

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 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) と呼ばれる信頼性解析手法に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① FMEAはシステムを構成する要素に生じる可能性のある故障を予測し、その故障によってシステムがどのような影響を受けるかを、表を使って解析を進める。
- ② 実施には、対象システムの構造、機能、使用条件、環境条件などを理解し、対象システムをどこまで分解して解析するかを決める。
- ③ 1つの要素に対して複数の故障モードが存在する場合があることも忘れずに、分解レベルの最下位要素の故障モードを抽出する。
- ④ 抽出した要素の各故障モードについて、上位のサブシステム、システム、さらにシステム外への影響というように、段階的に解析していく。
- ⑤ 列挙した要素の故障モードごとに、影響度と検出度の積である危険優先数で評価し、評価点数の高い順に設計、製造及び運用で対応する。

I-2 機械要素設計に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 標準数は、機械部品の標準化において、選びうる数値を等比級数的に増加する有限個に限定し規格化する目的で造られたものである。
- ② やまば歯車は、平歯車に比べて静かで滑らかな回転が得られるが、軸方向にスラストが発生する。
- ③ 機械部品において穴と軸の間で、すきまやしめしろが問題となる場合の両者の許容域の関係を、はめあいという。はめあいのうち、穴径より軸径を小さくするはめあいを「すきまばめ」という。
- ④ 対象物の形状、姿勢、及び位置は、寸法を与えるだけでは決まらない。これらを決めるために幾何公差が用いられる。
- ⑤ 機械部品、構造部材などの表面における除去加工の要否、表面の粗さやうねり、加工によって生じる筋目などを表面性状といい、表面性状パラメータと表面性状の図示記号により指示する。

I-3 先端に集中荷重が負荷された一様な円形断面の片持ちはりを考える。荷重条件を同じとして、はりの長さを2倍に、かつ直径を2倍にしたとき、はりの先端のたわみと、はり付け根部の最大曲げ応力は、元のはりの何倍になるか。次の記述のうち最も適切なものはどれか。

- ① たわみは1/4倍、最大曲げ応力は1/2倍
- ② たわみは1/4倍、最大曲げ応力は1/8倍
- ③ たわみは1/2倍、最大曲げ応力は1/2倍
- ④ たわみは1/2倍、最大曲げ応力は1/4倍
- ⑤ たわみは2倍、最大曲げ応力は1/4倍

I-4 長さ L の両端単純支持はり AB が、図1のようにはりの中央 C 点に集中荷重 P を受けるとき、はり AB 間に生じる曲げモーメント M の線図として、次のうち最も適切なものはどれか。ただし左の端点 A を原点とし、B 端方向を x 軸、下方を y 軸の正の方向とする。また、曲げモーメント M の正の方向は、図2に示すように y 軸方向に凸となる変形とする。

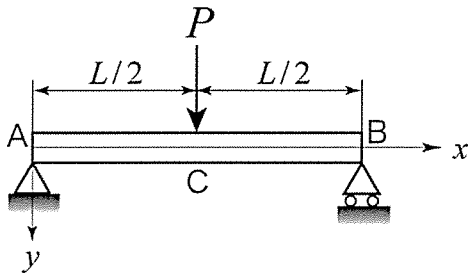


図1

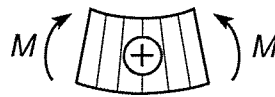
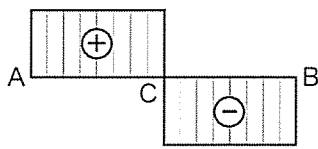
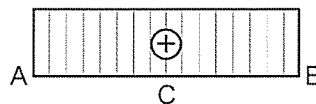


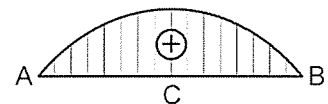
図2



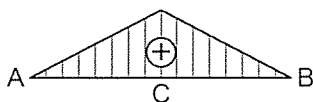
①



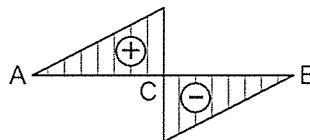
②



③

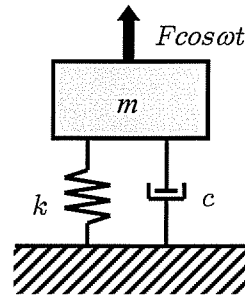


④



⑤

I-5 下図のように、質量 m の質点をばね定数 k のばねと減衰係数 c の減衰要素で支えた 1 自由度振動系に正弦加振力 $F\cos\omega t$ が作用している。ここで F は加振力の振幅、 ω は角振動数、 t は時間である。このとき振動系の減衰比は $0 < \zeta < 1$ とする。この振動系に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。



- ① m が変化すると固有角振動数は変化するが、 k を調整すれば、もとの振動系と同じ固有角振動数にすることができる。
- ② c を大きくすると、振動の振幅が最大となる ω は小さくなる。
- ③ ω を徐々に変化させて振動系の固有角振動数に近づけると、振動系の減衰が小さいとき、振動の振幅は非常に大きくなる。
- ④ 振動系の固有角振動数を超えて ω を増大させると、振動の振幅は 0 以外の一定値に近づく。
- ⑤ c が小さい振動系ほど、 ω を変化させると、振動系の固有角振動数を境にして、応答の位相角は急激に変化する。

I-6 下図に示すような入力 $R(s)$ 、出力 $Y(s)$ のフィードバック系において、 K を開ループゲイン、 $G(s)$ を伝達関数とする。ただし、 s はラプラス演算子である。

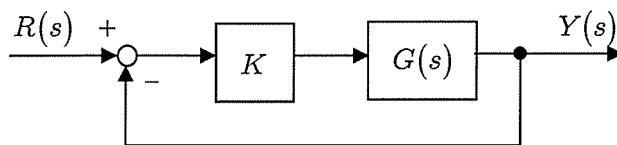
閉ループ伝達関数 $T(s)$ は

$$T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)}$$

であり、伝達関数 $G(s)$ が s の多項式 $N(s)$ 及び $D(s)$ を用いて

$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$$

と表されるとき、フィードバック系の特性方程式として、次のうち最も適切なものはどれか。



- ① $D(s) + KN(s) = 0$
- ② $D(s) + KN(s) = 1$
- ③ $KN(s) = -1$
- ④ $D(s) + KN(s) = -1$
- ⑤ $KN(s) = 0$

I-7 次の(ア)～(オ)の記述のうち、正しい内容の組合せとして最も適切なものはどれか。

(ア) 水車には、衝動水車と反動水車があり、フランシス水車は衝動水車に、ペルトン水車は反動水車に分類される。

(イ) 風力発電で用いられる風車には水平軸形風車と垂直軸形風車があるが、水平軸形風車にはダリウス風車、垂直軸形風車には多翼風車がある。

(ウ) オットーサイクルは、可逆断熱圧縮-可逆等積加熱-可逆断熱膨張-可逆等積冷却からなるサイクルで、火花点火機関の理論サイクルである。

(エ) 貫流ボイラは、蒸気と水の分離用のドラムがなく、高圧用に適しているが、十分に処理された水を用いる必要がある。

(オ) 蒸気タービンには、復水タービンと背圧タービンがあるが、背圧タービンは産業用で動力とともに作業用低圧蒸気を必要とする場合に用いられる。

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

I-8 LNGを燃料とし、ガスタービンの排熱を回収して蒸気タービンを駆動する複合サイクル発電プラントに関する次の(ア)～(オ)の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

(ア) ガスタービン排気のエネルギーを蒸気タービンで有効利用することで、プラント熱効率が向上する。

(イ) 夏場などで大気の色度が上昇すると、それを作動流体とするガスタービンの出力は増大する。

(ウ) ガスタービンと小容量の蒸気タービンの組合せにより、大型の汽力発電所と比べ短時間での起動停止が可能である。

(エ) プラント熱効率向上に有効なガスタービンの高温化に対しては、材料、冷却、コーティングの技術改良が大きく寄与している。

(オ) ガスタービンから排出されるNO_xを低減するには、燃料ガスを瞬時に空気に噴射し、混合しないうちに燃焼させる。

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

I-9 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。

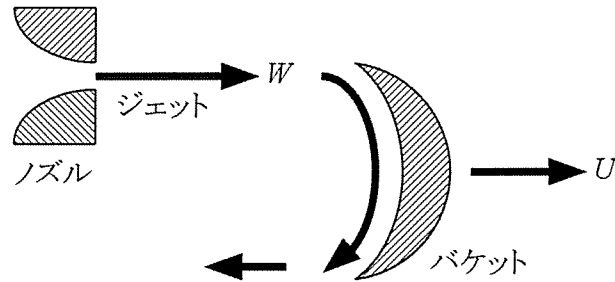
- ① 一般に純物質の熱伝導率は、固体、液体、気体の順に小さくなる。
- ② 温度差のある物体中を伝わる熱流束は、熱伝導率を比例定数として温度勾配に比例する。これをフーリエの法則という。
- ③ 断熱とは、熱の出入りを遮断することによって、管あるいは容器内の物体の温度変化を小さく保つことを目的とし、断熱のために使用される熱伝導率の小さい材料を断熱材という。
- ④ 室温付近の熱伝導率は、銀、銅、アルミニウム、ステンレス鋼、炭素鋼の順に小さくなる。
- ⑤ 液体ナトリウムは、水に比べて熱伝導率が高い。

I-10 熱力学に関する次の(ア)～(オ)の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- (ア) 伝熱の基本形態には、熱伝導、熱伝達、熱放射があり、いずれの形態においても単位時間あたりに伝わる熱量は、伝熱が起こる対象間の温度差に比例する。
- (イ) 熱と仕事は本質的にエネルギーの1つの形態であり、仕事を熱に変えることができ、その逆も可能である。閉じた系では、エネルギー形態が変化しても、系の保有するエネルギーは保存される。
- (ウ) カルノーサイクルは、温度の異なる熱源の間で動作するサイクルの一種であり、等温膨張過程-断熱膨張過程-等温圧縮過程-断熱圧縮過程から構成され、全ての過程が可逆過程である。
- (エ) 逆カルノーサイクルは、可逆熱サイクルの1つである。低温熱源から熱を奪い、高温熱源へ熱を供給する。冷凍機やヒートポンプがこの原理を使用している。
- (オ) ランキンサイクルの熱効率を向上させる方法として、タービンで膨張している途中の蒸気を取り出し、ボイラへの給水を加熱する再熱サイクルが用いられている。

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

I-11 図のようなバケットで構成されたランナを持つ水車を考え、静止したノズルから噴出するジェットの流れを W [m/s]、ジェットに駆動されるランナの周速を U [m/s] とする。このとき、単位質量のジェットからランナが得る仕事 L [J/kg] を与える式として最も適切なものはどれか。ここで、ジェットはランナ周速方向と平行に流入し、ランナ内での水力損失なく転向し、ランナ周速方向と平行に流出するものとする。



- ① $L = WU$ ② $L = 2WU$ ③ $L = (2W - U)U$
 ④ $L = (W - 2U)U$ ⑤ $L = 2(W - U)U$

I-12 ターボ型のポンプ、送風機、圧縮機などを低流量域で使用すると、流量や圧力が周期的に変動し始め、安全な運転が不能になるサージングが生じることがある。このサージングに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① サージングは、管路の抵抗にさからって圧送される流体の柱がターボ機械の脈動により振動する現象である。
 ② サージングでは、数Hz程度の低い周波数の持続的振動が生じる場合がある。
 ③ ポンプのサージングは、流量-揚程曲線が右上がりになる領域で、ポンプと吐出し管路の流量調節弁の間に水槽又は空気だまりがあると生じる場合が多い。
 ④ 圧縮機のサージングは、流量-圧力比曲線が右上がりになる領域で、管路の抵抗特性にかかわらず生じ易い。
 ⑤ サージングの対策の1つに、羽根車になるべく近いところに弁を設置して流れを絞る方法がある。

I-13 工作機械に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 工作機械は、JISでは、「除去加工を行う機械である」と定義されている。
- ② 横フライス盤は、平フライス削り加工を行うことができる。
- ③ ボール盤は、主に穴あけ加工を行う機械であり、平面加工も行うことができる。
- ④ 中ぐり盤は、穴の中ぐり加工とねじ切り加工を行うことができる。
- ⑤ 心なし研削盤は、細くて長い円筒状工作物の研削加工に適している。

I-14 生産管理システムの代表的なものとしてプッシュシステムとプルシステムを挙げることができる。これら2つの生産管理システムに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① プッシュシステムの特徴は、原材料供給者、部品供給者、生産者、顧客に関する情報から詳細なスケジュールを作成し、それに基づいてマテリアルフローを前進させる方式をとることにある。
- ② プルシステムの特徴は、生産のすべての段階において仕掛在庫を低減させることに主眼をおくことにある。
- ③ プッシュシステムがうまく機能するか否かは、生産スケジュールの正確性に依存する。
- ④ プルシステムの特徴は、各工程において、原材料や部品がいつごろどれだけ必要かを予測し、その時点前に必要な量の原材料や部品が到着するように計画することにある。
- ⑤ プッシュシステムにおいて、マテリアルフローをコントロールする方法としてよく知られたものの1つにMRP（Material Requirements Planning：資材所要量計画）がある。プルシステムにおいては、かんばん方式がある。

I-15 車両の走行・運動性能に関する次の記述のうち、最も適切なものはどれか。

- ① 抗力とは、走行中の車両が受ける上下方向に作用する空気力であり、車速の2乗に比例して増加する。
- ② シミーとは、摩擦クラッチや摩擦ブレーキが作動するときにスティックスリップによって発生する駆動系のねじり共振現象である。
- ③ オーバーステアとは、車両が定常円旋回中に車速を上げたとき、旋回半径が大きくなっていく特性である。
- ④ ローリングとは、車両がタイヤ接地面や横風などから横力を受け、鉛直軸周りに回転運動、又は振動する現象である。
- ⑤ ウォーターフェードとは、水たまりを走行する場合などに、ブレーキの摩擦面が水に濡れて制動力が一時的に低下する現象である。

I-16 回転数2400 rpmで一定回転する単気筒4サイクルエンジンがある。図1の振動絶縁装置で支持面に対する上下振動の力の伝達率を100分の1にしたい。装置の固有角振動数を ω_n とすると、振動数に対する力の伝達率は図2のようになる。エンジンの質量を100 kgとした場合、発生振動数 f とばね定数 k との組合せとして、最も適切なものはどれか。

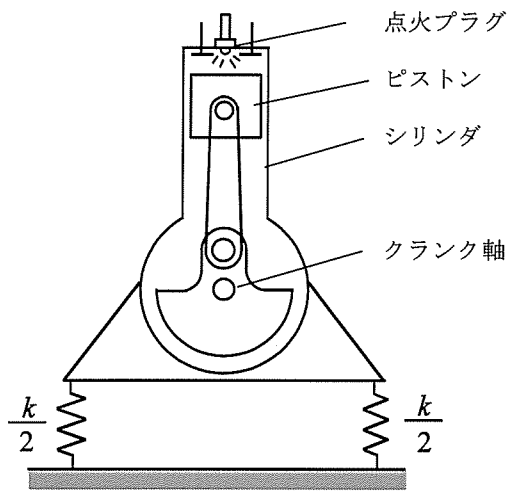


図1

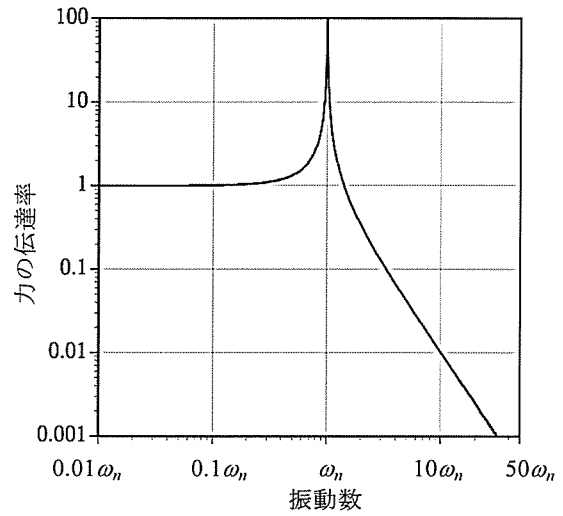


図2

- ① $f = 20\text{Hz}$ $k = 63.2\text{kN/m}$
- ② $f = 40\text{Hz}$ $k = 63.2\text{kN/m}$
- ③ $f = 10\text{Hz}$ $k = 3.94\text{kN/m}$
- ④ $f = 40\text{Hz}$ $k = 35.5\text{kN/m}$
- ⑤ $f = 20\text{Hz}$ $k = 15.8\text{kN/m}$

I-17 左右対称に穴を有し、穴部を除いた表面がすべて平面により構成された物体がある。この物体の平面図が図1、下面図が図2で表されるとき、三角法で表された側面図として最も不適切なものはどれか。ただし、この物体の側面は底面に対して垂直な平面により構成されているものとする。

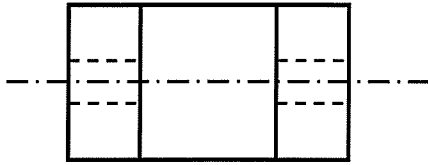


図1

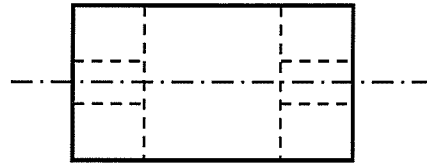
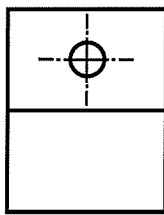
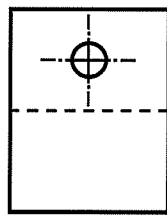


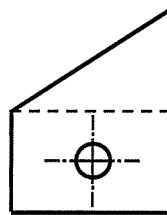
図2



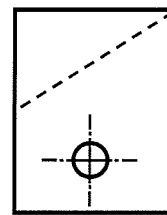
①



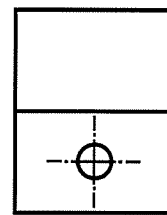
②



③



④



⑤

I-18 アクチュエータに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① 直流サーボモータでは、鉄心に巻き線を施した電機子がい用いられており、定常状態において、発生するトルクは電流に比例し、回転速度は電圧に比例する。
- ② 交流サーボモータは、電気的な駆動回路で整流動作を行うものであり、入力電流の周波数により回転数を制御できる。
- ③ ステッピングモータはパルスモータとも呼ばれ、指令パルスの振幅を変えることにより回転数を制御できる。
- ④ 油圧アクチュエータには、シリンダに代表される直動型のほかに、ベーンモータ、ピストンモータなどの回転型のものがある。
- ⑤ 空気圧シリンダの位置決めはストッパへの当て止め方式が一般的であり、ストローク端点以外での位置決めにはブレーキ機構などと組合せて用いることが必要である。

I-19 一巡伝達関数が安定であるフィードバック制御系の安定性に関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。ただし j は虚数単位を表す記号である。

- ① フィードバック制御システムの閉ループの全ての特性根が複素平面の左半平面にあれば、系は安定である。
- ② 閉ループ伝達関数の特性方程式の係数がラウスの安定条件又はフルビッツの安定条件を満足すれば、系は安定である。
- ③ 閉ループ伝達関数の特性方程式の全ての解の実数部が負であれば、系は安定である。
- ④ 入力信号の角振動数 ω を 0 から ∞ まで変化させて描く一巡伝達関数のナイキスト線図が点 $(-1, j 0)$ を左に見て $\omega \rightarrow \infty$ に至れば、系は安定である。
- ⑤ ゲイン余裕 [dB] と位相余裕 [deg] が両方とも負であれば、系は安定である。

I-20 センサに関する次の記述のうち、最も不適切なものはどれか。

- ① ポテンショメータは、抵抗体上を摺動する要素を有し、抵抗体両端から摺動要素までの抵抗値の比によって摺動要素の位置を求めるセンサであり、通常、D-A変換器を介して制御装置に接続される。
- ② 変位センサとして用いられる光学式リニアスケールには絶対位置を読み取るタイプのものもあり、制御に利用しやすい。
- ③ インクリメンタル方式のロータリエンコーダは、高精度な角変位検出が可能であるが、絶対位置がわからないため、さらに別の目盛りを追加することにより絶対位置を測定する機能を追加したものが開発されている。
- ④ 変位のセンシング法のうち、一般的に最も精度が高いとされているのはレーザ干渉計であるが、レーザ経路の空気の乱れの影響を受ける場合がある。
- ⑤ サーボ加速度センサは、センサ内部の質量が変位しないようにフィードバックを行い、加速度が作用した際に必要なフィードバック信号から加速度を検出するセンサであり、一般に高精度で広いダイナミックレンジでの測定が可能である。