

鉄道設計技士試験

2024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

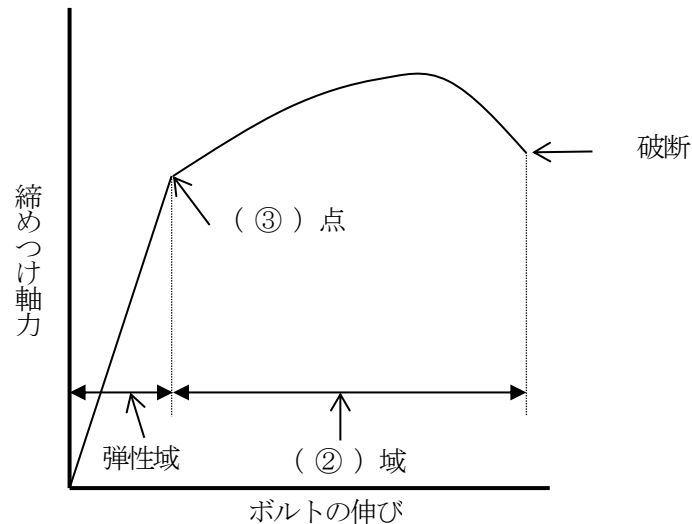
【記述式】

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、ねじ締結について述べたものである。以下の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) JIS B 1051 : 2014「炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質—強度区分を規定したボルト、小ねじ及び植込みボルト—並目ねじ及び細目ねじ」によると、六角ボルトには、頭部に「8.8」と表示されたものがある。この「8.8」の表示のあるボルトの引張強さは800[MPa]（呼び値）である。このときの耐力の値[MPa]（呼び値）を解答欄①に記入しなさい。
- (2) 下図はボルトの伸びと締めつけ軸力の関係を表した図である。図中の（ ）に入れるべき最も適切な語句を解答欄②と③に記入しなさい。



- (3) 上図の（②）域の領域でボルトを締めつけると安定した軸力管理が行えるメリットがあるが、ボルトの再使用には制限が設けられている。再使用を制限している理由を、25字程度で解答欄④に記述しなさい。
- (4) ボルトのゆるみには、ボルトがゆるみ方向に回転して軸力が抜ける「回転ゆるみ」と、ボルトは回転せずに軸力が抜ける「非回転ゆるみ」とがある。2つの物体をボルトで締結する場合に「非回転ゆるみ」を防止するための締結面への配慮について、30字程度で解答欄⑤に記述しなさい。

問2

次の文章は、一般的な旅客車両のまくらばね（2次ばね）の上下方向の特性について述べたものである。以下の(1)～(4)に答えなさい。ただし、旅客車両のばね上質量（まくらばねより上側の質量の総和）は、1両あたり空車時 28 [t]、定員乗車時 36 [t]で、質量は均一に分布している。なお、軸ばね（1次ばね）など、まくらばね以外のばね要素の影響は無視し、ばね上質量 m [kg] とばね（ばね定数 k [N/m]）で構成される系の上下並進モードの固有周波数 f [Hz] は、ばねの種類を問わず式(1)で与えられるものとする。

また、計算過程において必要な場合は、 $\sqrt{2} = 1.41$ 、 $\sqrt{3} = 1.73$ 、 $\sqrt{5} = 2.24$ 、 $\sqrt{7} = 2.65$ 、 $\pi = 3.14$ とし、重力加速度は 9.81 [m/s²] を使用すること。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \dots \dots \dots \text{式(1)}$$

【車両のまくらばねにコイルばねを使用した場合】

- (1) この車両のまくらばねにコイルばねが使用され、コイルばねの上下方向のばね定数が 1 両あたり 4.0×10^6 [N/m] 一定であるとき、定員乗車時に対する空車時の車体高さの上昇量 [mm] を求め、解答欄①に記入しなさい。ただし、コイルばねの変位と力は、フックの法則に従うものとし、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位まで解答すること。
- (2) (1)のまくらばねの条件で、ばね上質量とまくらばねで構成される系の上下並進モードの空車時の固有周波数は、定員乗車時の固有周波数に対して何倍になるか、解答欄②に記入しなさい。ただし、解答の数値に小数第3位以下がある場合は、小数第3位を四捨五入して小数第2位まで解答すること。

【車両のまくらばねに空気ばねを使用した場合】

- (3) この車両のまくらばねに空気ばねおよびそれに付帯する装置が使用され、正しく機能している場合、(1)に示したコイルばねを用いた場合とは異なり、旅客の乗車人員によらず車体高さはほぼ一定に保たれる。車体高さを一定に保つ機能を果たす弁の名称を解答欄③に記入しなさい。
- (4) 空気ばねの上下方向のばね定数は、有効受圧面積変化率を十分小さいものとして無視すると、近似的に式(2)で与えられる。空気ばねをまくらばねとして使用すると、(2)に示したコイルばねを用いた場合とは異なり、ばね上質量が変化してもばね上質量とまくらばねで構成される系の上下並進モードの固有周波数はほぼ変化しない。その理由を、式(2)および式(1)を参考にして、100字程度で解答欄④に記述しなさい。ただし、空気ばね内圧は、ばね上質量に比例するものとする。

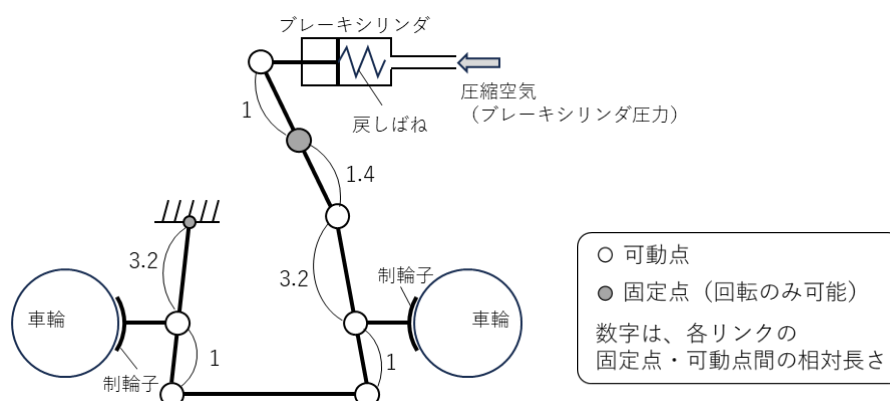
$$\frac{\kappa A_o^2 P_o}{V_a + V_b} \quad \dots \dots \dots \text{式(2)}$$

ただし、 κ ：ポリトロプ指数、 A_o ：空気ばねの有効受圧面積、 P_o ：(標準状態における) 空気ばねの内圧、 V_a ：空気ばね本体の内容積、 V_b ：補助空気室の内容積とする。

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 $9.8[\text{m/s}^2]$ とする。

- (1) ブレーキシリンダ 1 個につき下図に示すリンク機構によって 2 個の制輪子を動作させる踏面ブレーキ装置を考える。この踏面ブレーキ装置のブレーキ倍率 (制輪子押付力の総和とブレーキシリンダが発生する力との比) を求め、解答欄①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。



- (2) 上図の踏面ブレーキ装置を 2 組備えた台車を 2 台もつ下記の諸元の車両の積車ブレーキ率 [%] を求め、解答欄②に記入しなさい。なお、下記の諸元の (①) は(1)で求めたブレーキ倍率とし、解答の数値に小数第 1 位以下がある場合は、小数第 1 位を切り捨て、整数で解答しなさい。また、ここではブレーキシリンダの戻しばねの影響は考えないものとし、铸铁制輪子換算率に適用する铸铁制輪子の摩擦係数は 0.15 とする。

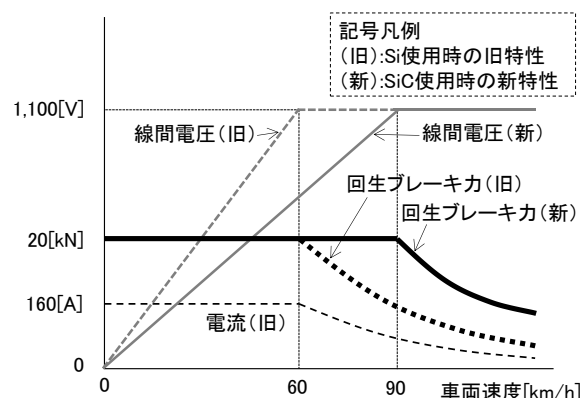
項目	単位	諸元	備考
空車車両重量	t	32.3	
定員 (乗務員を含む)	人	140	1 人あたりの重量は 55 [kg] とする
ブレーキ倍率	-	(①)	ブレーキシリンダ 1 個あたり
ブレーキシリンダ面積	cm^2	180	
ブレーキシリンダ圧力	kPa	350	
ブレーキシリンダ个数	個	4	1 両あたり
制輪子摩擦係数	-	0.3	合成制輪子

- (3) 上記の諸元の車両で期待される減速度 $[\text{km/h/s}]$ を求め、解答欄③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、ブレーキシリンダの戻しばねの力を 0.3 [kN]、力の伝達効率を 0.8 とし、ここでは慣性係数を考慮しないものとする。
- (4) 上記の諸元の車両の積車ブレーキ率を向上しようとするとき、考えられる方策と、その方策を適用するにあたって注意すべき点を、50 字程度で解答欄④に記述しなさい。

問4

VVVF インバータによって誘導電動機（駆動用の三相誘導電動機）を制御する場合について、以下の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 誘導電動機を VVVF インバータで駆動する方式が、直流電動機を抵抗制御で駆動する方式と比較して、省エネルギー性に優れる理由を解答欄①に、省保守性に優れる理由を解答欄②に、それぞれ 50 字程度で記述しなさい。
- (2) 誘導電動機を駆動する VVVF インバータの出力電圧周波数（基本波の周波数） F_i [Hz]を、誘導電動機の回転数 N [rpm]、極数 P 、すべり周波数 F_s [Hz]を用いて表し、解答欄③に記入しなさい。
- (3) VVVF インバータへの適用が拡大しつつあるフル SiC パワーモジュール（トランジスタとダイオードの双方に SiC を適用した電力用半導体）の損失低減には、トランジスタとダイオードが従来とは異なる種別であることが寄与している。SiC を適用したトランジスタの種別を表す名称を解答欄④に、ダイオードの種別を表す名称を解答欄⑤に記入しなさい。
- (4) VVVF インバータを Si 適用から SiC 適用に更新し、さらに誘導電動機の特性を更新したことによって回生ブレーキの動作領域が拡大した。この更新による誘導電動機 1 台当たりの回生ブレーキ力、誘導電動機の線間電圧と電流の変化を下図に示す。誘導電動機の軸入力パワーの最大値は更新によって何倍となったか、解答欄⑥に記入しなさい。また、更新後の速度 60 [km/h]における誘導電動機の電流値を概算し、解答欄⑦に記入しなさい。ただし、速度 60 [km/h]における誘導電動機の力率と効率は、更新の前後で同一とする。



【 論文式 】

以下の 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

鉄道の衝突安全性について以下の 3 項目について、具体的に述べなさい。

- ① 我が国の鉄道における衝突に対するアクティブセーフティとパッシブセーフティの取り組み
ここで、アクティブセーフティは、衝突事故を未然に防ぐという考え方で、パッシブセーフティは、万が一、衝突事故が発生した場合に被害を最小限に抑えるという考え方である。
- ② 1990 年代以降の鉄道車両の耐衝突構造と、その性能評価の注意点
- ③ 普通自動車（普通自動車免許で運転できる自動車）と比較した場合の鉄道車両の客室内 2 次衝突の相違点とその課題

問2

鉄道事業者が新たに特急用車両を導入した。その車両の振動および乗り心地（曲線乗り心地を含む）を評価するため、完成した新車両を用いた走行試験を営業運転開始前に計画した。

以下に示す【走行線区】A～Dの中から評価対象とする走行線区を2線区以上選択し、解答用紙の1行目に選択した線区名を明記しなさい。

そのうえで、以下に示す【前提条件】【車両条件】のもと、以下の①～③について具体的に答えなさい。

- ① 走行試験を行うにあたり、選択した走行線区において乗り心地の観点で注意すべき区間を挙げられるだけ
列挙し、その各区間において発生が予測される車両の運動ないし振動をそれぞれ具体的に述べなさい。
- ② 振動および乗り心地評価を行う対象車両を10両から3両選択するとした場合、どの号車を選択すること
が合理的であると考えられるか。選択する号車およびその選択理由を述べなさい。
- ③ 走行試験において車体の加速度を測定する際、加速度センサの設置位置（車内における測定位置）と各位
置におけるセンサの感度軸の方向（測定する加速度の方向）について述べなさい。また、乗り心地を評価
するために使用する加速度センサに求められる性能（測定可能な加速度の大きさと周波数の範囲）、およ
びその性能が必要な理由を、極力具体的な数値を挙げて述べなさい。

【前提条件】

- ・当該列車は選択した走行線区のみを直通運転し、進行方向は走行試験計画時に自由に選択できる。
- ・列車の加減速は適切に行われるものとし、前後方向の振動については測定・評価を省略する。
- ・走行安全性等、振動と乗り心地以外の評価項目は考慮しないものとする。

【車両条件】

特急列車は下表に示す10両編成の座席車で、5号車のみ割増料金を必要とする特別車両である。

表 特急列車の車両諸元

項目	諸元
種別・編成	特急車両（10両編成・特別車両1両含む） 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 特別車両 (数字は号車を示す)
台車・軌間	空気ばねボルスタレス台車（左右動ダンパ・ヨーダンパあり）、軌間1,067[mm]
車体構造	ダブルスキン構造の標準的なアルミニウム合金製車体
車体傾斜装置	なし
振動制御装置	特別車両のみ左右振動制御装置を搭載
備考	両先頭車以外の普通車中間車両はほぼ同一の車両振動特性を有する

【走行線区】

（線区名A～Dの中から2線区以上選択し、選択した線区記号を解答用紙の1行目に記入する）

線区名	分類・最高速度	線区の地上設備の特徴・状況、運転条件等
A	複線・幹線区間 120[km/h]	主にロングレールが使用され、軌道整備状況は概ね良好。
B	単線・幹線区間 130[km/h]	高規格な地上設備で構成され、主にロングレールが使用され軌道整備水準は非常に高い。山間部を高速走行し、かつ距離の長い単線トンネルが複数存在する。特急通過駅はすべて1線スルー化されている。
C	単線・幹線区間 100[km/h]	曲線半径300[m]程度の曲線が連続する区間（S字曲線も含む）がある。今回の新型特急車両については、この区間の曲線通過速度を引き上げる方向で見直す計画がある。
D	単線・非幹線区間 85[km/h]	軌道整備状況は線区A～Cよりかなり劣る。定尺レールが使用され、木まくらぎの区間も多く、レール継ぎ目部では継ぎ目落ちも散見される。

問3

鉄道車両のブレーキにかかわる3つの不具合事象の事例(a)～(c)の中から1つを選択し、解答用紙の1行目に選択した不具合事象の事例の記号を明記しなさい。そのうえで、以下の①～③について具体的に述べなさい。

なお、対策については、車両における技術上の対策を対象とする。

- ① 推定される事象の要因
- ② 上記①で推定した要因を防止するための対策
- ③ 上記②の対策を実行したときに残り得るまたは新たに生じ得る懸念事項

【不具合事象の事例】

- (a) 駅進入時に運転士が、窓外の車両床下から焦げたような異臭を感じた。停車後に確認のためブレーキを操作したところ、圧力計の表示は正常であったが、ブレーキ緩解時、先頭台車で車輪に制輪子が密着したままの部位があった。
- (b) 降雪があり、線路内に積雪があるときに、駅で停止するために運転士がブレーキを操作したところ、想定する減速度が得られず、所定の停止位置を過走した。
- (c) 雨天時に、運転士がブレーキを操作したところ、想定する減速度が得られず常用最大ブレーキまでノッチを上げた。さらに特殊信号発光機の現示を確認し、非常ブレーキを操作したが減速度が低下し、踏切内に停止した。

問4

2050年のカーボンニュートラルに向けて有効と考えられる取り組みに関して、以下の3項目について具体的に述べなさい。

- ① 電化区間の車両に関する技術的な取り組みとその有効性および課題
- ② 非電化区間の車両に関する技術的な取り組みとその有効性および課題
- ③ 鉄道車両以外の分野と連携して行う鉄道車両に関する技術的な取り組みとその有効性および課題

2024 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)① 640 [MPa]
(2)② 塑性、③ 降伏
(3)④ ボルトを締め付ける度に変形していずれ破断するから。
(4)⑤ さび等の異物が介在しないように締結面をきれいにする。
- 問 2 (1)① 19.6 [mm]
(2)② 1.13 倍
(3)③ 高さ調整弁
(4)④ 式(2)において、空気ばね内圧 P_o はばね上質量 m に比例し、それ以外は定数のため、空気ばねのばね定数 k は質量 m に比例して増減する。したがって、式(1)の分子／分母は一定になるため、固有周波数は定数となり変化しない。
- 問 3 (1)① 6.0
(2)② 77 [%]
(3)③ 3.1 [km/h/s]
(4)④ 摩擦係数の高い制輪子に変更する場合、車輪踏面への損傷に注意する。
- 問 4 (1)① 電圧制御に損失を生じる抵抗器を用いないため、特に低速域において損失が低減するため。
② 誘導電動機には直流電動機のようなブラシや整流子が無く、これらの保守が不要となるため。
(2)③ $F_i = (N/60) \times (P/2) + F_s$ [Hz]
(3)④ SiC-MOSFET、⑤ SiC-SBD
(4)⑥ 1.5 倍、⑦ 240 [A]

(注) 上記以外にも正解のある場合があります。