

鉄道設計技士試験

2024年度

専門試験Ⅱ（鉄道土木）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、緩和曲線について述べたものである。()の中に入れるべき適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。なお、計算で用いる三角関数の値は、以下の表の値を用いるものとし、円周率 π は 3.14 とする。また、解答の数値に小数第4位以下がある場合は、小数第4位を四捨五入して小数第3位まで解答しなさい。

表 計算で用いる三角関数の値

| θ | 0 | $\frac{\pi}{6}$ | $\frac{\pi}{4}$ | $\frac{\pi}{3}$ | $\frac{\pi}{2}$ | $\frac{2}{3}\pi$ | $\frac{3}{4}\pi$ | $\frac{5}{6}\pi$ | π |
|---------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------|
| $\sin \theta$ | 0 | 0.5 | 0.71 | 0.87 | 1 | 0.87 | 0.71 | 0.5 | 0 |
| $\cos \theta$ | 1 | 0.87 | 0.71 | 0.5 | 0 | -0.5 | -0.71 | -0.87 | -1 |

- (1) 「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」の解釈基準において、緩和曲線は、当該曲線を走行する車両の固定軸距等に応じ、以下に適合するものであることとされている。

普通鉄道（新幹線を除く。）の緩和曲線の長さは、次式により計算して得た数値以上とする。

- (ア) 当該曲線を走行する車両の最大固定軸距が 2.5 [m]を超える区間

$$L = (\text{①}) C_m$$

- (イ) 当該曲線を走行する車両の最大固定軸距が 2.5 [m]以下の区間

$$L = (\text{②}) C_m$$

ここで、 L ：緩和曲線の長さ[m]

C_m ：実カント[m]

(2つの円曲線の間に緩和曲線を挿入する場合は、それぞれの実カントの差)

この式は、時刻歴シミュレーション、輪重横圧推定式、推定脱線係数比算定式による車両の走行安全性評価の結果、軌道面のねじれによる (③) が走行安全性の目安値である 80 [%]よりも大きくなることを考慮したものである。

(次ページにつづく)

緩和曲線には、曲率を直線的に変化させる直線てい減緩和曲線および曲線的に変化させる曲線てい減緩和曲線がある。直線てい減緩和曲線を 3 次放物線、曲線てい減緩和曲線をサイン半波長てい減緩和曲線とする。曲線半径を R 、緩和曲線の始点を BTC、円曲線の始点を BCC と表したとき、緩和曲線の座標系は、図 1 の通りである。

3 次放物線緩和曲線の任意の点 x において、

$$\text{曲率} : \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \cdot \frac{x}{X} \quad , \quad \text{接線角} : \theta = \frac{x^2}{2RX} \quad , \quad \text{縦距} : y = \frac{x^3}{6RX}$$

で表され、サイン半波長てい減緩和曲線の任意の点 x において、

$$\text{曲率} : \frac{1}{\rho} = \frac{1}{2R} \left(1 - \cos \frac{\pi}{X} x \right) \quad , \quad \text{接線角} : \theta = \frac{1}{R} \left(\frac{x}{2} - \frac{X}{2\pi} \cdot \sin \frac{\pi}{X} x \right) \quad ,$$

$$\text{縦距} : y = \frac{x^2}{4R} - \frac{X^2}{2\pi^2 R} \left(1 - \cos \frac{\pi}{X} x \right)$$

で表される。

また、以下では $R=1,500$ [m]、 $X=90$ [m] とする。

(2) 図 2 の点 A において、

- ・ 3 次放物線緩和曲線の縦距は (④) [m] である。
- ・ サイン半波長てい減緩和曲線の曲率は、 $1 /$ (⑤) [m] である。

(3) 図 2 の点 B において、サイン半波長てい減緩和曲線の接線角は (⑥) [rad] である。

(4) 図 2 の点 B において、サイン半波長てい減緩和曲線の接線角と、3 次放物線緩和曲線の接線角とを比較すると、3 次放物線緩和曲線の接線角は、サイン半波長てい減緩和曲線の接線角の (⑦) 倍である。

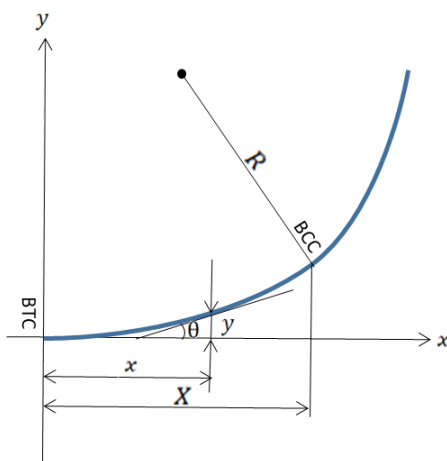


図 1

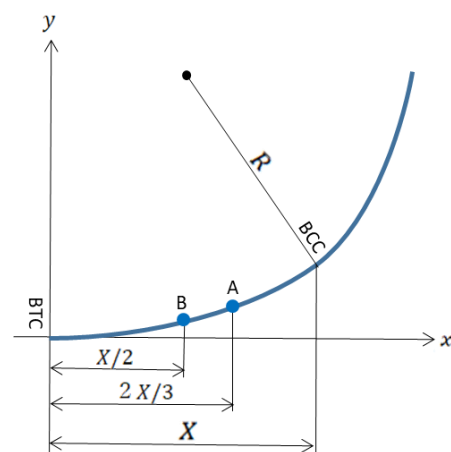


図 2

問2

次の文章は、軌道支持ばねについて述べたものである。()の中に入れるべき最も適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。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。

バラスト軌道を想定したレール支点支持ばねの構成を図1に示す。レール支点支持ばねの係数 D_V は、まくらぎ1本に対する片レールを単位深さだけ沈下させる荷重の大きさとして定義され、PCまくらぎが用いられている場合、一般的に軌道パッドばね、まくらぎ1本に対する片レールあたりの道床ばね、まくらぎ1本に対する片レールあたりの路盤ばねが直列であるとして求められる。表1にバラスト軌道を構成する軌道部材の諸元を示す。

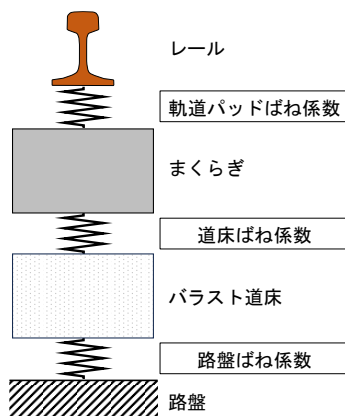


図1 バラスト軌道を想定したレール支点支持ばねの構成

表1 バラスト軌道を構成する軌道部材の諸元

| 軌道構造 | | 変数または係数 | | 値 |
|------|--------|-----------|----------|-------------------------|
| まくらぎ | PCまくらぎ | まくらぎ幅 | B | 240 [mm] |
| | | まくらぎ長さ | L | 2,000 [mm] |
| | 軌道パッド | 軌道パッドばね係数 | D_P | 110 [kN/mm] |
| 路盤 | 砕石路盤 | 地盤反力係数 | K_{30} | 70 [MN/m ³] |

- (1) バラスト軌道内に作用する力の分散を図2に示す。式(1)より、まくらぎ1本に対する片レールあたりの道床ばね係数 D_B は、(①) [MN/m]となる。なお、式(1)には図2中に示す値を用いること。

$$D_B = \frac{30,000}{h_B + 10} + 65 \quad \text{式(1)}$$

ここに、 h_B : 道床厚 [mm]

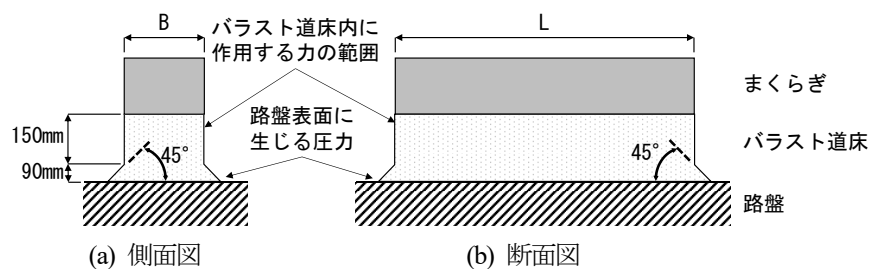


図2 バラスト軌道内に作用する力の分散

(次ページにつづく)

(2) 図2より、路盤表面に生じる圧力の分布面積 S_B は(②) [m²]となる。

(3) 式(2)より、まくらぎ1本に対する片レールあたりの路盤ばね係数 D_S は、(③) [MN/m]となる。ここで、路盤表面に生じる圧力の分布面積の範囲は、道床厚に依存する傾向がある。そこで、路盤ばね係数を算定する際には、 S_B に対して表2に示す補正係数を乗じた補正後の分布面積 S'_B を用いる。なお、表2に示されていない道床厚については、線形補間を用いて補正係数を求めること。

$$D_S = \frac{K_S \times S'_B}{2} \quad \text{式 (2)}$$

ここに、 K_S : 初期地盤反力係数 [MN/m³]

$$K_S = \frac{2 \times K_{30}}{2.2}$$

K_{30} : 地盤反力係数 [MN/m³]

表2 路盤表面に生じる圧力の分布面積に係る補正係数

| | 道床厚 [mm] | | | |
|------|----------|-----|-----|-----|
| | 150 | 200 | 250 | 300 |
| 補正係数 | 4.4 | 3.2 | 2.6 | 2.3 |

(4) 以上より、レール支点支持ばねの係数 D_V は、(④) [MN/m]となる。

問3

次の文章は、鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物、令和5年1月）による安全性（常時の走行安全性）、使用性（乗り心地）の照査について述べたものである。（ ）の中に入れるべき最も適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。なお、②から⑤については、解答の数値に小数第4位以下がある場合は、小数第4位を四捨五入して小数第3位まで解答しなさい。⑥、⑦については、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。

- (1) コンクリート構造単純桁について、桁のたわみによる安全性（常時の走行安全性）、使用性（乗り心地）の照査をするための設計応答値と設計限界値を算定する。車両条件は新幹線とする。

設計作用のうち、衝撃荷重 I の特性値は、列車荷重 L の特性値に設計衝撃係数 i を乗じた値となる。単線を支持する部材の安全性の照査に用いる設計衝撃係数 i は、速度効果の衝撃係数 i_α と車両動揺の衝撃係数 i_c から、式 (1) により求める。

$$i = (1 + i_\alpha)(1 + i_c) - 1 \quad \text{式 (1)}$$

ここに、

i_α : 速度パラメータ α 、車両形式、車両長 L_v 、部材のスパン L_b の条件から動的シミュレーションの結果に基づく図1のグラフを用いて求めた値

$$\alpha = \frac{V}{7.2 \cdot n \cdot L_b}$$

V : 列車の最高速度 [km/h]

n : 部材の基本固有振動数 [Hz] で、

$$\text{単純支持梁の場合} \quad n = \frac{\pi}{2 \cdot L_b^2} \sqrt{\frac{EI \cdot g}{D}}$$

EI : 桁の曲げ剛性 [$\text{kN} \cdot \text{m}^2$]

g : 重力加速度 [m/s^2]

D : 桁の単位長さあたりの死荷重 [kN/m]

$i_c = 10 / (65 + L_b)$ (L_b はスパン長 [m])

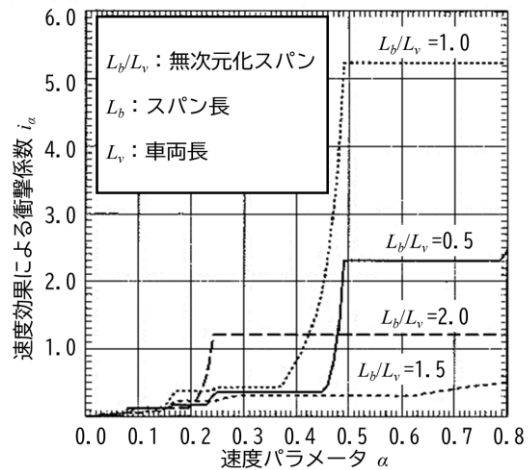


図1 速度パラメータ α と
速度効果の衝撃係数 i_α との関係

図1のグラフより、速度パラメータ α が大きいほど、速度効果の衝撃係数 i_α は大きくなることから、設計衝撃係数 i は、最高速度 V が大きいほど大きくなるといえる。また、設計衝撃係数 i は、桁の曲げ剛性 EI が (①) ほど大きくなる。

- (2) 照査対象の桁の条件は以下とする。

線路本数：複線、連数：複数連、スパン長： $L_b = 24.0$ [m]、設計速度： $V = 260$ [km/h]、

車両長 $L_v = 25$ [m]、部材の基本固有振動数 $n : 4.018$ [Hz]

このとき、速度パラメータ α を求めると (②) となり、速度効果の衝撃係数 i_α は 0.621 となった。また、車両動揺の衝撃係数 i_c を求めると 0.112 となることから、単線を支持する部材の安全性の照査に用いる設計衝撃係数 i を求めると (③) である。

(次ページにつづく)

- (3) 安全性（常時の走行安全性）、使用性（乗り心地）について、桁のたわみの設計応答値を求めるための設計衝撃係数は、単線を支持する部材の安全性の照査に用いる設計衝撃係数 i に、照査する要求性能や載荷線数に応じて低減係数 β を乗じて求める。桁に列車荷重 L 、衝撃荷重 I とを載荷してたわみを算定する。要求性能、載荷線数、低減係数 β 、設計衝撃係数 i 、桁のたわみの設計応答値は表 1 のような関係となった。

表 1 要求性能ごとの載荷線数、低減係数 β とそれを用いて算定した
設計衝撃係数 i 、桁のたわみの設計応答値

| 要求性能 | 載荷線数 | 低減係数 β | 設計衝撃係数 i | 桁のたわみの 設計応答値 |
|-------------------|------|---|------------|-----------------|
| 安全性 (破壊等) | 単線 | | (③) | |
| 安全性 (常時の走行安全性) | 複線 | $\beta = 1 - \frac{L_b}{200}$ ($L_b \leq 80$ [m]) | (④) | 10.6 [mm] |
| 使用性 (乗り心地) | 単線 | $\beta = 0.75$ | (⑤) | 6.0 [mm] |

L_b はスパン長[m]

- (4) 安全性（常時の走行安全性）、使用性（乗り心地）について、設計たわみの設計限界値は要求性能、連数、最高速度 V 、スパン長 L_b の条件から、表 2 の算定式を適用する。

表 2 桁のたわみの限界値

| 要求性能 | | 安全性（走行安全性） | | 使用性（乗り心地） | |
|------|--------------------|----------------|----|----------------|-------------|
| 連数 | 最高速度 V [km/h] | スパン長 L_b [m] | | スパン長 L_b [m] | |
| | | 20 | 30 | 20 | 30 |
| 単連 | 260 | $L_b/700$ | | $L_b/2,200$ | $L_b/1,700$ |
| | 300 | $L_b/900$ | | $L_b/2,800$ | $L_b/2,000$ |
| | 360 | $L_b/1,100$ | | $L_b/3,500$ | $L_b/3,000$ |
| 複数連 | 260 | $L_b/1,200$ | | $L_b/2,200$ | $L_b/1,700$ |
| | 300 | $L_b/1,500$ | | $L_b/2,800$ | $L_b/2,000$ |
| | 360 | $L_b/1,900$ | | $L_b/3,500$ | $L_b/2,800$ |

安全性（常時の走行安全性）から定まる桁のたわみの設計限界値は（ ⑥ ） [mm]である。

使用性（乗り心地）から定まる桁のたわみの限界値は、算定式が変わる領域にスパン長 L_b があるため、線形補間により算定することとした。スパン長 20 [m] に対する設計限界値が 9.1 [mm]、スパン長 30 [m] に対する設計限界値が 17.6 [mm]であることから、線形補間すると、照査対象の桁の設計限界値は（ ⑦ ） [mm]である。

問4

次の文章は、鉄道構造物等設計標準・同解説（基礎構造物、平成24年1月）における橋脚基礎の線路直角方向の水平安定の照査について述べたものである。（ ）の中に入れるべき最も適切な語句または数値を解答欄に記入しなさい。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、同一番号の（ ）には同一の語句または数値が入るものとする。

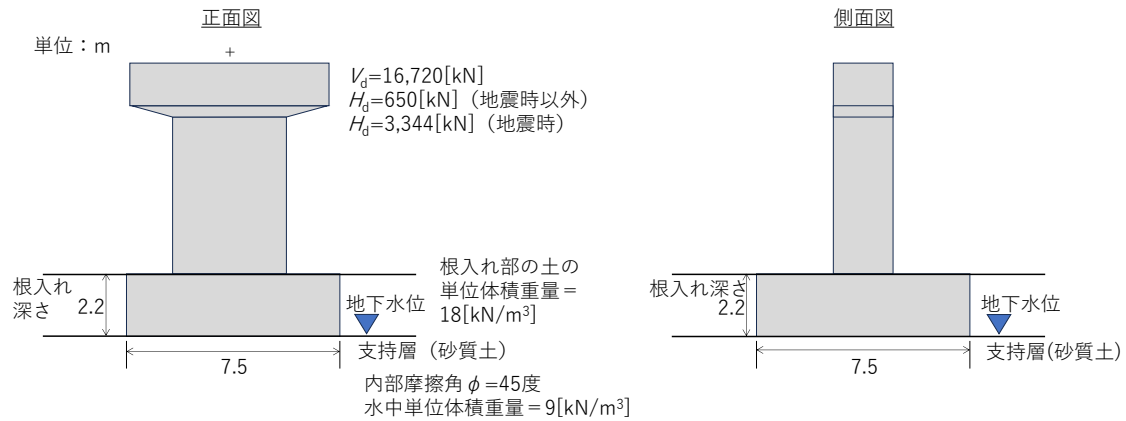


図1 検討対象の橋脚

- (1) 図1に示す基礎は浅い位置に良質な支持層がある場合に用いられる（①）基礎と呼ばれる基礎形式である。
- (2) 砂、砂礫層の場合、N値が（②）以上あれば良質な支持層とみなすことができる。
- (3) 地震時以外の検討でフーチング前面の水平支持を考慮しない場合、（①）基礎の設計水平支持力 R_{hd} はフーチング底面の水平支持力 R_{hb} に表1に示す地盤抵抗係数 f_{rb} を乗じることで得られる（式(1)～式(2)）。

$$R_{hd} = f_{rb} \times R_{hb} \quad \text{式(1)}$$

$$R_{hb} = V_d \times \tan \delta_b \quad \text{式(2)}$$

表1 水平安定の照査に用いる設計限界値

| 構造物の 要求性能 | 基礎の性能項目 | | | 照査指標 | |
|--------------|---------|------|-------|----------------|---|
| | | | | 設計応答値 I_{Rd} | 設計限界値 I_{Ld} |
| 安全性 | 基礎の安定 | 水平安定 | 地震時以外 | 設計水平荷重 H_d | 設計水平支持力 R_{hd} （地盤抵抗係数 $f_{rb} = f_{rp} = 0.67$ ） |
| | | | 地震時 | | 設計水平支持力 R_{hd} （地盤抵抗係数 $f_{rb} = f_{rp} = 1.0$ ） |

フーチング底面での設計有効鉛直荷重 V_d 、設計水平荷重 H_d は図1に示すとおりに与えられている。この時、支持地盤の内部摩擦角 ϕ ＝基礎底面とコンクリートの摩擦角 δ_b とし、地盤抵抗係数は表1より求められるため、式(2)より、 R_{hd} ＝（③）[kN]となる。

水平支持の照査値は式(3)の通りであり、構造物係数 $\gamma_i = 1.2$ 、構造解析係数 $\gamma_a = 1.0$ とすると、照査値は（④）となる。

$$\text{水平支持の照査値} = \gamma_i \times \gamma_a \times H_d / R_{hd} \quad \text{式(3)}$$

（次ページにつづく）

- (4) 地震時の検討でフーチング前面の水平支持を考慮する場合、(①) 基礎の設計水平支持力 R_{hd} はフーチング底面の水平支持力 R_{hb} 、フーチング前面の水平支持力 R_{hp} に地盤抵抗係数 f_{rb} 、 f_{rp} を乗じた式 (4)で与えられる。

$$R_{hd} = f_{rb} \times R_{hb} + f_{rp} \times R_{hp} \quad \text{式 (4)}$$

図 1 の条件において、フーチング前面の水平支持力 R_{hp} は式 (5)で表すことができる。

$$R_{hp} = \alpha_h \times L \times \left(\frac{1}{2} \times \bar{\gamma}_e \times H \times K_p \right) \times H \times \cos \delta_p \quad \text{式 (5)}$$

ここに、 α_h ：フーチング前面の形状係数、 L ：フーチング前面の幅 [m]、 $\bar{\gamma}_e$ ：根入れを考慮する区間の土の有効単位体積重量 [kN/m³]、 H ：根入れ深さ [m]、 K_p ：受働土圧係数、 δ_p ：フーチング前面と土との摩擦角 [度]

本条件の、根入れ深さとフーチング前面幅は図 1 より把握可能であり、図 2 より形状係数 α_h は (⑤) となる。

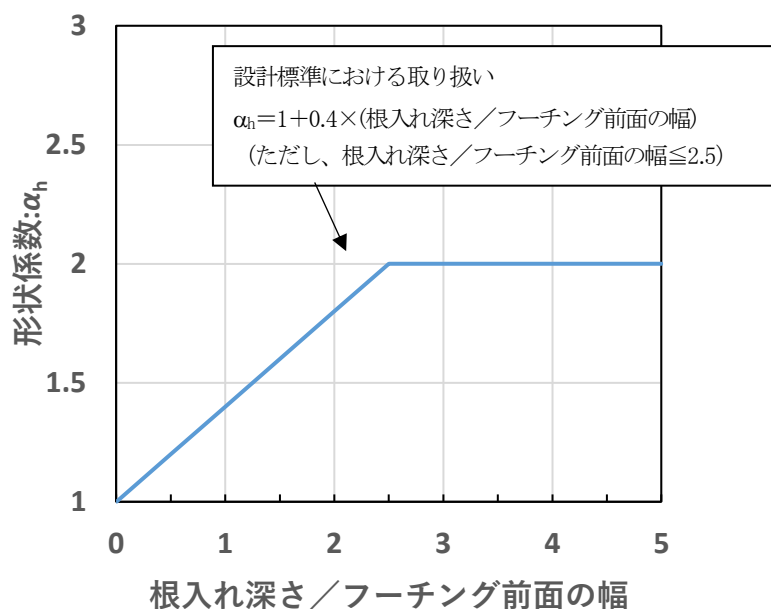


図 2 フーチング前面の形状係数

計算の単純化のため、 $K_p=5$ 、 $\delta_p=45$ 度とすると、フーチング前面の設計水平支持力 R_{hp} は (⑥) [kN]となる。図 1 に示す設計水平荷重 H_d に対して、表 1 に示す地盤抵抗係数を考慮すると、式 (3)より照査値は (⑦) となる。ただし、構造物係数 $\gamma_i=1.2$ 、構造解析係数 $\gamma_a=1.0$ としてよい。なお、フーチング前面と土の摩擦による設計有効鉛直荷重 V_d の変化は考慮しなくてよい。

【 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

バラスト軌道の維持管理に関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 道床バラストの役割について、5 つ挙げなさい。
- ② 路盤噴泥のメカニズムとそれに伴う影響について述べなさい。
- ③ 路盤噴泥対策の方法を 3 つ挙げ、それぞれについて述べなさい。

問 2

レール遊間管理に関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① レール遊間の測定方法およびその留意点について述べなさい。
- ② レール遊間管理が不適切な場合に、夏季および冬季に生じる事象についてそれぞれ述べなさい。
- ③ ②の夏季に生じる事象を防止するための、レール遊間管理における判定基準および対策について述べなさい。

問 3

鋼橋に発生した疲労き裂に対する検査と措置に関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 全般検査において目視で疲労き裂を見つけるための、具体的な構造形式や部位に限定されない一般的な留意点を 3 つ述べなさい。
- ② 個別検査において、疲労き裂や累積する疲労を評価する上で必要な計測項目を 2 つ挙げ、それぞれについて計測方法と評価方法を述べなさい。
- ③ ストップホールを設ける場合の留意点を 2 つ述べなさい。

問 4

地震時に飽和した砂質土地盤において多く発生する液状化について、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 液状化のメカニズムを概説し、それに伴って生じる地盤挙動を 3 つ挙げ、それぞれについて述べなさい。
- ② 鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計、平成 24 年 9 月）における液状化抵抗率を用いた液状化の判定方法について述べなさい。
- ③ 液状化対策工法の異なる対策原理の 3 工法について、その原理と概要を述べなさい。

2024 年度 鉄道設計技士試験 専門試験Ⅱ（鉄道土木）【記述式】 解答

問 1 (1)① 400、② 300、③ 輪重減少率
(2)④ 0.267、⑤ 2,000
(3)⑥ 0.005
(4)⑦ 1.5

問 2 (1)① 185.00
(2)② 0.92
(3)③ 79.62
(4)④ 36.96

問 3 (1)① 小さい
(2)② 0.374、③ 0.803
(3)④ 0.707、⑤ 0.602
(4)⑥ 20、⑦ 12.5

問 4 (1)① 直接
(2)② 30
(3)③ 11,202.40、④ 0.07
(4)⑤ 1.12、⑥ 1,293.67、⑦ 0.22

(注) 上記以外にも正解のある場合があります。