

鉄道設計技士試験

2023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

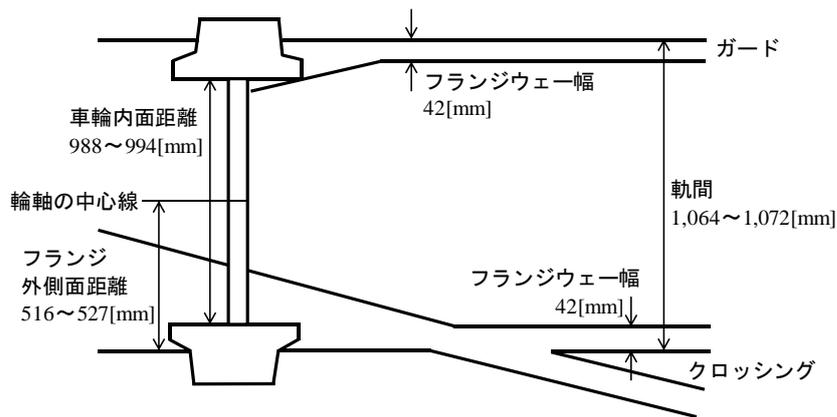
無断転載を禁じます

【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、分岐器のクロッシングとガードについて述べたものである。()の中に入れるべき適切な数値を解答欄に記入しなさい。なお、下図に示すようにクロッシングおよびガードのフランジウェー幅は42[mm]であり、軌間は1,064~1,072[mm]、車輪内面距離は988~994[mm]、フランジ外側面距離は516~527[mm]で保守されているものとする。



- (1) ガードレールによる車輪の誘導量は、輪軸と軌間の保守限度から求めることができ、その最大値は (①) [mm]となる。
- (2) バックゲージの上限の設定においては、左右の車輪内面をガードレールとウィングレールに同時に当てないという条件を満たす必要があり、バックゲージが (②) [mm]を超えるとこの条件を満たさなくなる。
- (3) バックゲージの下限は、車輪がノーズレールで異線進入せず通過できるという条件から求めることができる。ただし、車輪がノーズレールにわずかに当たっても直ちに異線進入しないことから、車輪とノーズレールが当たることを許している。この当たり量を (③) [mm]とした場合、バックゲージの下限は1,022[mm]となる。
- (4) ガードレールの許容摩耗量は、バックゲージ、フランジウェー幅および軌間の関係から求めることができる。(3)においてガードレールの許容摩耗量は (④) [mm]となる。

問2

次の文章は、推定脱線係数比の算出方法について述べたものである。()の中に入れるべき適切な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。

日比谷線事故調査検討会により、急曲線低速走行時の乗り上がり脱線事故防止対策の一つとして、「推定脱線係数比」を利用した脱線防止ガードの敷設が提案された。推定脱線係数比による乗り上がり脱線の余裕度の評価法を図1に示す。推定脱線係数比は、車輪が浮き上がり始める時の脱線係数の限度値である限界脱線係数と、車両に発生していると考えられる推定脱線係数との比である。

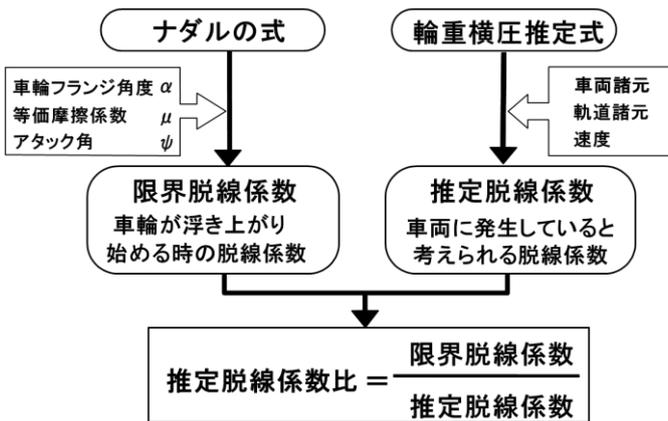


図1 推定脱線係数比による乗り上がり脱線の余裕度の評価法

表1 車両諸元、軌道諸元、速度

車両重心高さ	1.3	m
静的軸重	50	kN
外軌側車輪の静止輪重比	0.9	
軌間	1,067	mm
カント	80	mm
曲線半径	500	m
緩和曲線長	40	m
速度	10	km/h
軸間距離(軸距)	2.1	m
台車中心間距離	13.8	m
上下軸ばね定数/1軸箱	1.40	MN/m
上下まくらばね定数/台車片側	0.40	MN/m
まくらばね前後剛性/台車片側	44	kN/m
左右軸ばね間隔	1,640	mm
左右まくらばね間隔	1,950	mm
車輪フランジ角度	60	度
車輪踏面形状		基本

(1) 限界脱線係数の算出

限界脱線係数 $\left(\frac{Q}{P}\right)_{cr}$ は式(1)に示されるナダルの式で求めることができる。

$$\left(\frac{Q}{P}\right)_{cr} = \frac{\tan\alpha - \mu}{1 + \mu \tan\alpha} \quad \text{式(1)}$$

ここで、 α は車輪フランジ角度、 μ は等価摩擦係数(アタック角の関数)である。

同式により、車輪フランジ角度 60° 、等価摩擦係数 0.1 の時、限界脱線係数は(①)となる。

なお、 $\tan 60^\circ = 1.73$ とする。

(2) 推定脱線係数比算定式による定常輪重の推定

推定脱線係数比算定式では、外軌側輪重 P_o と内軌側輪重 P_i は、定常輪重(外軌側 \bar{P}_o 、内軌側 \bar{P}_i)と変動輪重(ΔP)の和または差により求めることができる。

定常輪重が式(2)で表される場合、表1の車両諸元および軌道諸元における車両の外軌側定常輪重は(②)[kN]となる。

$$\bar{P}_o = \frac{W_0}{2} \left\{ \left(\gamma + \frac{v^2}{gR} \cdot \frac{C}{G} \right) + \frac{H_G^*}{G/2} \cdot \left(\frac{v^2}{gR} - \frac{C}{G} \right) \right\} \quad \text{式(2)}$$

$$\bar{P}_i = \frac{W_0}{2} \left\{ \left((2 - \gamma) + \frac{v^2}{gR} \cdot \frac{C}{G} \right) - \frac{H_G^*}{G/2} \cdot \left(\frac{v^2}{gR} - \frac{C}{G} \right) \right\}$$

ここで、 \bar{P}_o ：外軌側定常輪重 [kN]、 \bar{P}_i ：内軌側定常輪重 [kN]、 γ ：外軌側車輪の静止輪重比
 W_0 ：静的軸重 [kN]、 v ：速度 [m/s]、 G ：軌間 [m]、 C ：カント [m]、 R ：曲線半径 [m]、
 g ：重力加速度 9.8 [m/s²]、 H_G^* ：車両有効重心高さ (=車両重心高さ $\times 1.25$) [m]

(3) 推定脱線係数比算出式による変動輪重の推定

変動輪重は、軌道面のねじれによる輪重変動、空気ばねのねじれによる輪重の変動の和で求めることができる。

軌道面のねじれによる輪重変動においては、カント逡減倍率がパラメータの一つとなる。

表1に示す軌道諸元の場合、カント逡減倍率は(③)倍である。

表1の車両諸元および軌道諸元を用いると、出口側緩和曲線において変動輪重を考慮した外軌側輪重 P_o は 10.64 [kN]、内軌側輪重 P_i は 39.36 [kN] と求まる。

(4) 推定脱線係数比算出式による横圧の推定

推定脱線係数比算出式では、外軌側横圧 Q_o は、内軌側定常横圧 \bar{Q}_i (内軌側の摩擦力による曲線轉向横圧)、遠心力・空気ばねのねじれによる輪軸横圧 ΔQ_{AS} 、軌道変位による横圧変動 ΔQ_{AD} 、継目衝撃による横圧変動 ΔQ_{unsp} の和により求めることができる。

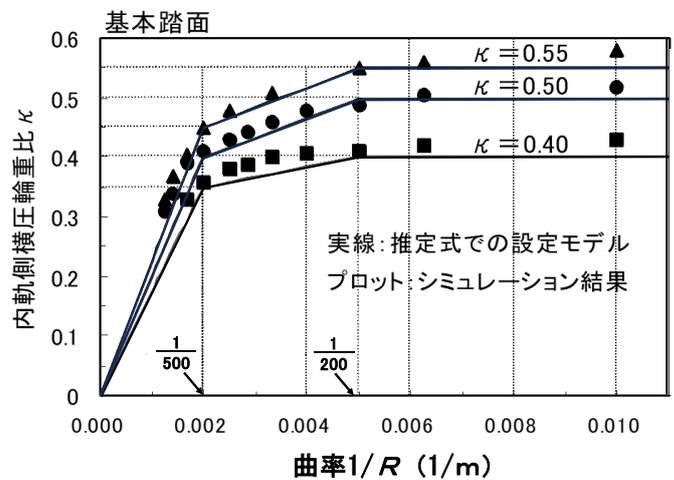
内軌側定常横圧 \bar{Q}_i は式(3)で示される。

$$\bar{Q}_i = \kappa P_i \quad \text{式(3)}$$

ここで、 κ は内軌側横圧輪重比といい、車輪踏面形状が基本踏面の κ は図2で示される。表1に示す車両諸元および軌道諸元において、 $\kappa=0.55$ モデルを使用すると、 \bar{Q}_i は(④) [kN] となる。

軌道変位による横圧変動 ΔQ_{AD} 、継目衝撃による横圧変動 ΔQ_{unsp} は考慮しないものとし、表1の車両諸元を用いると、外軌側横圧 Q_o は 12.99 [kN] となり、推定脱線係数は 1.22 と求まる。

その結果、(1)の限界脱線係数と(4)の推定脱線係数を用いて、推定脱線係数比は図1の関係より 1.14 となる。



基本踏面の $\kappa=0.55$ モデルの計算式

$$R \geq 500 \quad : \quad \kappa = 225/R$$

$$500 > R \geq 200 \quad : \quad \kappa = 0.45 + 0.1 \times (1/R - 1/500) \times 0.003$$

$$200 > R \quad : \quad \kappa = 0.55$$

図2 基本踏面の内軌側横圧輪重比

問3

次の文章は、盛土建設に伴う沈下現象および沈下量の算定法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、③、④、⑤および⑦については、解答の数値に小数第3位以下がある場合は、小数第3位以下を切り捨て小数第2位まで解答しなさい。また、⑥については、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。

- (1) 圧密は、軟弱地盤上の構造物建設などにより、地盤内の間隙水圧分布が変化することにより始まり、その過程において土の密度が増加していく現象である。ここで、地盤内の全応力から間隙水圧を差し引くことで求める(①)の変化が、圧密を考慮するうえで重要である。
- (2) 盛土荷重によって生じる圧密沈下量 S_c [m]は式(1)に示すように、以下の3つのパラメータから算定できる。
- ・ 盛土荷重による増加応力： Δp [kN/m²]
 - ・ (②)： m_v [m²/kN]
 - ・ 圧密層の層厚： H [m]

$$S_c = m_v \times \Delta p \times H \quad \text{式(1)}$$

- (3) 図1に示す粘土上の盛土において、増加応力 Δp は、図2に示すオスターバークの図表により、以下の手順で求められる。盛土の形状と排水条件に留意して、粘土層の中心深さ z を設定すると、 $a/z =$ (③)、 $b/z =$ (④)、このことから影響値 $I =$ (⑤)である。

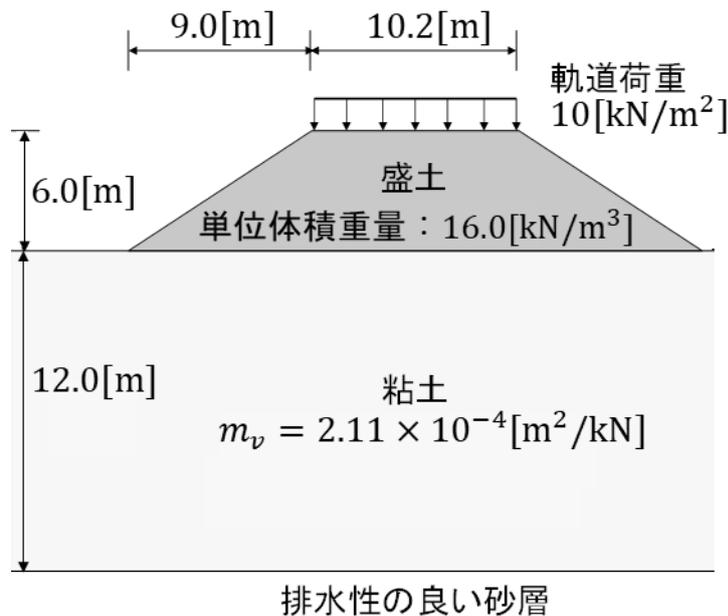


図1 検討対象とする盛土

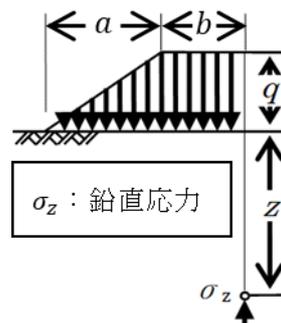
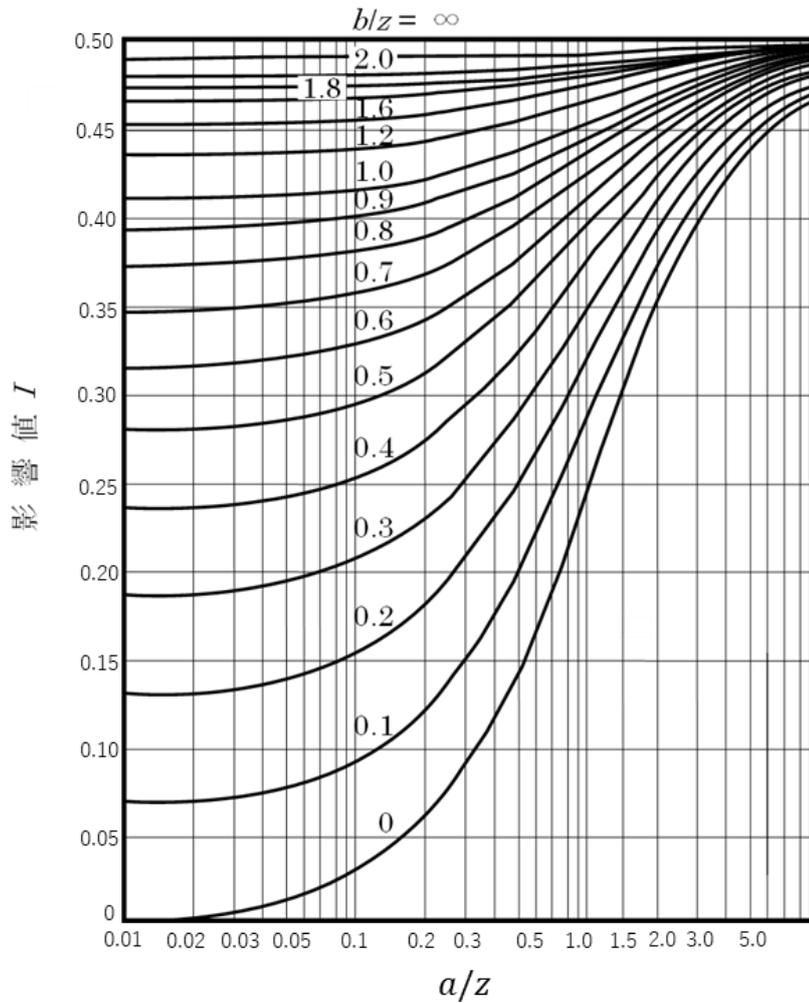


図2 オスターバーグの図表

- (4) オスターバーグの方法は片側断面のみを考慮しているため、盛土直下での Δp は式(2)により算定できる。また、 q は盛土天端中央部における軌道荷重および盛土と支持地盤の鉛直応力の合計であり、(⑥) [kN/m²] である。求めた Δp から、圧密沈下量 S_c は式(1)を用いて (⑦) [m] である。

$$\Delta p = 2 \times I \times q \quad \text{式(2)}$$

問4

次の文章は、RC 構造の片持ちスラブにおける鋼材の腐食に関する検討について述べたものである。()の中に入れるべき適切な数値を解答欄に記入しなさい。なお、同一番号の()には同一数値が入るものとする。また、①、⑤および⑦については、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。さらに、②、③、④および⑥については、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。

片持ちスラブは、単位奥行き 1[m]あたりの梁として照査を行うものとし、照査を実施する片持ちスラブは図1に示す形状および断面である。また、片持ちスラブ付け根部に生じる永久作用による曲げモーメントが -60 [kN・m]、永久作用と変動作用が組み合わされた時は曲げモーメントとして -200 [kN・m]が作用し、せん断照査位置のせん断力は 250 [kN]とする。なお、スラブの下側に引張が発生する曲げモーメントを正としており、構造物係数 $\gamma_i = 1.0$ 、コンクリートの材料係数 $\gamma_c = 1.0$ とする。

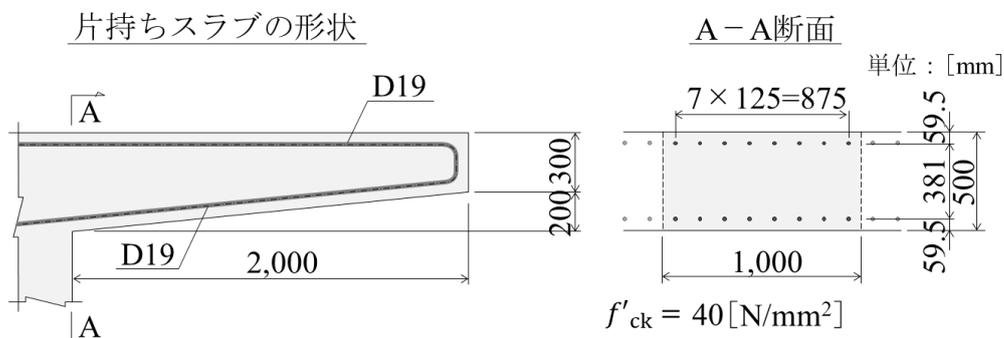


図1 片持ちスラブの形状

表1 収縮およびクリープ等の影響によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値 ϵ'_{csd} ($\times 10^{-6}$)

ひび割れ発生材齢	常時乾燥	乾湿繰返し	常時湿潤
永久作用によりひび割れが発生・100日 (外ケーブル方式による PRC 構造の桁・スラブ等)	350	200	100

表2 鋼材の腐食に関するコンクリートのひび割れ幅の制限値 w_{lim} [mm]

鋼材の種類	水掛かりの程度に応じた区分	
	常時乾燥	乾湿繰返し
鉄筋	$0.005c$	$0.004c$
PC 鋼材	$0.004c$	$0.0035c$

- 片持ちスラブ付け根部の断面2次モーメントは $I = (b \cdot h^3)/12 = (\text{①})$ [m⁴]となり、永久作用と変動作用が組み合わされた時のコンクリート縁引張応力度は、引張縁から図心軸までの距離0.25 [m]とすると、発生曲げモーメント M 、図心までの距離 y を用いて計算し、 $\sigma = M \cdot y/I = (\text{②})$ [N/mm²]となる。
- 曲げひび割れ幅 w_d は永久作用時の応力状態に対して以下の式(1)で算出する。

$$w_d = 1.1k_1k_2k_3k_4\{4c + 0.7(c_s - \phi)\} \left(\frac{\sigma_{se}}{E_s} + \epsilon'_{csd} \right) \quad \text{式(1)}$$

図1の断面において、 $1.1k_1k_2k_3k_4 = 0.89$ 、引張鋼材のかぶり $c = (\text{③})$ [mm]、引張鋼材の中心間隔 $c_s = 125$ [mm]、引張鋼材の直径 $\phi = 19$ [mm]、 $\sigma_{se}/E_s = 0.326$ 、 $\epsilon'_{csd} = (\text{④}) \times 10^{-6}$ とすると、 $w_d = 0.13$ [mm]となる。

- 鋼材の腐食に関するコンクリートのひび割れ幅の制限値 w_{lim} は、(⑤) [mm]であるため、照査を満足する。

- (4) せん断ひび割れの照査は、発生せん断力 V_d がせん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力 V_{cd} の (⑥) [%]よりも小さい場合にはせん断ひび割れの検討を省略してよい。 $V_{cd} = 400$ [kN]の場合、 $V_d / \left(\frac{(⑥)}{100} \cdot V_{cd} \right) = (⑦)$ となり、検討を省略できる。

【 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

鉄道構造物等設計標準・同解説（軌道構造、平成 24 年 1 月）に基づくスラブ軌道の設計に関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 軌道スラブには RC 構造と PRC 構造がある。それぞれの特徴と適用条件を述べなさい。また、スラブ軌道に用いられるレール締結装置にはタイププレート式と座面式がある。それぞれの特徴と適用条件を述べなさい。
- ② てん充層に用いる CA モルタルの特徴と設計用値の設定方法について述べなさい。
- ③ RC 構造の軌道スラブに対する疲労破壊に関する安全性の照査に関して、設計限界値の算出方法について述べなさい。

問 2

ロングレール化に必須となるレール溶接施工に関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① ロングレール化のための溶接方法を 4 つ挙げ、それぞれの概要について述べなさい。
- ② レール溶接部の品質検査を 4 つ挙げ、それぞれの概要について述べなさい。
- ③ ①で回答した溶接方法から 2 つを選択し、その溶接方法で発生する可能性のある溶接欠陥の特徴と有効な検査方法について述べなさい。

問 3

コンクリート橋りょうにおいて、コンクリートの収縮が主な要因と考えられる変状に関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 打込み後、長期間にわたりコンクリートが収縮するメカニズムを簡潔に述べなさい。また、そのメカニズムに影響を及ぼす要因を 5 つ述べなさい。
- ② コンクリートの収縮により橋りょうに生じる変状を 1 つ挙げ、その概要について述べなさい。
- ③ ①に挙げた要因を用いて、②で挙げた変状を生じさせないための対策について、設計、施工の観点から述べなさい。

問 4

開削トンネルの建設工事に伴う掘削土留め工に関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① ボイリング現象について述べなさい。
- ② ボイリングが発生しやすい条件を 3 つ挙げ、それぞれについて述べなさい。
- ③ ボイリングの対策工法を 2 つ挙げ、それぞれの概要と適用する上での留意点について述べなさい。

2023 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 20
(2)② 1,030
(3)③ 2
(4)④ 8

- 問 2 (1)① 1.39
(2)② 16.91
(3)③ 500
(4)④ 17.71

- 問 3 (1)① 有効応力
(2)② 体積圧縮係数
(3)③ 1.5、④ 0.85、⑤ 0.45
(4)⑥ 106、⑦ 0.24

- 問 4 (1)① 0.01、② 5
(2)③ 50、④ 200
(3)⑤ 0.20
(4)⑥ 70、⑦ 0.89

(注) 上記以外にも正解のある場合があります。