

鉄道設計技士試験

2022年度

専門試験Ⅱ（鉄道車両）問題

公益財団法人鉄道総合技術研究所
鉄道技術推進センター
鉄道設計技士試験事務局

無断転載を禁じます

【記述式】

以下の4問の中から3問を選択し、解答用紙の問題番号を○で囲み、その欄に解答しなさい。

問1

次の文章は、車軸の設計および保守について述べたものである。以下の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 次の文章の()の中に入れるべき最も適切な語句を解答欄①と②に記入しなさい。

車軸の設計は、車体や台車の質量、車輪を介して受けるレールからの反力、(①)装置からの反力、および動軸の場合は(②)装置からの反力により発生する曲げ応力やねじり応力を算出し、その応力と許容応力から得られる疲労安全率を規定以上とする疲労限度設計である。

- (2) 下図は車軸の主な強度評価位置(A～L)を示しており、 F は主要な箇所荷重、 L は主要な箇所の長さを示している。車輪座(図中のC点)のモーメント M_c を、図中の記号を用いて表し、解答欄③に記入しなさい。なお、 M_c は矢印の向きを正とする。

著作権の都合上、省略

- (3) 疲労安全率 Sf は、曲げ応力 Sb およびねじり応力 T を考慮して下式で求められる。なお、 Swb は曲げの許容応力、 Te はねじりの許容応力である。この式を用いて輪座の安全率を計算した結果、設計目標とする安全率を下回った。本式を参考に、設計者としてどうすべきかを30字程度で解答欄④に記述しなさい。

$$Sf = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{Sb}{Swb}\right)^2 + \left(\frac{T}{Te}\right)^2}}$$

- (4) 検修中に、車軸表面にバラストによる打痕を発見した場合、補修において考慮しなければならない点を、30字程度で解答欄⑤に記述しなさい。

問2

次の文章は、空気ばねにより上下支持された車体の運動について述べたものである。以下の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 下図のモデルAは、車体を4か所で上下に支持する空気ばねのうち、1か所の空気ばねについて複数の線形ばねによりモデル化したものである。ここで車体の上下固有振動数の概算値を検討するために、空気ばねモデルの減衰要素を除外したモデルBを考える。モデルBは、複数のばねを1つのばねとして合成することにより、さらにモデルCのように単純化することができる。ここで、 m_B は車体質量、 k_i ($i=2, 3$)はばね定数、 N は空気ばねと補助空気室との容積比を表す。モデルCのばね定数 K_B を k_i ($i=2, 3$)および N を用いて表し、解答欄①に記入しなさい。

- (2) モデルCの上下方向の固有振動数 f_B [Hz]を求め、解答欄②に記入しなさい。ただし、モデルCの固有角振動数 ω_B [rad/s]は m_B と K_B を用いて $\omega_B = \sqrt{\frac{4K_B}{m_B}}$ により算出され、 $m_B=2.48 \times 10^4$ [kg]、 $N=0.373$ 、 $k_2=1.72 \times 10^6$ [N/m]、 $k_3=-2.00 \times 10^4$ [N/m]とする。なお円周率は3.14とし、解答の数値に小数第3位以下がある場合は、小数第3位を切り捨てて小数第2位まで解答しなさい。

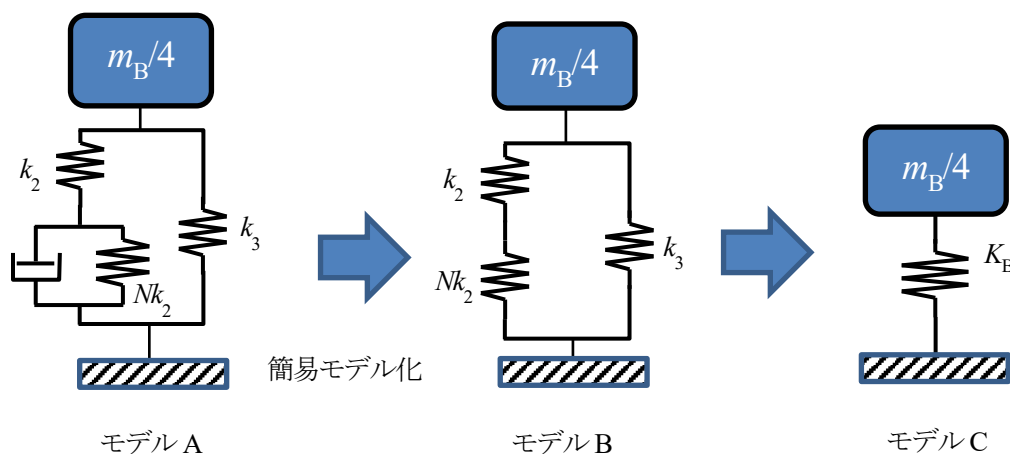


図 1/4 車体と空気ばねのモデル

- (3) 次の文章の()の中に入れるべき最も適切な語句を解答欄③と④に記入しなさい。

日本国内で使用されている自動高さ調整弁は、給排気の際の空気流量特性の違いから以下の2つのタイプに分類され、空気流量特性はともに非線形性を有している。

[JRIS E 4117-1 鉄道車両—自動高さ調整弁—第1部]

この自動高さ調整弁は、中立位置に対して±5 [mm]程度の(③)を有し、給排気の反応時間に0.4～3.0秒程度の遅れを有するタイプである。

[JRIS E 4117-2 鉄道車両—自動高さ調整弁—第2部]

この自動高さ調整弁は、中立位置付近に(④)を設けており、給排気時の反応時間に遅れのないタイプである。

- (4) 自動高さ調整弁の給気および排気の際の空気流量特性に、仮に非線形特性が含まれない場合に生じる車体振動について、25字程度で解答欄⑤に記述しなさい。

問3

次の文章は、ブレーキ性能について述べたものである。以下の (1) ～ (4) に答えなさい。なお、重力加速度は $9.8 \text{ [m/s}^2\text{]}$ 、円周率は 3.14 とする。

- (1) 8両編成 (4M4T、 320.0 [t])、速度 60 [km/h] 、 25.0 [%] の下りこう配において、速度を一定に保つために必要な編成当たりの抑速ブレーキ力 $[\text{N}]$ を解答欄 ① に記入しなさい。ただし、速度 60 [km/h] における走行抵抗は $10,143 \text{ [N]}$ とする。なお、解答の数値に小数第1位以下がある場合は、小数第1位を四捨五入して整数で解答しなさい。
- (2) 踏面ブレーキ装置を使用した1車両に関して、各諸元を下記とした場合、計算される1両当たりの空気ブレーキ力 $[\text{N}]$ を解答欄 ② に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第2位以下がある場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで解答しなさい。

項目	内容	値
F	制輪子摩擦係数	0.2
D	ブレーキシリンダ直径 $[\text{m}]$	0.2
P	ブレーキシリンダ圧力 $[\text{kPa}]$	320
P'	ブレーキシリンダ無効圧力 $[\text{kPa}]$	20
n	ブレーキシリンダ個数	8
E	ブレーキ倍率	3
η	ブレーキ効率	0.9

- (3) 車輪とレール上に動作する粘着力について考える。平たんな直線路上を速度 100 [km/h] で走行する場合において、理論上、滑走を生じさせない最大減速度 $[\text{km/h/s}]$ を解答欄 ③ に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第3位以下がある場合は、小数第3位を四捨五入して小数第2位まで解答しなさい。また、粘着係数 μ は、速度 $V \text{ [km/h]}$ に依存しており以下の式を使用する。

$$\mu = \frac{0.2}{1+0.0059 \times V}$$

- (4) 雨天時など粘着係数が低下すると、解答欄 ③ で求めた減速度を下回るブレーキ力を動作させていたとしても滑走が生じる場合がある。滑走を抑制するための対応策を、50字程度で解答欄 ④ に記述しなさい。ただし、滑走制御を行う内容は除外し、それ以外を記述すること。

問4

次の文章は、直流電気車のVVVFインバータ入力部に設置するLCフィルタの設計に関するものである。以下の(1)～(4)に答えなさい。ただし、図の等価回路に示していない要素は考慮しないで計算すること。

- (1) 入力LCフィルタが抑制対象とするVVVFインバータからのノイズ電流について、発生原因となるVVVFインバータの動作を、20字程度で解答欄①に記述しなさい。
- (2) 図の等価回路を仮定し、VVVFインバータが発生するノイズ電流 I_N [A]が角周波数 ω [rad/s]の正弦波であり、フィルタコンデンサ容量を C [F]、フィルタリアクトルのインダクタンスを L [H]とした場合に、架線へ流出するノイズ電流 I_L [A]を I_N 、 C 、 L 、 ω を用いて表し、解答欄②に記入しなさい。

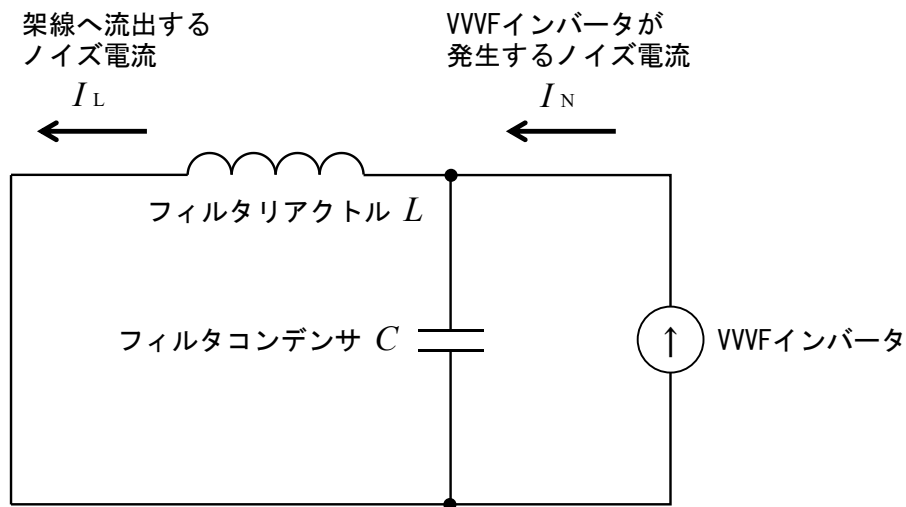


図 VVVFインバータが発生するノイズ電流に関する等価回路

- (3) (2)から導出される入力LCフィルタの共振周波数 f [Hz]を C 、 L を用いて表し、解答欄③に記入しなさい。また、入力LCフィルタの L を 9×10^{-3} [H]、 C を 9×10^{-3} [F]と設計した場合の共振周波数 f [Hz]を算定し、解答欄④に記入しなさい。
- (4) (3)で設計したLCフィルタによって I_L の振幅が I_N の振幅より小さくなるための周波数の条件を解答欄⑤に記入しなさい。なお、解答の数値に小数第2位以下がある場合は、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで解答しなさい。また、円周率は3.14とする。

【 論文式 】

4 問の中から 1 問を選択し、解答用紙に選択した問題の番号を記入の上、400 字詰め解答用紙 4 枚以内で解答しなさい。

問 1

近年、日本国内では地震による新幹線の脱線が発生しており、地震発生時の脱線メカニズムの研究や脱線に対する対策が検討されてきた。一般的な車輪・レール系の鉄道に関し、以下の 3 点について具体的に記述しなさい。

- ① 車両の挙動を中心に、地震時の脱線メカニズムについて述べなさい。
- ② ①のメカニズムを踏まえ、脱線を防止する技術について述べなさい。
- ③ ②以外に車両の被害をより小さくするために考えられる技術を述べなさい。なお、解答については車両側の技術を基本とするが、地上側の技術を含めても良い。

問 2

鉄道車両の車体（構体）に使用される材料は、木製構体から始まり、速度向上や安全性向上の要求により、1930 年代には鋼製構体となった。1960 年代にはアルミニウム合金製構体とステンレス鋼製構体が実用化され、近年ではこれら 2 種類の構体が主流となっている。アルミニウム合金製構体およびステンレス鋼製構体について以下の問いに関し、以下の 3 点について具体的に記述しなさい。

- ① 鉄道車両用構体に用いられる材料について、炭素鋼材に対するアルミニウム合金材のメリットとデメリット、炭素鋼材に対するステンレス鋼材のメリットとデメリットをそれぞれ述べなさい。
- ② アルミニウム合金製構体またはステンレス鋼製構体のいずれかを選択し、①の材料の特徴と関連付けて、車両構体構造と接合方法の特徴を述べなさい。
- ③ 鉄道車両のライフサイクルコスト（新製時、運用時、リサイクル）について、鋼製構体、アルミニウム合金製構体およびステンレス鋼製構体を比較しながら述べなさい。

問 3

ブレーキ装置に実装される滑走制御に関して、以下の 3 項目について具体的に記述しなさい。

- ① 滑走の発生メカニズムおよび滑走制御の必要性
- ② 滑走制御手法を 1 つ以上挙げ、その手法の特徴
- ③ 滑走制御の設計および評価で留意すべき点

問 4

近年、付加価値の高い 2 種類の新たな主電動機として、A：永久磁石同期電動機、B：多極の誘導電動機（6 極以上のタイプ）の導入や検討が行われている。鉄道車両の新規設計時に、A または B の主電動機の導入を検討する場面を想定して、以下の 3 項目について具体的に記述しなさい。なお、従来技術との比較を行う場合は、4 極の誘導電動機とこれに適した主回路構成を比較対象とすること。

- ① 新規設計する鉄道車両の種類を 1 つ挙げ、その主電動機への要求仕様
- ② 新たな主電動機 A または B のいずれかを選択し、それについての一般的な特徴と利点
- ③ ①に適用することを想定して、②で選択した主電動機を運用する際の効果と課題

2022 年度 鉄道設計技士試験 専門試験Ⅱ（鉄道車両）【記述式】 解答

- 問 1 (1)① ブレーキ、② 駆動
(2)③ $M_c = F_0(L_3 + L_4) - F_1 L_4$
(3)④ 車軸径を拡大し、曲げ応力、ねじり応力を低減させる。
(4)⑤ 車軸強度が低下するため、補修する際は熱を過大に与えないようにすること。
- 問 2 (1)① $K_B = \frac{N}{N+1}k_2 + k_3$
(2)② 1.35[Hz]
(3)③ 不感帯、④ 微小流量帯
(4)⑤ 車体がロール方向にハンチングを起こしやすくなる。
- 問 3 (1)① 68,257 [N]
(2)② 40,694.4 [N]
(3)③ 4.44 [km/h/s]
(4)④ 編成全体の粘着力を最大限活用するために、編成前方のブレーキ力を弱めて、編成後方のブレーキ力を強める。
- 問 4 (1)① 電力用半導体のスイッチング動作
(2)② $I_L = \frac{I_N}{1-\omega^2 LC}$
(3)③ $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ 、④ 17.7 [Hz]
(4)⑤ 25.0 [Hz]より大

(注) 上記以外にも正解のある場合があります。