

鉄道設計技士試験

2021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、軌道の沈下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。

図1は直結系軌道を想定した構造解析モデルであり、各部材のばねを結合した直列線形ばねから構成されている。レール締結装置当たりの軌道パッドのばね係数を60 [MN/m]、まくらぎパッドのばね係数を20 [MN/m]とする。ただし、図中のレールは質点とし、レールの質量、まくらぎの質量およびまくらぎの曲げの影響は無視する。

- (1) レールに60 [kN]の鉛直下向きの荷重が作用したとき、軌道パッドの圧縮たわみ量は(①) [mm]であり、軌道の弾性を表すレール支点支持ばねの係数(軌道ばね係数)は、(②) [MN/m]である。
- (2) レールに60 [kN]の鉛直下向きの荷重が作用したとき、レールの沈下量(鉛直方向変位量)は(③) [mm]である。

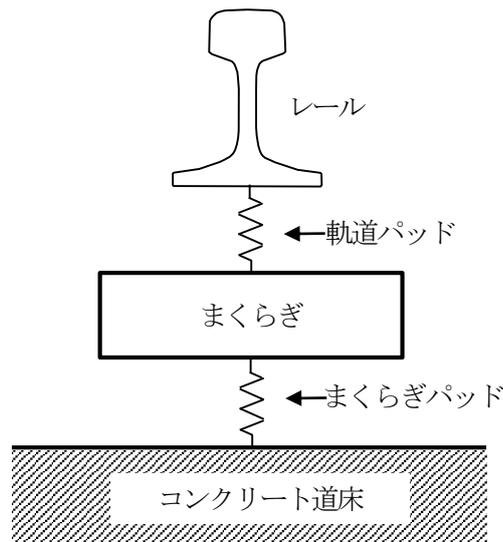


図1 直結系軌道を想定した構造解析モデル

(次ページにつづく)

図2はバラスト軌道の高低変位進みモデルであり、一軸当たりの軌道沈下量は、一般部が式(1)により、レール継目部が式(2)により推定できる。単位まくらぎ下面積当たりの軌道ばね係数 K を100 [MPa/m]、有効まくらぎ底面積 S を0.5 [m²]、一般部のまくらぎ下面圧力 P_n を100 [kPa]、レール継目部のまくらぎ下面圧力 P_j を150 [kPa]、保守周期における累積通過トン数が2,000万トン、車両の軸重を10 [tf]とする。

- (3) 一般部の一軸当たりの軌道沈下量 β_n は(④)×10⁻⁶ [mm]、レール継目部の一軸当たりの軌道沈下量 β_j は(⑤)×10⁻⁶ [mm]である。
 (4) 保守周期における高低変位進み量は(⑥) [mm]である。

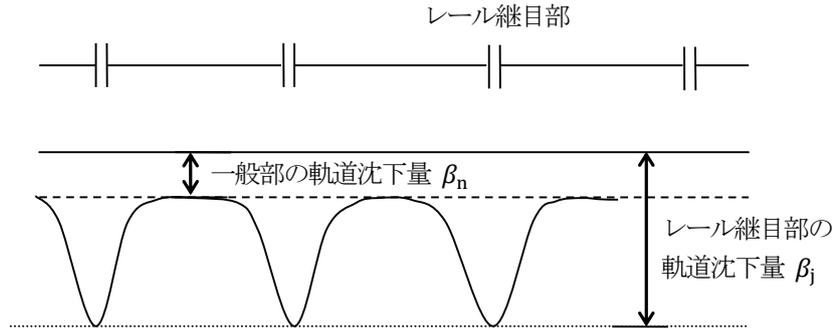


図2 バラスト軌道の高低変位進みモデル

$$\beta_n = a \frac{S \cdot P_n}{K} \quad \dots \quad (1)$$

$$\beta_j = a \frac{S \cdot P_j}{K} \quad \dots \quad (2)$$

- ここに、 β_n : 一般部の一軸当たりの軌道沈下量 [mm]
 β_j : レール継目部の一軸当たりの軌道沈下量 [mm]
 K : 単位まくらぎ下面積当たりの軌道ばね係数 [MPa/m]
 a : 14.0×10^{-6}
 S : 有効まくらぎ底面積 [m²]
 P_n : 一般部のまくらぎ下面圧力 [kPa]
 P_j : 継目部のまくらぎ下面圧力 [kPa]

問2

次の文章は、軌道変位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) 基本の軌間が1,067[mm]、スラックが5[mm]の箇所で、軌間の測定値が1,100[mm]である地点の軌間変位は(①)[mm]である。
- (2) ある地点の起点から終点方向を見た場合の左レールを基準とした水準測定値が-5[mm]、同地点から5[m]起点方の水準測定値が6[mm]であるとき、同地点における5[m]間の平面性変位は(②)[mm]である。ただし、平面性変位は起点から終点方向に右側(時計回り)にねじれている場合をプラスとする。
- (3) 半径400[m]、カント90[mm]の円曲線中である地点の通り測定値が38[mm]、水準測定値が98[mm]であった場合、同地点の複合変位は(③)[mm]である。
- (4) 1[m]間隔で測定された2m弦高低変位が表1のとおりであった場合、A地点の10m弦高低変位は(④)[mm]である。参考として、図1に倍長演算の概念図を示す。

表1 2m弦高低変位の測定結果

| A地点からの距離 [m] | 2m弦高低変位 [mm] | 地点 |
|-----------------|-----------------|-----|
| -5 | 2.1 | |
| -4 | 1.5 | |
| -3 | -2.0 | |
| -2 | -1.3 | |
| -1 | -0.5 | |
| 0 | 1.2 | A地点 |
| 1 | 2.1 | |
| 2 | 0.6 | |
| 3 | -1.0 | |
| 4 | 1.1 | |
| 5 | 1.8 | |

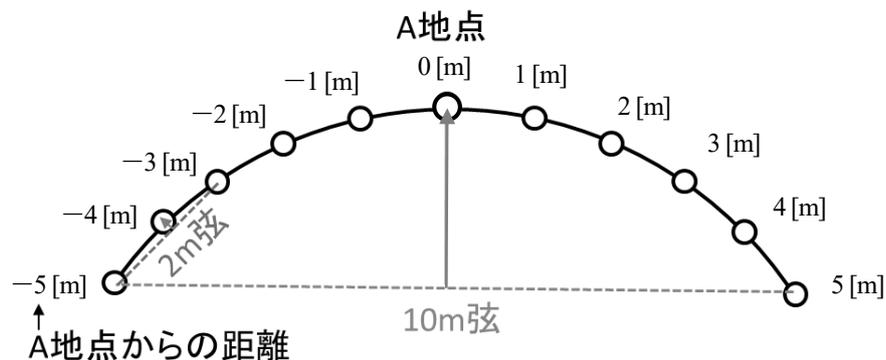


図1 倍長演算の概念図

問3

次の文章は、ラーメン高架橋の耐震設計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、(1)～(3)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。また、(4)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。

図1は、1次の振動モードが卓越するラーメン高架橋に対するプッシュ・オーバー解析から得られた荷重-変位関係である。図1中のA点は初期降伏点、B点は震度が $\frac{k_{hy}+k_{hm}}{2}$ となる点、C点は最大震度点である。ただし、 k_{hy} は初期降伏点における震度、 k_{hm} は最大震度点における震度である。

- (1) 慣性力による影響を非線形スペクトル法により算定するにあたり、降伏震度として図1に示す「構造物全体系の折れ曲がり点」(D点)に対応する震度 k_{heq} を用いることができる。B点における震度は(①)であり、D点は直線OAと直線BCの交点であるので、高架橋の降伏震度 k_{heq} は(②)である。
- (2) 高架橋の等価固有周期 T_{eq} は、図1においてD点と原点を結んだ割線剛性を用いて、 $T_{eq} = 2.0 \sqrt{\frac{\delta_{eq}}{k_{heq}}}$ により算定すると(③)[s]となる。ただし、 δ_{eq} はD点に対応する変位とする。

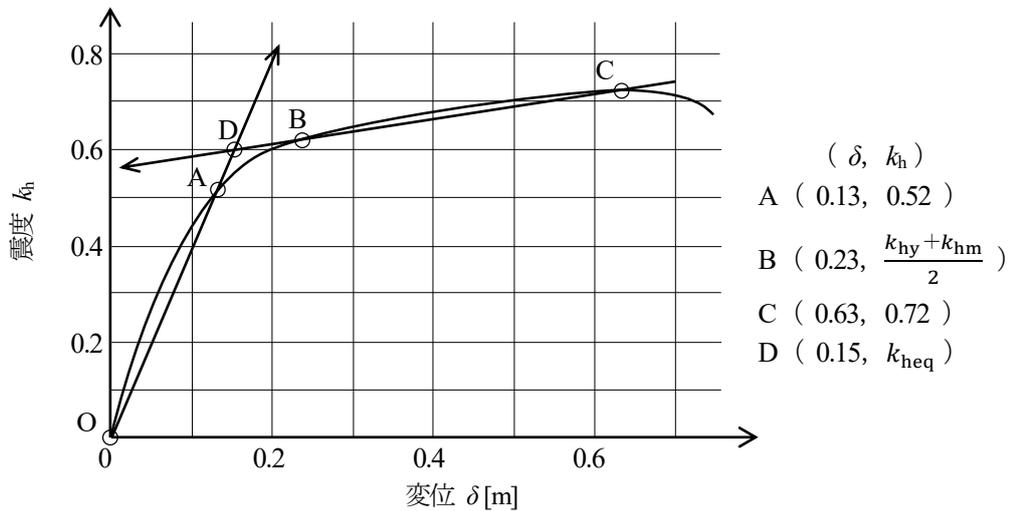


図1 荷重-変位関係

- (3) 図2は、所要降伏震度スペクトルである。高架橋の降伏震度 k_{heq} と等価固有周期 T_{eq} から得られる応答塑性率 μ は (4) であり、高架橋の応答変位 δ_d は (5) [m] である。

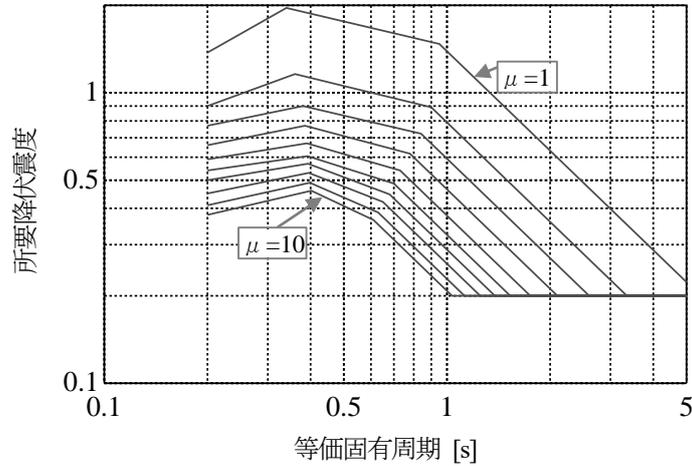


図2 所要降伏震度スペクトル

- (4) 図3は、ラーメン高架橋の柱の断面図であり、表1の諸元を有している。この柱のせん断補強鋼材により受け持たれる設計せん断耐力 V_{sd} は、次式で算定できる。

$$V_{sd} = \frac{(A_w \cdot f_{wyd} / S_s) \cdot z}{\gamma_b} \text{ [N]}$$

ここに、 A_w : 区間 S_s におけるせん断補強鉄筋の総断面積 [mm²]

f_{wyd} : せん断補強鉄筋の設計引張降伏強度 [N/mm²]

S_s : せん断補強鉄筋の配置間隔 [mm]

z : 圧縮応力の合力位置から引張鋼材の図心までの距離 [mm]

有効高さ d は (6) [mm] であり、 $z = d / 1.15$ で求めることができる。また、部材係数 γ_b は 1.1 とする。この柱の設計せん断耐力 V_{yd} は、 $V_{yd} = V_{cd} + V_{sd}$ で算定することができ、せん断補強鋼材を用いない設計せん断耐力 V_{cd} を 300 [kN] とすると、 V_{yd} は (7) [kN] である。

表1 柱の諸元

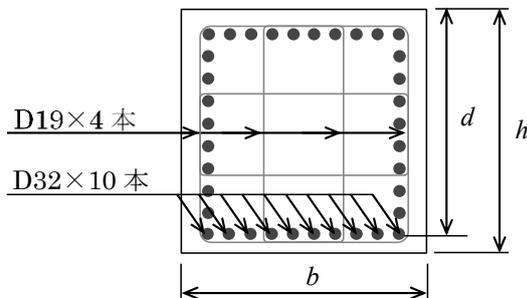


図3 柱の断面図

| | |
|-------|--|
| 断面形状 | 1,000 [mm] × 1,000 [mm] |
| かぶり | 45 [mm] |
| 軸方向鉄筋 | D32 (断面積 : 794 [mm ²]) |
| 帯鉄筋 | D19 (断面積 : 286 [mm ²]) 2組、200 [mm] 間隔 |
| 鉄筋の種類 | SD390 (設計引張降伏強度 : 390 [N/mm ²]) |

問4

次の文章は、開削トンネルのある地盤内の応力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、水の単位体積重量 $\gamma_w=10.0$ [kN/m³] 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位まで解答しなさい。

- (1) 図1中の点Aにおける鉛直方向の全応力は、点Aより上の地盤が粘性土で、地下水位が地表にあることから、表1より土の単位体積重量を(①) [kN/m³] として求めればよく、(②) [kN/m²] となる。
- (2) 図1中の点Bにおける鉛直方向の有効応力は、地盤が2層構成となっていることから、(②) [kN/m²] に砂質土層分の鉛直方向の有効応力を加算して求めればよく、(③) [kN/m²] となる。
- (3) 図1中の点Bにおける水平方向の有効応力は、(③) [kN/m²] に点Bにおける静止土圧係数を乗じて求めればよく、表2より $K_0 =$ (④) として(⑤) [kN/m²] となる。

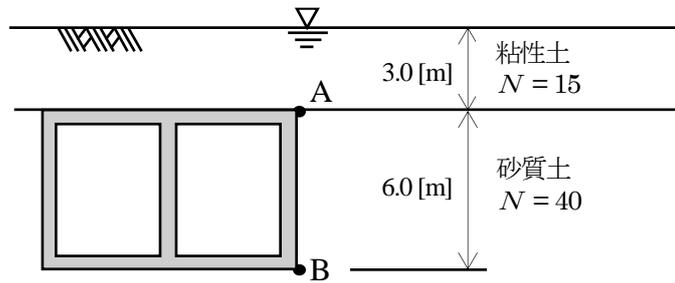


図1 地盤条件と開削トンネルの位置

表1 土の単位体積重量

| 土の種類 | | 単位体積重量 [kN/m ³] | |
|------|-------------|-----------------------------|----|
| | | 湿潤 | 飽和 |
| 粘性土 | $10 \leq N$ | 16 | 17 |
| | $N < 10$ | 16 | 16 |
| 砂質土 | $50 \leq N$ | 19 | 20 |
| | $N < 50$ | 18 | 19 |

N: 標準貫入試験によるN値

表2 静止土圧係数

| 土の種類 | | | K_0 |
|------|---------|------------------|-------|
| 粘性土 | 硬い | $8 \leq N$ | 0.5 |
| | 中位 | $4 \leq N < 8$ | 0.6 |
| | 軟らかい | $2 \leq N < 4$ | 0.7 |
| | 非常に軟らかい | $N < 2$ | 0.8 |
| 砂質土 | 非常に密な | $50 \leq N$ | 0.3 |
| | 密な | $30 \leq N < 50$ | 0.4 |
| | 中位、ゆるい | $N < 30$ | 0.5 |

N: 標準貫入試験によるN値

- (4) 図1の状態から、剛な土留めを施工して地下水位を掘削底面まで下げた上で開削トンネルの側方を掘削し、図2の状態とした。点Bにおける掘削完了直後の鉛直方向の全応力は、(⑥) [kN/m²] である。

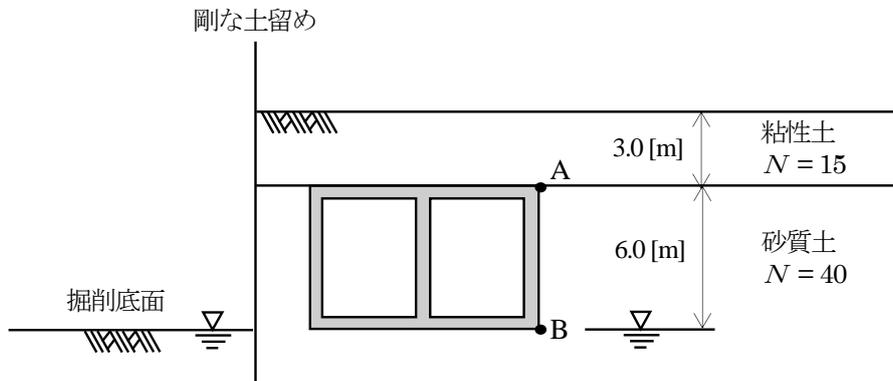


図2 地盤条件と開削トンネルの位置 (掘削後)

【 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

鉄道線路の曲線におけるカントに関して、以下の 3 点について具体的に答えなさい。

- ① 図 1 は、車両が曲線走行時の均衡速度における力のつり合いを表している。これを参考に、均衡速度、均衡カント、カント不足量について述べなさい。また、カント不足量の許容される上限値を定める際に考慮すべき事項について述べなさい。

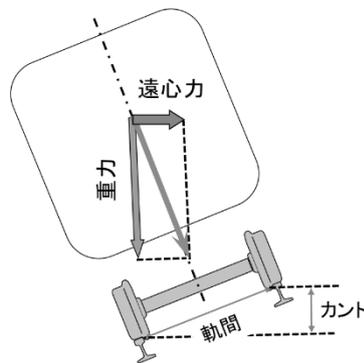


図 1 車両の曲線走行時の均衡速度における力のつり合い

- ② 図 2 は、カントのある曲線に停止している車両の状態を表している。これを参考に、曲線内方への転倒に対する安全性等、曲線に設定できる最大カントを定める際に考慮すべき事項について述べなさい。

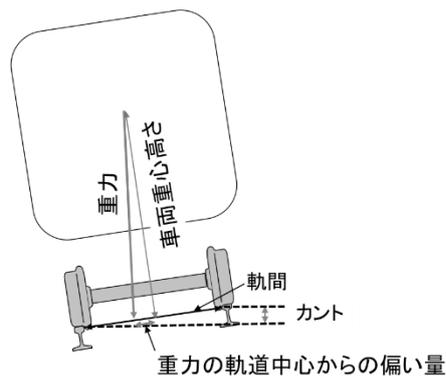


図 2 カントのある曲線に停止している車両の状態

- ③ 乗り上がり脱線について説明し、普通鉄道（新幹線を除く）の既設の曲線においてカントをこう上する場合に、低速走行時の乗り上がり脱線に対する安全性に関する検討方法および対策について述べなさい。なお、曲線は緩和曲線があり、カントは緩和曲線の全長において、てい減するものとする。

問2

鉄道構造物等設計標準・同解説（軌道構造）におけるロングレールに関して、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① ロングレールの敷設にあたって、レールの温度変化に対する安全性を満たすための設定温度の考え方について述べなさい。
- ② 図1に示す温度上昇量と軌道横変位の関係から、軌道の最低座屈強さによる座屈安定性の照査の考え方について述べなさい。

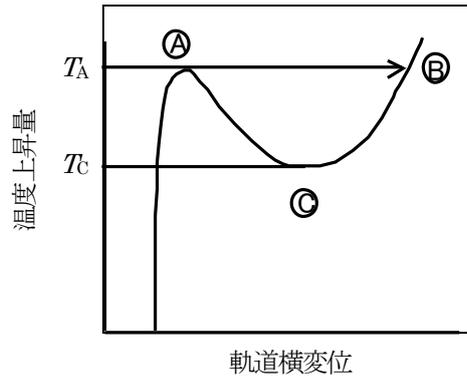


図1 温度上昇量と軌道横変位との関係

- ③ ロングレールの座屈安定性の性能照査に用いる道床横抵抗力において、図2に示す道床横抵抗力試験によるまくらぎ横変位2[mm]を適用することとしている根拠について述べなさい。

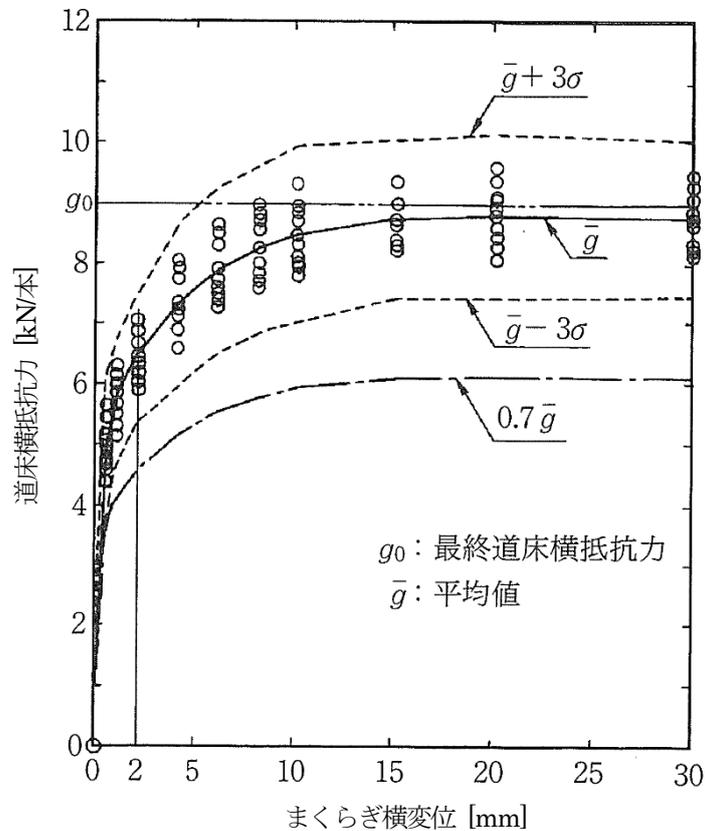


図2 道床横抵抗力試験結果

問3

ボックスカルバートにおいて、コンクリートを打込み後まもなく、図1のような温度に起因するひび割れが発生した。このひび割れに関して、以下の3点について具体的に答えなさい。

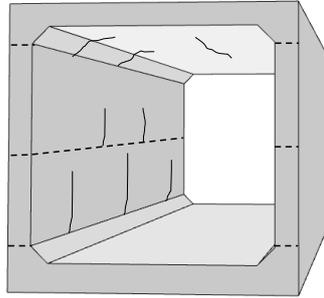


図1 温度に起因するひび割れの発生状況

- ① ひび割れが発生するメカニズムを「温度」、「拘束」、「強度」の用語を用いて述べなさい。
- ② 設計段階で検討すべき次の(a)～(c)について、①の発生メカニズムを踏まえた適切なひび割れ対策の方法を、それぞれ述べなさい。
 - (a) 使用材料
 - (b) 部材の形状および寸法
 - (c) 配筋
- ③ 施工段階で検討すべき次の(a)～(c)について、①の発生メカニズムを踏まえた適切なひび割れ対策の方法を、それぞれ述べなさい。
 - (a) コンクリートの配合
 - (b) コンクリートの打込み
 - (c) コンクリート打込み後の養生

問4

鉄道構造物等維持管理標準・同解説（トンネル、平成19年1月）に基づき、鉄道構造物の維持管理を行う場合を想定し、以下の3点について具体的に答えなさい。

- ① トンネルにおける特別全般検査について、検査の目的、検査の周期と検査の方法、判定すべき健全度に着目して通常全般検査と比較しながら述べなさい。
- ② トンネルにおける健全度の判定区分のうち、トンネルの構造の安定性に関する健全度Aと、はく落に対する安全性に関する健全度 α のそれぞれについて、変状の程度や具体例について概説するとともに、措置の考え方を述べなさい。
- ③ 山岳トンネルの覆工に、図1のような変状が見られた場合に想定される変状原因を述べなさい。また、詳細な情報を収集し、変状原因を確定するためにトンネル坑内で、あるいはトンネル坑内から実施する調査を具体的に2つ挙げ、それぞれについて述べなさい。

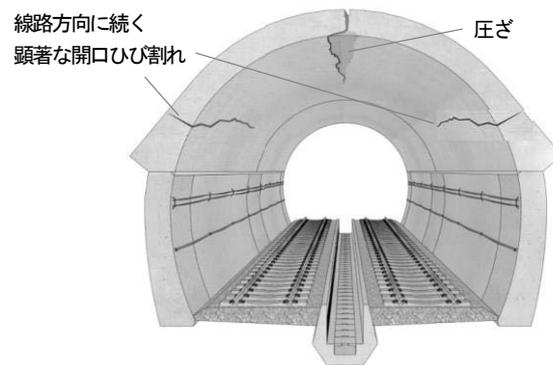


図1 山岳トンネルの覆工に見られた変状

2021 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 1.0、 ② 15
(2)③ 4.0
(3)④ 7.0、 ⑤ 10.5
(4)⑥ 7.0

問2 (1)① 28
(2)② 11
(3)③ 5
(4)④ 7

問3 (1)① 0.62、 ② 0.60
(2)③ 1.0
(3)④ 3.0、 ⑤ 0.45
(4)⑥ 920、 ⑦ 1,922

問4 (1)① 17、 ② 51.0
(2)③ 105.0
(3)④ 0.4、 ⑤ 42.0
(4)⑥ 159.0

(注) 上記以外にも正解のある場合があります。