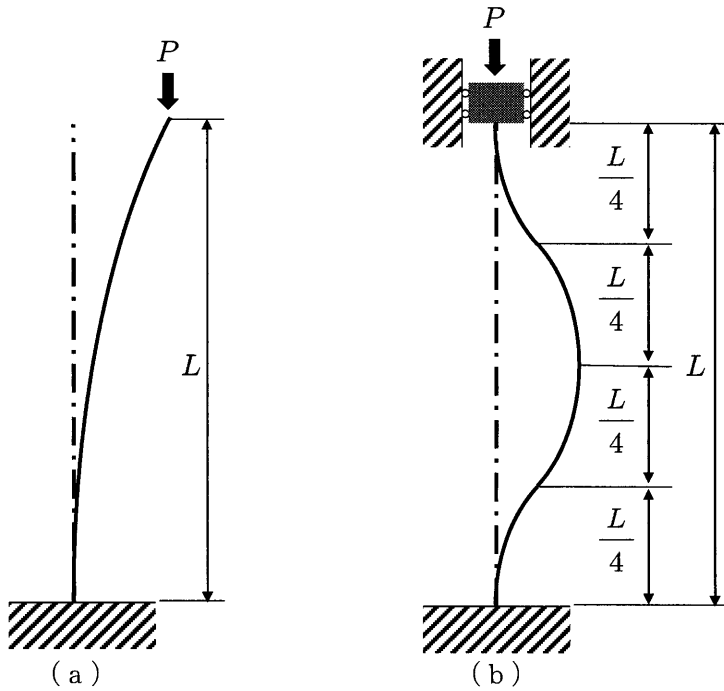
I-2 機械設計に関する用語について、次の記述のうち最も不適切なものはどれか。

- ① 加工対象製品の形状、寸法、材質、公差などの設計情報に基づいて、適切な加工法、加工設備の設計又は選択、加工作業に必要な作業手順の作成などを行うことを工程設計という。
- ② 外力による破壊や永久変形、繰り返し荷重による疲労損傷や破壊が発生しないようにする設計を強度設計という。
- ③ 外力による塑性変形を少なくし、精度を維持したり振動の発生を抑える設計を剛性設計という。
- ④ き裂による局所的な破壊が致命的な破壊とならないよう、効果的な検査期間の設定と補修を行うことにより、耐用年数の安全運転の確保を目的とする設計を損傷許容設計という。
- ⑤ 耐用年数の間、全く損傷を生じることなしに運転できることを目標とする設計を安全寿命設計という。

I-3 下図 (a) に示す縦弾性係数 E 、長さ L 、断面二次モーメント I で一端固定、他端自由のまっすぐな長柱に、圧縮荷重 P が作用する場合のオイラーの座屈荷重 P_{cr} は次式で表される。

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$$

このとき、下図 (b) に示す両端固定の長柱の場合の座屈荷重は次のうちどれか。



(注：一点鎖線は変形前の長柱)

- ① $P_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{L^2}$ ② $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$ ③ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$
 ④ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{16L^2}$ ⑤ $P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{64L^2}$

I-4 長さ L で、直径 D の円形断面を有する軸の両端に、ねじりモーメント T が負荷されている。ねじりモーメント T の大きさはそのまま、長さ L が 2 倍、かつ直径 D が 2 倍になったとき、軸表面のねじり応力 τ と単位長さ当たりのねじれ角 θ はもとの形状の場合のそれぞれ何倍になるか。

- ① ねじり応力 τ は $1/4$ 倍に、ねじれ角 θ は $1/4$ 倍になる。
- ② ねじり応力 τ は $1/4$ 倍に、ねじれ角 θ は $1/8$ 倍になる。
- ③ ねじり応力 τ は $1/4$ 倍に、ねじれ角 θ は $1/16$ 倍になる。
- ④ ねじり応力 τ は $1/8$ 倍に、ねじれ角 θ は $1/8$ 倍になる。
- ⑤ ねじり応力 τ は $1/8$ 倍に、ねじれ角 θ は $1/16$ 倍になる。

I-5 音の大きさを表す量の 1 つに音圧レベルがある。音圧及び音圧レベルに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 音圧の大小のレベルを dB (デシベル) の単位で表したものを音圧レベルと呼ぶ。
- ② 音圧とは、大気中に音がないときの圧力 (大気圧) と音が発生したときの圧力の差であり、一般には実効値で表示される。
- ③ 音圧が 1.2 倍になると、音圧レベルも常に 1.2 倍になる。
- ④ 音圧レベルの大小は、人が音を聞いたときの感覚量の大小とは必ずしも一致しない。
- ⑤ 音圧レベルは、音圧の基準値に対する実際の音圧の比の対数に比例する量である。

I-6 回転体のつり合いに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 質量 m の円板の重心が回転中心から距離 r の位置にあり、この円板が角速度 ω で回転しているならば、円板に作用する遠心力の大きさは $mr\omega^2$ である。
- ② 質量 m の円板の重心が回転中心から距離 r の位置にあるとき、質量 m と距離 r の積 mr を不釣り合い量という。
- ③ 質量 m の円板の重心が回転中心から距離 r の位置にあるとき、この円板の回転中心に関して重心の反対側の距離 R のところに、質量 M のおもりを $mr^2 = MR^2$ となるように取り付けると、静的につり合いがとれる。
- ④ 不釣り合いを有する円板が軸方向に複数配置しているロータについても、適切におもりを取り付けることにより静的につり合いをとることができる。
- ⑤ 円板が軸方向に複数配置しているロータにおいて、たとえ静的につり合いがとれていたとしても、回転することによりロータが振動する場合もある。

I-7 石炭利用の発電技術に関する次の(ア)～(オ)の記述について、正しいものの組合せとして最も適切なものはどれか。

(ア) 我が国の石炭火力発電で使用されている蒸気温度は現在最高で620℃台に到達しているが、更なる高温化を実現して熱効率の向上を図る技術開発が行われている。

(イ) 石炭ガス化複合発電では、固形燃料である石炭をガス化することで、ガスタービン燃料として使用できるため、通常の石炭火力よりも高い効率を達成可能である。

(ウ) 我が国の大型石炭火力発電所は、石炭を細かく砕いて燃焼させる微粉炭火力よりも、石炭を粉砕せずに直接燃焼させる方式が主流である。

(エ) 石炭は天然ガスと比べてCO₂排出原単位 (kg-CO₂/kWh) が大きいことから、燃焼ガス内のCO₂を分離回収する設備の併設が地球温暖化対策に有効と考えられている。

(オ) 流動床ボイラでは、石炭の灰分、硫黄分、水分などの制約が多く、使用できる石炭の種類は微粉炭焚ボイラより少なくなる。

- ① ア, ウ, オ ② イ, エ, オ ③ ア, ウ, エ
④ ア, イ, エ ⑤ イ, ウ, オ

I-8 ガスタービンに関する次の(ア)～(オ)の記述について、正しいものの組合せとして最も適切なものはどれか。

(ア) レシプロエンジンに比べて、概して高周波騒音が少ない。

(イ) 吸気温度が上がると最大出力が低下する。

(ウ) 他の内燃機関に比べてサーマルNO_xの発生が一般に少ない。

(エ) 電力会社で運転されている複合発電用ガスタービンはディーゼルエンジンに比べて排ガス温度が高い。

(オ) 燃料として安価なC重油が適している。

- ① ア, イ, オ ② ア, ウ, エ ③ イ, ウ, エ
④ ア, ウ, オ ⑤ イ, エ, オ

I-9 内燃機関とその基本サイクルに関する次の(ア)～(オ)の記述について、正しいものの組合せとして最も適切なものはどれか。

- (ア) オットーサイクルは断熱圧縮、等積加熱（等容加熱）、断熱膨張、等積放熱（等容放熱）からなるサイクルである。
- (イ) オットーサイクルの理論熱効率は、圧縮比、比熱比、供給熱量によって決まる。
- (ウ) ディーゼルサイクルでは燃焼を等圧加熱で行うが、サバテサイクルでは燃焼を等積加熱と等圧加熱とで行う。
- (エ) ディーゼルサイクルの理論熱効率は、圧縮比、比熱比、平均有効圧力によって決まる。
- (オ) ガソリン機関では、圧縮比の増加は熱効率向上・高出力化のために有効であるが、ノッキングが発生するので、圧縮比の値には限度がある。

- ① ア、ウ、エ ② ア、イ、オ ③ イ、エ、オ
- ④ ア、ウ、オ ⑤ イ、ウ、エ

I-10 熱の移動形態の1つである熱伝導に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 一般に純物質の熱伝導率は、固体、液体、気体の順に小さくなる。
- ② 室温付近の熱伝導率は、銀、銅、アルミニウム、ステンレス鋼、炭素鋼の順に小さくなる。
- ③ 金属箔と樹脂膜からなるラミネートフィルムの中にグラスウールなどを入れた真空断熱材は、内部を真空とし熱伝導、対流伝熱、放射伝熱を減らすものである。
- ④ 温度差のある物体中を伝わる熱流束は、熱伝導率を比例定数として温度勾配に比例する。これをフーリエの法則という。
- ⑤ 液体ナトリウムは水に比べて熱伝導率が高く、高速増殖炉の冷却材として適している。

I-11 まっすぐな円管内流れの特性に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 円管に流れを導くと速度境界層が下流に向かって発達し、十分に発達すると速度分布が下流方向に変化しなくなる。
- ② 流れが層流の場合、十分に下流では放物線型速度分布となる。
- ③ 十分に発達した層流では、管摩擦係数はレイノルズ数によらず一定となる。
- ④ 十分に大きなレイノルズ数の乱流では、管摩擦係数は円管内面の相対粗さに依存する。
- ⑤ 流れのレイノルズ数は、(円管内径) × (断面平均流速) / (流体の動粘度) で計算される。

I-12 圧縮性が顕著に表れる気体に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① マッハ数は流速と音速の比で定義される無次元数であり、圧縮性流れにおける密度変化の程度を表す。
- ② 音速は音波の伝ばする速度であり、音波の通過による気体の状態変化は可逆断熱変化とみなせる。
- ③ マッハ数が概ね0.3以下の流れであれば、通常、工学上の問題では近似的に非圧縮性流れとみなして差し支えない。
- ④ 先細ノズルのような断面積が流れ方向に減少する流路に亜音速流れを導くと、流れは加速され、流路内で超音速流れとなる。
- ⑤ 超音速流れが減速され亜音速流れになる際には、ほとんどの場合、衝撃波が発生する。

I-13 工作機械による加工において、びびり振動に起因する不具合が発生することがある。びびり振動に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① びびり振動は、発生原因から強制びびり振動と自励びびり振動に分けることができる。
- ② 強制びびり振動が発生する要因には、不連続切りくずの生成による切削力の周期性がある。
- ③ 自励びびり振動の1つである再生びびり振動を抑制するには、切削速度を下げるのが有効である。
- ④ 再生びびり振動は、前加工面の凹凸が加工時の切削力変動に影響を与えることで生じる振動である。
- ⑤ 工具摩耗の進展によって生じるびびり振動は、強制びびり振動に分類される。

I-14 二次元切削に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 切削抵抗は、すくい角の増加とともに小さくなる。
- ② 比切削抵抗は、単位切削面積当たりの主切削抵抗であり、切削条件にかかわらず材料ごとに一定の値である。
- ③ 切削における主要な熱源の1つは、せん断領域における塑性変形による発熱である。
- ④ 切削における主要な熱源の1つは、切りくずとすくい面の摩擦による発熱である。
- ⑤ 切削に必要な単位時間当たりの仕事は、主分力と切削速度の積で求めることができる。

I-15 擬似的な自由支持状態で長方形板の加振実験を行った。下図に示す点A (●) 及び点B (●) を加振点として、点C (○) での応答加速度を測定したところ、図の(ア)~(ウ)の3つの固有振動モードが観測され、点A, Bを加振した場合に観測された共振周波数はそれぞれ下表のようになった。図に示す(ア)~(ウ)の振動モードについて、振動数の低い方から順番に並べたとき、正しいものはどれか。

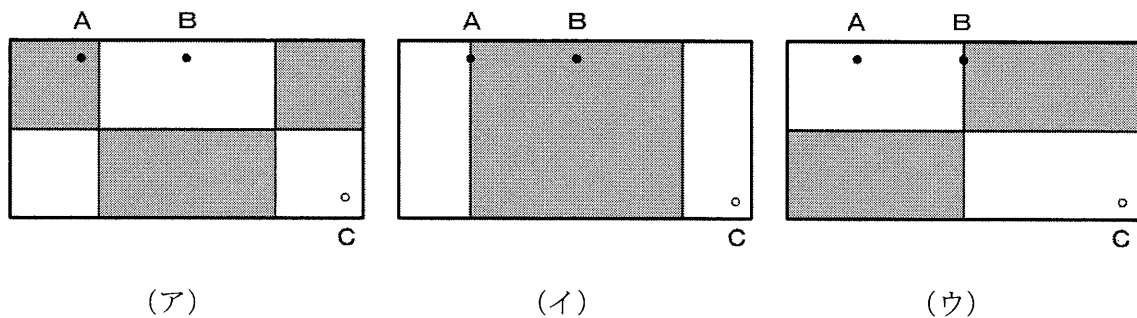


図 モード節図 (白は測定点Cと同相, 灰色は逆相を表す。)

表 測定された共振周波数

加振点	共振周波数 1	共振周波数 2
A	168 Hz	369 Hz
B	134 Hz	369 Hz

注) 加振点A, Bともに測定された369 Hzは、同一の振動モードであった。

- ① ウ, イ, ア ② ア, ウ, イ ③ イ, ア, ウ
- ④ イ, ウ, ア ⑤ ウ, ア, イ

I-16 車両における車輪の特性に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 車輪が車両の進行方向に対して横すべり角を持つとき、進行方向と直角方向に働く力をコーナリングフォースと呼ぶ。
- ② 空気ゴムタイヤ付車輪と鉄車輪において、横すべり角とコーナリングフォースの特性を比較すると、線形とみなせる横すべり角の範囲は鉄車輪の方が広い。
- ③ コーナリングフォースと駆動力の合力は車輪の摩擦力を超えない。
- ④ タイヤにキャンバ角を持つとき、車両が直進していてもタイヤにはキャンバ・スラストフォースが発生する。
- ⑤ 操舵式車両では操舵角を変化させることにより、コーナリングフォースの大きさを制御できるため、進行方向を自由に換えられる。

I-17 ロボットの制御に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 遠隔操作ロボットの制御方式の1つにマスタ・スレーブ方式がある。
- ② ロボットアームの特異点近傍では、関節に急激な角度変化が必要になることがある。
- ③ アーク溶接などの動作軌跡が重要視される作業には、PTP (Point-To-Point) 制御方式が適している。
- ④ フィードバック制御に加えフィードフォワード制御を行うことにより、目標軌道に対する追従特性を向上させることができる。
- ⑤ インピーダンス制御とは力制御の一手法のことである。

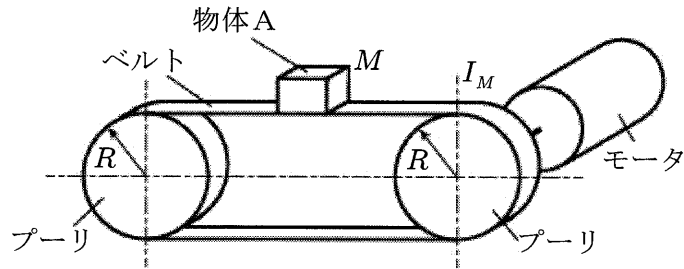
I-18 公差に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 公差には幾何公差と寸法公差があり、平行度、直角度は幾何公差の例である。
- ② はめあい公差とは、お互いにはめ合わされる穴と軸との間にそれぞれどの程度の寸法誤差が許容されるかを示す寸法公差である。
- ③ 呼び寸法が等しい軸と穴のはめあいには、はめあい公差の等級によって、すきまばめ、中間ばめ、しまりばめの3つがある。
- ④ 日本工業規格に規定されているはめあい方式では、アルファベットの大文字により軸の基準線に対する公差域の位置、すなわち基礎となる寸法許容差を表す。
- ⑤ はめあいでは穴基準、軸基準の両方の公差が規格化されているが、通常は穴基準を用いる場合が多い。

I-19 モータで直接駆動される位置決め機構において、モータの回転角の目標値と計測値との差を用いてフィードバック制御による位置決め制御を行う場合、モータ回転角の目標値をステップ状に変化させたときの応答と制御ゲインとの関係に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 比例ゲインに微分ゲインを併用した場合、微分ゲインには整定時間を最も短くする最適値が存在する。
- ② 比例ゲインに微分ゲインを併用した場合、微分ゲインには定常偏差を抑える効果がある。
- ③ 比例ゲインに微分ゲインを併用した場合、微分ゲインには行き過ぎ量を抑える効果がある。
- ④ 比例ゲイン、微分ゲインに積分ゲインを併用した場合、積分ゲインには行き過ぎ量を増加させる効果がある。
- ⑤ 比例ゲイン、微分ゲインに積分ゲインを併用した場合、積分ゲインには定常偏差を抑える効果がある。

I-20 下図のような、モータ、2つのプーリ、ベルトを用いて、ベルトに固定された物体Aを位置決めする機構がある。物体Aの質量を M 、プーリ半径を R とし、モータの慣性モーメント、2つのプーリの慣性モーメント、そしてベルトの等価慣性モーメントの総和を I_M とすると、以下の説明文の に入る式や語句の組合せとして最も適切なものはどれか。



説明文：モータから見た位置決め機構全体の等価慣性モーメントは ア となり、プーリ半径 R が小さいほど イ なる。一方、物体Aの並進移動量に対するモータの回転角は半径 R に ウ する。そのため、物体Aの高速な運動を実現するためのプーリ半径には $R = \sqrt{\frac{I_M}{M}}$ という エ が存在する。

	ア	イ	ウ	エ
①	$\frac{I_M}{R^2} + M$	大きく	比例	下限値
②	$\frac{I_M}{R^2} + M$	大きく	反比例	最適値
③	$I_M + MR^2$	小さく	反比例	下限値
④	$I_M + MR^2$	小さく	比例	下限値
⑤	$I_M + MR^2$	小さく	反比例	最適値