インフラ調査士講習会

演　習　問　題

目次

総説編・・・・・・・・・・・・・・・・・　1 頁
橋梁（鋼橋・歩道橋）編・・・・・・・・17 頁
橋梁（コンクリート）編・・・・・・・・39 頁
トンネル編・・・・・・・・・・・・・・・63 頁
付帯施設（舗装）編・・・・・・・・・・89 頁
付帯施設（附属物）編・・・・・・・・・103 頁

2026 年 9 月

一般社団法人 日本非破壊検査工業会
The Japanese Association for Non-destructive Testing Industry

インフラ調査士講習会

演習問題

共　通　　編

問 1.　以下は，道路法施行令の第三五条の二の条文である。次の（ ア ）及び（ イ ）にあてはまる語句の組合せとして，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

原文通り
（道路の維持又は修繕に関する技術的基準等）
三十五条の二　法第四十二条第二項の政令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は，次のとおりとする。
一　道路の構造，交通状況又は維持若しくは修繕の状況，道路の存する地域の地形，地質又は気象の状況その他の状況（次号において「道路構造等」という。）を勘案して，適切な時期に，道路の（ ア ）を行い，及び清掃，除草，除雪その他の道路の機能を維持するために必要な措置を講ずること。
二　道路の（ イ ）は，トンネル，橋その他の道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物について，道路構造等を勘案して，適切な時期に，目視その他適切な方法により行うこと。
三　（省略）

記号	（ ア ）	（ イ ）
①	点検	巡視
②	点検	診断
③	巡視	診断
④	巡視	点検

解答④

キーワード：道路法施行令

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 2 章参照

道路法施行令の原文通り。
従って，（ア）は「巡視」，（イ）は「点検」となり，④が正しい組合せとなる。

問 2.　以下は，道路法施行規則の第四条の五の六の条文である。次の（ ア ）及び（ イ ）にあてはまる語句の組合せとして，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

原文通り
（道路の維持又は修繕に関する技術的基準等）
第四条の五の六　令第三十五条の二第二項の国土交通省令で定める道路の維持又は修繕に関する技術的基準その他必要な事項は，次のとおりとする。
一　トンネル，橋その他道路を構成する施設若しくは工作物又は道路の附属物のうち，損傷，腐食その他の劣化その他の異状が生じた場合に道路の構造又は交通に大きな支障を及ぼすおそれがあるもの（以下この条において「トンネル等」という。）の点検は，トンネル等の点検を適正に行うために必要な知識及び技能を有する者が行うこととし，（ ア ）により，（ イ ）に一回の頻度で行うことを基本とすること。
二　前号の点検を行つたときは，当該トンネル等について健全性の診断を行い，その結果を国土交通大臣が定めるところにより分類すること。
三　（省略）

記号	（ ア ）	（ イ ）
①	計測機器	五年
②	計測機器	十年
③	近接目視	五年
④	近接目視	十年

解答③

キーワード：道路法，道路法施行令，道路法施行規則，技術的基準，近接目視

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 2 章参照

道路法施行規則の原文通り。従って，（ア）は近接目視，（イ）は 5 年となり，適切な組合せは③となる。
法令は以下の体系で構成されている。
道路の維持管理に係る法令は，道路法・道路法施行令・道路法施行規則である。

≪国の法令≫

・法律　　：会が憲法の範囲内で定める国民の規範。
・施行令　　：政府（内閣）が定める法律の施行のための細則（命令），政令とも呼ぶ。
・施行規則　：各省庁の大臣が定める法律や施行令の施行のための細則（命令），省令とも呼ぶ。
・告示・通達・規程・要綱・ガイドライン等：法令ではないが，各省庁が所管する法令を的確に運用するために定める細則（手引き）

≪地方公共団体の法令≫

・条例　：地方公共団体（都道府県・市町村など）が自治立法権に基づいて，その権限に属する事務に関し，法令の範囲内で議会の議決を経て制定する自治立法（法の形式）。
・規則　：地方公共団体（都道府県・市町村など）が定める条例の施行のための細則

問 3.　以下は，公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格登録規程の第一条の条文である。次の（ ア ）及び（ イ ）にあてはまる語句の組合せとして，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

（目的）
第一条　この規程は，公共工事の品質確保の促進に関する法律（平成十七年法律第十八号）第二十四条の規定の趣旨にのっとり，（ ア ）に関する調査（点検及び診断を含む。以下同じ。）及び設計等に関し，その業務の内容に応じて必要な知識又は技術を有する者の（ イ ）を適切に評価することのできる資格の登録に関し必要な事項を定めることを目的とする。

記号	（ ア ）	（ イ ）
①	公共工事	知識
②	公共工事	能力
③	社会資本施設	知識
④	社会資本施設	能力

解答②

キーワード：公共工事，品確法，技術者資格登録規程，能力

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 2 章参照

道路法施行規則の原文通り。
従って，（ア）は「公共工事」，（イ）は「能力」となるので，適切な組合せは②となる。

問 4.　以下は，公共工事の品質確保の促進に関する法律の第三十二条の条文である。次の（ ア ）及び（ イ ）にあてはまる語句の組合せとして，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

原文通り
（公共工事に関する調査等に係る資格等に関する検討）
第三十二条　（ ア ）は，公共工事に関する調査等に関し，その業務の内容に応じて必要な知識又は技術を有する者の能力がその者の有する資格等により適切に評価され，及びそれらの者が十分に活用されるようにするため，公共工事に関する調査等の担い手の中長期的な育成及び確保に留意して，これらに係る資格等の評価及び資格等に係る制度の運用の在り方等について検討を加え，その結果に基づいて必要な（ イ ）を講ずるものとする。

記号	（ ア ）	（ イ ）
①	地方公共団体	措置
②	地方公共団体	手段
③	国	措置
④	国	手段

解答③

キーワード：公共工事の品質確保の促進に関する法律

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 2 章参照

道路法施行規則の原文通り。従って，（ア）は近接目視，（イ）は 5 年となり，適切な組合せは③となる。
（ア）は「国」，（イ）は「措置」である。従って，③が正しい組合せ。

問 5.　インフラ調査士の資格に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① インフラ調査士としての業務は，認証登録期間を過ぎると，遂行できない。
② インフラ調査士の資格証明書は，所属機関が変更になった場合，返却しなければならない。
③ 点検結果報告書に，担当したインフラ調査士の資格証明書のコピーを添付した。
④ 点検結果のうち，不都合な一部データを報告書に記載しないように示唆されたが，拒否した。

解答②

キーワード：資格の有効性，倫理観

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 3 章参照

インフラ調査士としての業務遂行におけるインフラ調査士の資格の有効性を問う問題と倫理観に基づく業務姿勢を問う問題である。

① インフラ調査士は更新制に基づく資格制度であり，資格の有効期間は初回の認証もしくは更新の登録日から 5 ヶ年と規定されている。従って，認証登録期間（5 ヶ年）を過ぎると，インフラ調査士としての業務は遂行できない。
② インフラ調査士の資格は個人に付与されるものであるから，所属機関が変わっても資格の有効性は変わらない。従って，所属機関が変わっても資格証明書自体を返却する必要はない。但し，資格登録リストには，所属機関名と連絡先が登録されていることから，所属機関が変わった場合には，速やかに所属機関変更届を提出する必要がある。
③ 点検結果報告書には，担当したインフラ調査士の氏名記載が必須事項だが，資格証明書のコピー添付を妨げるものではない。
④ 業務遂行における倫理観を問う問題である。不都合なデータ（例えば正常ではない）を記載しないことは，事故に繋がったり，今後の対応で間違った判断につながる可能性があり，いわゆる「不作為（やるべきことをやらない），隠ぺい」に該当し，インフラ調査士として決して行ってはならない行為である。

問 6.　インフラ調査士の資格に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① インフラ調査士資格の有効期限は，資格認証登録日から５年である。
② インフラ調査士の資格登録者リストは，必要に応じリストを公開することがある。
③ インフラ調査士が対象とする施設は，道路施設に限られる。
④ インフラ調査士の点検業務とは，経験に基づく判断のみによる部材などの損傷程度の評価，対策区分の判定，点検結果の記録などである。

解答④

キーワード：インフラ調査士資格制度

【解説】インフラ調査士技術者認証基準（検規-6001）参照

①②③は記載の通り。
④の「経験に基づく判断のみ」という表記は誤りで正しくは「定期点検要領」であるので，不適当である。
従って，正答は④である。

問 7.　点検において，異常箇所の見落としを発見した。これについてインフラ調査士としてどう対応すべきか，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 担当した点検員から見落とした経緯・理由を聞き取り，今後このような見落としが起こらないように関係者全員に周知した。
② 見落とした経緯･理由について検討し，今後見落としが起きないように作業環境を改善した。
③ 見落とした箇所について入念に再調査を行ったので，管理者には報告しなかった。
④ 見落としを行なった点検員が担当した他の調査箇所について，再点検を別の点検員が行った。

解答③

キーワード：再発防止　PDCA　報告義務　危機管理

【解説】資格認証技術者等倫理規則（検規-6542）参照

① 再発防止に関する記述である。見落とした経緯，理由などを明らかにし，関係者全員に周知することは再発防止の観点から重要である。
② 作業環境改善に関する記述である。管理業務を円滑に進めるための手法であるＰＤＣＡサイクル（Plan（計画）→ Do（実行）→ Check（評価・検証）→ Act（見直し・改善））などを用いて，見落とした原因が作業環境にあった場合には，その問題点を明らかにし，その改善を行う。
③ 連絡報告は，点検業務の基本であり，業務過程で生じた見落としなどについても管理者にしっかりと報告しなければならない。社内でも，ホウレンソウ（報告・連絡・相談）は，重要である。
④ 見落としを行った点検員の担当した調査箇所には，同様な見落としのおそれがある。また，点検員の適格性に原因があることも考えられる。そのため，危機管理の観点から，再点検に当たっては，別の点検員が担当することが望ましい。

問 8.　定期点検では，点検員が現地で対象構造物に近接して，部材の状態を直接目視により観察する目視点検を基本としている。目視点検に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 特別な機器を必要としない場合が多い。
② 経験に基づき複合的に状態を把握できる。
③ 数値的な記録を残せることに強みがある。
④ その場で異常の有無を確認できる。

解答③

キーワード：目視点検　特長

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 16 頁参照

目視点検の主な特長を以下に示す。

- 即時性：その場で異常の有無を確認できる。
- 柔軟性：現場状況に応じて観察範囲や方法の調整が可能である。
- コスト効率：特別な機器を必要としない場合が多い。
- 総合判断が可能：経験に基づき複合的に状態を把握できる。

一方，目視点検には以下に示す限界がある。

- 主観性：点検者の経験や知識に依存する。
- 定量性の不足：数値的な裏付けが弱い場合がある。
- 見えない部分の把握困難：内部欠陥や微細な損傷は検出しにくい。
- 再現性の課題：同一箇所でも点検者により評価が異なる可能性がある。

問 9.　インフラ点検業務を行う際の安全管理に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 交通環境下での作業においては，必要に応じて道路管理者と協議するとともに，所轄労働基準監督署に道路使用届を事前に提出する必要がある。
② 高所や狭い場所での作業においては，事前にリスク評価を実施し，落下・転落・接触事故の防止対策を講じる必要がある。
③ 作業車両は交通の流れや作業内容を考慮して配置し、後方からの追突防止措置として標識車や緩衝車を設置する等の対策を講じる。
④ 橋梁やトンネル等では，必要に応じて片側交互通行や車線規制を行い，一般車両との接触事故を防止する。

解答①

キーワード：安全管理

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 15-16 頁参照

① 交通環境下での作業においては，必要に応じて道路管理者と協議するとともに，所轄警察署の道路使用許可を受ける必要がある。

問 10. 鋼材に発生する腐食に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 鋼材は，水分の存在で大気中の酸素と反応して錆びる。
② 乾湿が繰り返される箇所では，一般に，腐食は進行しにくい。
③ 腐食した箇所だけを補修して腐食しにくくした場合、補修箇所の境界付近で新たなマクロセル腐食が発生することがある。
④ コンクリート中の鉄筋は錆びると体積膨張するので，コンクリートにひびわれが発生し，さらに腐食が進行するとかぶりが剥落する。

解答②

キーワード：鋼材　損傷　腐食

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 17-19 頁参照

② 鋼材は，水分の存在下で大気中の酸素と反応して錆びる。塗装によって空気や水分を遮断すれば鋼材は錆びないが，完全に鋼材が保護されていないと鋼材は腐食する。そのため，水処理不良により乾湿が繰り返される箇所で腐食が発生しやすくなる。

問 11. 鋼材に発生する亀裂に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 鋼材に切り欠きがあると，その先端付近には周りよりも極端に大きな応力が発生する。
② 鋼材の疲労破壊は、繰返し応力の作用で切り欠き先端からの亀裂が進展することで発生する。
③ 応力集中は，鋼材表面で発生し，鋼材内部には生じない。
④ 構造物の安全性に係るような亀裂は，目視点検で発見できことが多い。

解答③

キーワード：鋼材　損傷　亀裂

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 19-20 頁参照

③ 応力集中は，端部だけに生じるわけではない。内部からでも亀裂は進展する。また，端部・内部問わず，剛性の異なるものが混入していると，応力集中で亀裂が発生する。例えば，硬いものが混入していると，荷重で引張応力が発生した場合，周りが伸びようとしても，硬い異物はさほど伸びないので，境界周辺で大きな引張応力が発生し亀裂が発生しやすくなる。そのため，亀裂は，端部から発生するだけでなく，溶接部などで内部から発生することもある。

問 12. コンクリート構造物に発生する初期欠陥に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 沈下（沈み）ひびわれは，固体粒子の沈下が鉄筋や型枠で拘束されて発生する。
② プラスチック収縮ひびわれは，セメントの水和反応による水和熱で，コンクリートに発生する。
③ コールドジョイントは，こわばりはじめた下層のコンクリートの上に上層コンクリートを打ち重ねた場合や，打重ね時の締固め方法が適切でなかった場合に発生する。
④ 豆板は，コンクリートを打ち込んだ時，先走りした粗骨材の隙間にモルタルが充填しないことで発生する。

解答②

キーワード：コンクリート　損傷　初期欠陥

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 20-22 頁参照

② プラスチック収縮ひびわれは，風が強く乾燥しやすい暑中にブリーディング水が蒸発し，コンクリート表面が乾燥することで，微細な網目状に発生する。そのため，施工にあたっては，直射日光や風が直接当たらないように注意し、膜養生剤（材）を用いて乾燥しないように注意している。これも，コンクリートの硬化前に発生するので，再振動締固めや再仕上げで消失させることができるが，発生を防止する施工が重要である。

問 13. コンクリート構造物に発生する初期欠陥の種類と，発生原因となるキーワードの組合せのうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 沈み（沈下）ひびわれ　：沈下の拘束，ブリーディング
② 温度ひびわれ　：温度管理，内部拘束
③ コールドジョイント　：打重ね，締固め
④ 砂すじ　：早期脱型、乾燥

解答④

キーワード：コンクリート　初期欠陥　発生原因

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 20-22 頁参照

④ 砂すじは、打ち込んだコンクリートが型枠面で、ブリーディング水で洗われて砂がコンクリート表面に現れた状態である。
早期脱型や乾燥によって、コンクリート表面から水分が散逸すると水和に必要な水分が不足して圧縮強度の低下などを生じさせる。

問 14. コンクリートの劣化によるひびわれと発生原因のキーワードの組み合わせに関する次の記述のうち，不適当な組み合わせを一つ選び，記号で答えよ。

① 中性化によるひびわれ　：水酸化カルシウム，二酸化炭素，鉄筋の錆
② 塩害によるひびわれ　：塩化物イオン，鋼材の腐食，膨張
③ アルカリシリカ反応によるひびわれ　：水和反応，発熱，内部拘束
④ 凍害によるひびわれ　：凍結融解の繰返し、水の凍結膨張、凍結防止材

解答③

キーワード：コンクリート　劣化

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 22 頁参照

コンクリート構造物の代表的な劣化の機構としては，中性化・塩害・アルカリシリカ反応・凍害・化学的腐食・疲労等があり，これらの劣化作用により構造物の性能が低下する。

セメントの水和反応は，発熱反応である。そのため，セメントの水和熱で，初期欠陥としてコンクリートに温度ひびわれが発生することがある。例えば，寸法の大きいマッシブなコンクリート（マスコン）で適切な養生・温度管理を行わなければ，大きなひびわれが発生する。

アルカリシリカ反応では，骨材中に含まれる反応性の鉱物がアルカリ金属（Na＋，K＋等）と反応し，コンクリート中の自由水あるいは外部から供給される水分を吸収し，アルカリ・シリカゲルの膨張圧によってコンクリートにひびわれが発生する。アルカリ金属イオンは，セメント，混和剤の他，飛来塩分（NaCl，KCｌ）から供給される。

凍害によるひびわれは、長年にわたる凍結と融解の繰り返しによって、コンクリート中の水の凍結膨張によるひび割れが徐々に進展することで発生する劣化現象である。

問 15. コンクリートの劣化の種類とその概要の組み合わせのうち，不適当な組み合わせを一つ選び，記号で答えよ。

記号	劣化の種類	概要
①	中性化	セメントの水和反応生成物である水酸化カルシウムが，大気中の二酸化炭素と反応して炭酸カルシウムに変化し，コンクリート表面から内部に向かって徐々にアルカリ性が失われる現象
②	塩害	外部から化学物質が侵入すると，コンクリート内部の水酸化カルシウムなどと反応し，分解や溶解，膨張を生じさせて劣化を引き起こす現象
③	アルカリシリカ反応	骨材中に含まれる反応性の鉱物がアルカリ金属（Na^+，K^+等）と反応し，コンクリート中の自由水あるいは外部から供給される水分を吸収し，アルカリ・シリカゲルの膨張圧によってコンクリートにひびわれを発生させる現象
④	凍害	コンクリート中の毛細管や内部に存在する空洞等に水が侵入し，その水が凍結する時の膨張によって発生し，長年にわたる凍結と融解の繰り返しによってコンクリートが徐々に劣化する現象

解答②

キーワード：コンクリート　劣化

【解説】インフラ調査士講習会用テキスト総説　第 5 章目視点検の基礎 22-23 頁参照

塩害は，塩化物イオンによるコンクリート中の鋼材が腐食し膨張することで，かぶりコンクリートにひび割れや剥離を発生させる現象である。

②の塩害の概要で説明されている内容は、コンクリートの化学的腐食に関する記述になる。なお、コンクリートの化学的腐食における「外部からの化学物質」には，酸性物質，硫酸塩，塩化物，軟水，微生物などがある。

インフラ調査士講習会

演習問題

橋梁（鋼橋・横断歩道橋）編

問 1.　点検方法と調査方法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 点検には通常点検，中間点検，特定点検，異常時点検及び定期点検がある。
② 追跡調査は，点検で損傷など異常箇所が発見された場合，補修方法の策定に主眼をおいた調査である。
③ 通常点検とは，道路の通常巡回として道路パトロールカーで行う目視点検をいう。
④ 異常時点検は，地震，台風，集中豪雨，豪雪などの災害や大きな事故が発生した場合，橋梁に予期していなかった異常が発見された場合などに行う点検をいう。

解答②

キーワード：道路施設の点検（定義）

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）3-4 頁参照

道路施設の点検（調査）とその内容の概略を次に示す。

(1)通常点検

損傷の早期発見を図るために，道路の通常巡回として実施するもので，道路パトロールカーからの目視を主体とした点検をいう。

(2)中間点検

定期点検を補うために，定期点検の中間年に実施するもので，既設の点検設備や路上・路下からの目視を基本とした点検をいう。

(3)特定点検

塩害などの特定の事象を対象に，予め頻度を定めて実施する点検をいう。

(4)異常時点検

地震，台風，集中豪雨，豪雪などの災害や大きな事故が発生した場合，橋梁に予期していなかった異常が発見された場合などに行う点検をいう。

(5)定期点検

橋梁の損傷状況を把握し損傷の判定を行うために，頻度を定めて定期的に実施するもので，近接目視を基本としながら目的に応じて必要な機械・器具を用いて実施する詳細な点検をいう。

(6)詳細調査

補修などの必要性の判断や補修などの方法を決定するに際して，損傷原因や損傷の程度をより詳細に把握するために実施する調査をいう。

(7)追跡調査

詳細調査などにより把握した損傷に対してその進行状況を把握するために，損傷に応じて頻度を定めて継続的に実施する調査をいう。

上記のように，設問中②の追跡調査は補修方法の策定ではなく，進行状況の把握であるため不適当である。

なお，橋梁の定期点検要領では，日常点検や緊急点検，又は臨時点検という用語は規定されていない。

問 2.　鋼橋に関する一般的な特徴として，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 補剛材（リブ材）は，圧縮力による座屈を抑制する為に用いられる。
② 座屈有効長を狭く(短く)すると圧縮に対する座屈耐力は大きくなる。
③ コンクリートに比べると，単位体積重量が大きいため，上部工の死荷重が大きくなる傾向にある。
④ さびやすい材料のため，塗装などの防錆対策が必要である。

解答③

キーワード：鋼橋，材質，錆

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）7 頁参照

鋼材は引張に強いが，圧縮側は座屈の関係で耐力が低くなる特性をもっている。このため，右の写真に示すように，圧縮応力が作用する部材には，座屈防止のため，鋼板に補剛材（リブ材）を接合して座屈影響範囲を狭くすることで対処している。よって①と②は正しい。

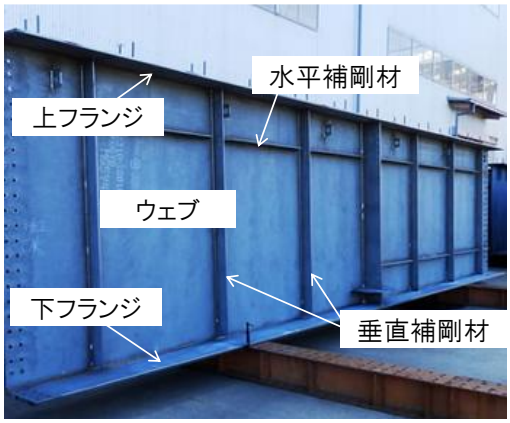


写真　鋼桁の補剛材設置状況

鋼材は重量の割に高い強度を有し，弾力性に富む材料である。コンクリートに比べると，鋼材の単位体積重量は大きいが，上部工の断面積は小さくなるため，結果的に死荷重は小さくなる。例えば，舗装を介して車輪に接するような鋼桁上の床版には，一般的に RC や PC が用いられているが，橋長が長くなると，鋼床版を使用し重量低減をはかっている。よって③は不適当である。

鋼材はさびやすいという短所がある。このため，現在は耐候性鋼板の使用なども増加しているが，一般的に使用されている構造用圧延鋼材ではその表面を塗装する。ただし，塗装自体も自然環境のもとで劣化するため，定期的な再塗装などを行う必要がある。よって④は正しい。

問 3.　鋼道路橋の設計に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 許容応力度設計法では，使用状態における作用応力が許容応力以下となるように設計し部材の安全性の評価を弾性範囲内で行っている。
② 圧縮応力を受ける鋼板部材の設計では，座屈の影響を考慮して，鋼種，板厚，板の固定範囲(長さ)などの関係から許容応力を低減させている。
③ 許容応力度設計法では，材料の許容応力度のみならず，荷重の変動や部材のばらつき，構造解析上の不確実性などの種々の要因を考慮して，安全率を決定している。
④ 平成 29 年に改訂された道路橋示方書では，安全率を要因ごとに細分化して設定する部分係数設計法や一部塑性域も考慮した解析に基づく限界状態設計法が取り入れられている。

解答③

キーワード：許容応力度設計法，部分係数設計法，限界状態設計法，安全係数，耐震設計

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）26-28 頁参照

構造物の設計手法は大別すると，「許容応力度設計法」と「限界状態設計法」がある。前者は，線形弾性理論に基づき，使用状態における作用応力が許容応力以下となるように設計する方法であり，比較的簡便でわかりやすい利点を有している。許容応力はある基準値を安全率(安全係数)と呼ばれる値で除して求めるが，安全率は鋼材・鋼種又は用途に応じて異なる。例えば，道路橋示方書(平成 24 年版)によれば，構造用鋼材の許容引張応力は基準降伏点を安全率 1.7 程度で除し，許容せん断応力は許容引張応力を$\sqrt{3}$で除した値としている。

しかし，一般に，安全率は鋼材・鋼種又は用途のみならず，荷重の変動，部材や施工のばらつき，構造解析上の不確実性などにも依存している。この意味において許容応力度設計法における安全率の根拠は不明瞭なものとなっている。そこで，平成 29 年版の道路橋示方書では，外力，抵抗力のそれぞれに対して，安全率を要因ごとに細分化して設定する部分係数設計法が導入されたとともに，橋としての荷重を支持する能力に関わる観点及び橋の構造安全性の観点から 3 段階の橋の限界状態を設定し，それらの限界状態に対して，所要の信頼性を有して橋の耐荷性能が満足されるように設計する限界状態設計法が取り入れられた。

問 4.　鋼材の力学的特性に関する次の記述のうち，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

① 軟鋼の降伏応力は，下降伏点での応力とするのが一般的である。
② 鋼材の降伏応力や引張強さは鋼種によって異なるが，応力-ひずみ関係の傾きから求められるヤング(弾性)係数は鋼種によらずほぼ一定の値を示し，おおよそ 2.0×10^5 N/mm^2 (200GPa)である。
③ 鋼材の許容せん断応力は降伏応力の 1/1.7 倍程度であり，許容引張応力は許容せん断応力の $1/\sqrt{3}$ 倍である。
④ 引張強さは，除荷後に残る塑性ひずみが 0.2%となるときの応力である。

解答②

キーワード：応力-ひずみ，ヤング係数，降伏応力，引張強さ，許容応力

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）27-29，55-56 頁参照

① 軟鋼での下降伏点は，試験の制御方法，試験機の剛性などの各種の要因に敏感なため，上降伏点を単に降伏点と呼び，そこでの応力を降伏応力とするのが一般的である。なお，明瞭な降伏点を示さない鋼材においては，永久ひずみが 0.2%となる応力を強度の基準とすることが多い。
② 下図は，軟鋼の試験片の引張試験によって得られる典型的な応力-ひずみ関係を示したものである。②の記述は正しい。
③ 鋼材の許容引張応力は降伏応力の 1/1.7 倍程度であり，許容せん断応力は許容引張応力の $1/\sqrt{3}$ 倍である。
④ 引張強さは応力-ひずみ曲線における最大応力をいう。

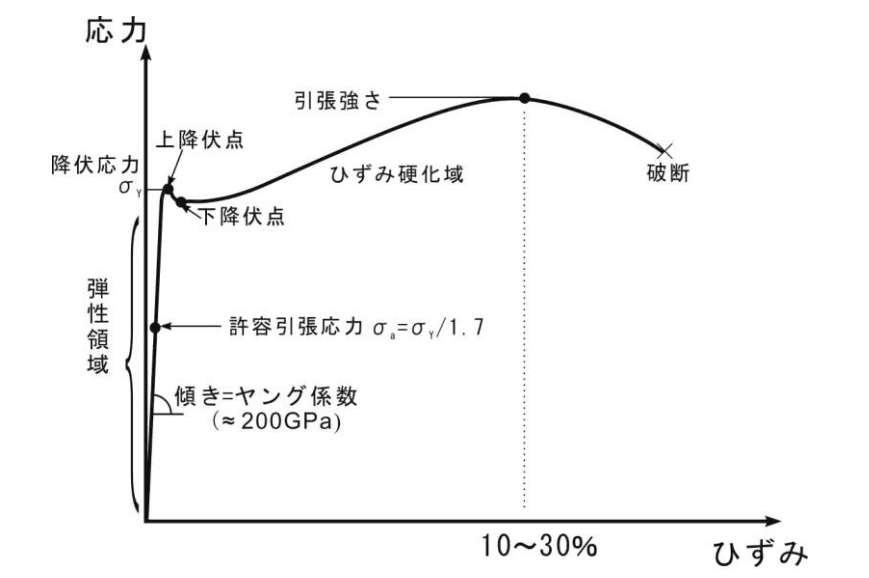
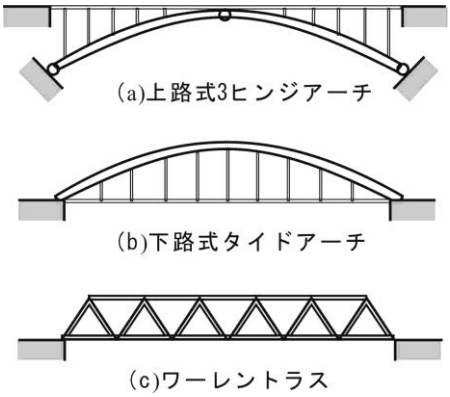


図　軟鋼の応力－ひずみ曲線

問 5.　橋梁の構造的な特徴に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 図(a)に示す上路式 3 ヒンジアーチのアーチ部材には圧縮の軸力が作用する。
② 図(b)に示す下路式タイドアーチのアーチ部材には引張の軸力が作用する。
③ 図(c)に示すワーレントラスの上弦材には圧縮の軸力が作用する。
④ 図(c)に示すワーレントラスの下弦材には引張の軸力が作用する。



解答②

キーワード：構造形式，アーチ，トラス，軸力

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）29 頁参照

一般にアーチ部材には，主として軸力が作用するが，上路式，下路式に係わらずアーチ部材の軸力は圧縮力となる。

トラス部材は，曲げやせん断力は作用せず，軸力のみが作用するものとして設計されている。トラス構造全体を一つの梁のようにみなして作用する軸力を考察することができる。

図(c)の場合，荷重が作用すると，トラス構造全体が下に凸にたわむので，上弦材は縮み，下弦材は伸びる。したがって，上弦材には圧縮力が作用し，下弦材には引張力が作用する。

問 6.　鋼橋における次の部位のうち，普通鋼材の腐食しやすい箇所として最も不適当なものを選び，記号で答えよ。

① 水平補剛材とウェブとの接合付近
② 箱桁上フランジ下面（箱桁内面）
③ 主桁下フランジ上面
④ 鋼材のコンクリート埋込み部付近

解答②

キーワード：滞水

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）42-44 頁参照

鋼材の腐食は水分と酸素の供給や塩分の付着，浸透により発生する。また，その腐食進展の程度は構造物の環境条件や種類及び部位などに大きく左右されるが，腐食のしやすい箇所を列記すると下記のとおりである。

(1) 伸縮目地からの漏水が多い桁端部及び支承部周辺
(2) 床版のひびわれなどからの漏水箇所
(3) 水平材上面の滞水しやすい箇所
(4) 泥，ほこりの堆積しやすい下フランジ上面
(5) トラス，アーチの斜材，垂直材で，床版や地覆コンクリートに埋め込まれた部分
(6) 海岸近くの橋梁

設問中の①は(3)，③は(4)，④は(5)に相当し，滞水しやすい箇所である。一般に滞水・乾燥を繰り返す部位は，水分及び酸素の供給が多くなるため腐食しやすい。

②の箱桁上フランジ（箱桁内面）は，選択肢の中において最も滞水しにくい部位であるから，不適当なものとしてよい。

問 7.　疲労亀裂に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 亀裂は溶接止端などの鋼材表面から発生する場合と，溶接内部のきずなどが原因で内側から発生する場合がある。
② 亀裂が溶接部に発生した場合，溶接部の残留応力が開放され，亀裂が停留する場合もある。
③ 鋼材溶接部の表面から発生した場合の亀裂の表面上長さは、その内部の亀裂長さより短い。
④ 鋼材溶接部の表面の微細な亀裂の補修として，切削除去を行う場合がある。

解答③

キーワード：応力集中，繰返し応力，発生部位

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）44-49 頁参照

疲労亀裂は、溶接止端部や部材の断面急変部など、応力集中が生じやすい箇所に発生しやすい。また、外観だけでは確認できない場合もあるため、必要に応じて適切な方法で状態を把握する。

一般に繰返し応力が大きいほど，繰り返し数が多いほどその進展は速くなる。また，ある一定の応力以下では疲労亀裂は発生せず，この応力を疲労限と呼ぶ。

溶接部は，溶接時に受ける熱変化による膨張収縮過程において残留応力が生じる。この応力は溶接部内において引張応力として作用するため，応力集中に対して敏感である。一般にこの引張応力は亀裂を進展させる方向に働くが，亀裂が発生したことにより残留応力から開放されることもあり得る。この場合には亀裂の進展が止まることもあるので②も正しい。

鋼材表面に発生した亀裂は表面を中心に進展し，長さを増していく。その過程で徐々に内部への深さも増していくので, 表面での亀裂長さは常に最大となり, 内部に行くにしたがって亀裂長さは短くなる。③が不適当となる。

鋼材表面の亀裂の補修方法は様々あるが, 亀裂が微細な場合は切削により亀裂が消失することも多い。わずかな切削除去により亀裂が消失したときには，再び応力集中が起きないよう切削部周辺を滑らかに仕上げることにより補修完了とすることもあるため，④は正しい。

問 8.　点検内容に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 「腐食」は板厚減少をともなう錆の発生であり，「防食機能の劣化」は板厚減少をともなわないとみなせる程度の軽微な錆の発生をいう。
② 鋼製橋梁の定期点検で塗膜割れが確認された場合，亀裂の目視確認ができた時は「亀裂」と判定し，亀裂を直接確認できなかった時は，「防食機能の劣化」と判定する。
③ 損傷種類の「破断」のうち，ボルトやリベットの切断・破損は「ゆるみ・脱落」とする。
④ 鋼製橋脚の局部的な腐食の詳細調査では，塗膜に付着した塩分濃度測定試験と塗膜厚測定を実施し，原因を推定する。

解答②

キーワード：損傷内容，損傷程度，詳細調査

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）第 4 章参照

「腐食」の定義は，板厚減少の有無にかかわらず錆が発生している場合となっているが，一般的に選択肢①に示すように板厚減少をともなう場合を「腐食」，ともなわない場合を「防食機能の劣化」として使い分けを行っている。

断面急変部，溶接接合部などで，塗膜割れが確認され，直下の鋼材に亀裂が生じている疑いはあるが，亀裂を直接確認していない場合は「亀裂」と「防食機能の劣化」とする。よって②が不適当となる。

ボルトやリベットの切断・破損は「ゆるみ・脱落」とすることとなっているので，③は正しい。

局部的な腐食は，環境に起因するもの，材料劣化（鋼材・塗装）によるもの，塗装工事の施工不良によるものなど様々な要因が考えられる。再発防止の観点から，損傷の原因を特定しておかなければならない。原因推定のための調査方法として，④では塩分濃度測定試験と塗膜厚測定が示されている。これがすべてではないが，誤ってはいない。

問 9.　定期点検方法に関する次の記述で，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 「鋼橋」の腐食については，近接目視及び補助的に超音波厚さ計を使用する。
② 橋脚及び主桁隅角部の亀裂の点検は，近接目視に先立ち，渦流探傷試験又は磁粉探傷試験をおこなう。
③ 高力ボルトの「ゆるみ・脱落」は近接目視と点検ハンマーによる打音検査で実施する。
④ 塗膜については，近接目視で塗膜の割れ，うき，はがれなどを点検する。

解答②

キーワード：近接目視，打音，腐食，亀裂，ゆるみ，脱落，塗膜割れ

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）第 4 章参照

定期点検では，すべての部材に近接して部材の状態を評価することを基本とする。土中など物理的に近づくことができない部位に対しては，同一部材の当該部位の周辺の状態などに基づき状態を評価する。

また，状態を確認するための調査などを必要に応じて実施する。損傷や変状の種類によっては，表面からの目視によるだけでは検出できない可能性があるものもある。このような事象に対しては，触診や打音も含めた非破壊検査が有効であることも多く，必要に応じて目視以外の方法も併用する。

なお，近接目視とは，肉眼により部材の変状などの状態を把握し評価が行える距離まで近接して目視を行うことを想定している。

非破壊検査の手法を用いる場合，機器の性能や検査者の技量など様々な条件が検査精度に影響を及ぼすため，事前に適用範囲や検査方法の詳細について検討しておくことが必要である。

下表に，鋼橋の定期点検における代表的な点検方法を示す。

番号	損傷の種類	点検の標準的方法	必要に応じて採用することのできる方法の例
①	腐食	目視，ﾉｷﾞｽ，点検ﾊﾝﾏ	超音波厚さ計による板厚計測
②	亀裂	目視	磁粉探傷試験，超音波探傷試験， 渦電流探傷試験，浸透探傷試験
③	ゆるみ・脱落	目視，点検ﾊﾝﾏ	ﾎﾞﾙﾄﾍｯﾄﾞﾏｰｸの確認，打音検査 超音波探傷試験（F11T など） 軸力計を使用した調査
④	破断	目視，点検ﾊﾝﾏ	打音検査（ボルト）
⑤	防食機能の劣化	目視	写真撮影（画像解析による調査） インピーダンス測定，膜厚測定，付着性試験

設問①，③，④は，近接目視や点検ハンマーを用いて点検する記述であり，正しい。

②は，近接目視に先立って渦電流探傷あるいは磁粉探傷を実施するとしており，誤りである。正しくは，定期点検の近接目視で亀裂を確認した後に，必要に応じて渦電流探傷あるいは磁粉探傷を適用することになる。

問 10.　鋼製橋脚の点検に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 鋼製橋脚の隅角部には疲労亀裂が生じやすいので，定期点検時の近接目視点検では塗膜割れなどに着目し点検を実施しなくてはならない。
② 隅角部の疲労亀裂は，鋼製橋脚の板組みにより亀裂が生じやすい部位が異なる。
③ 鋼橋の下部構造である橋脚の点検で対象とする損傷の種類は，上部構造の点検で対象とする損傷の種類と同じである。
④ 鋼製橋脚では，常時水中あるいは海中にある部分に比べて，しばしば水没する部分の方が腐食しやすい。

解答③

キーワード：点検，試験方法，鋼製橋脚，隅肉部，上部構造，疲労亀裂，腐食

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）第 4 章

鋼橋の点検として主要な損傷は，疲労亀裂と腐食である。特に，疲労亀裂は，微小な亀裂が発生しても直ちに部材や構造全体が危険な状態へとはならない。放置すると先端の応力集中により徐々に進展していき，最終的には破壊にいたるので，亀裂を早期に発見し対策を講じることが重要である。

疲労亀裂は，主部材と二次部材などの接合部に発生している例が多く，橋脚の隅肉部などの目視点検では塗膜割れなどに着目することが必要である。また，点検する際には対象物を漠然と近接目視するのではなく，各々の部位に対して対象とする損傷の種類が示されている。

たとえば，下部構造である橋脚を点検する際には，「腐食」「亀裂」「ゆるみ・脱落」「破断」「防食機能の劣化」「補修・補強材の損傷」「漏水・滞水」「異常な音・振動」「異常なたわみ」「変形・欠損」が対象とする損傷の種類である。それに対して上部構造を点検する場合には，上記項目に加えて上部構造特有な箇所である「遊間の異常」「定着部の異常」も対象とする項目になる。

支承部の支承本体の点検の場合は，下部構造である橋脚の対象損傷に加え，「遊間の異常」「支承部の機能障害」「土砂詰り」「沈下・移動・傾斜」も対象損傷となる。

すなわち，現行の橋梁定期点検要領「状態の把握の方法」には構造や機能を阻害するおそれのある損傷を，部位や部材ごとに整理して，点検すべき損傷の種類が示されており，その項目に沿って点検を実施することが大切である。

また，鋼材の腐食は水分，酸素，塩分により発生するが，腐食進展の程度はそれらの条件によって異なる。一般に，常時水中あるいは海中にある部分に比べて，しばしば水没する部分(乾湿を繰り返す部分)の方が腐食しやすい。

問 11. 橋梁定期点検では，鋼材の「亀裂」の『損傷程度』を評価するようになっているが，その判定に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 亀裂が疑わしい塗膜割れに対して，点検時に磁粉探傷試験を行い，亀裂ではないと確認されたため，損傷なしの“a”とした。
② 亀裂が確認されたが，数が少なく，その長さも 3㎜ 未満なので評価区分を“c”とした。
③ 断面急変部に塗膜割れが確認されたので評価区分を“d”とした。
④ 溶接接合部に 10㎜ 以上の線状の塗膜割れが生じており，直下に亀裂が生じている疑いがあるため，評価区分を“e”とした。

解答③

キーワード：損傷程度，亀裂，疲労，磁粉探傷

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）140-150 頁，橋梁定期点検要領 付録－3「損傷程度の評価要領」②亀裂参照

橋梁定期点検要領による損傷種類「亀裂」の損傷程度の評価に関する問題である。
点検要領では，近接目視を基本としているが，非破壊試験を行うことを否定しているわけではなく，①のように，非破壊試験で損傷なしと確認されれば“ａ”としてよいことになる。
ちなみに，非破壊試験を行わない場合では，問題④のような対応となる。

「亀裂」の『損傷程度の評価』は，点検要領によると“ａ”，“ｃ”，“ｅ”の 3 段階評価で，“ｂ”，“ｄ”区分は無い。したがって，③では“ｄ”としているのが誤りであり，単純なひっかけ問題である。

なお，『損傷程度の評価』“ｃ”，“ｅ”の区分の目安は亀裂長さを 3 ㎜としている。したがって，②では，3 ㎜未満なので，“ｃ”となる。

④について，点検要領によると，亀裂を確認できないが，位置的に溶接接合部付近の場合は塗膜割れだけの確認でも，亀裂の疑いがあれば「亀裂」として取扱うようにしている。また，その長さが 3mm 以上あるため，損傷程度は“e”となる。ただし，このような条件の場合は「亀裂」以外にも「防食機能の劣化」としても取り扱う必要がある。

なお，『損傷程度』は“ａ～ｅ”の 5 段階区分が基本となるが，損傷種類によっては 2～4 段階区分としているものもあるので注意してほしい。

問 12.　次の写真は，鋼 I 桁の点検時の腐食状況の写真である。写真と下記の損傷状況から判断される要素単位（黄色の丸印）の『損傷程度の評価』のうち，適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

写真	点検結果
	【損傷状況】 腐食は最大引張応力が作用する主桁である。しかも，この下フランジにある程度拡がりのある錆が連続して発生している。 ただし，著しい板厚減少は視認できない。 なお同一部材番号の他要素は同程度か幾分軽度の状態である

記号	損傷程度の評価
①	b
②	c
③	d
④	e

解答②

キーワード：鋼 I 桁，腐食

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）139 頁参照

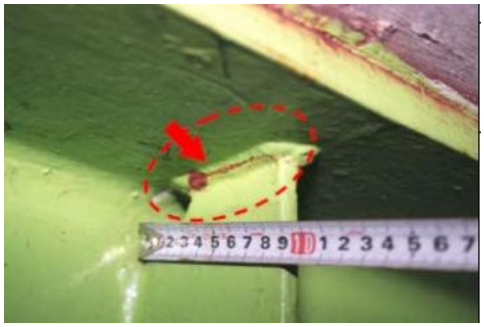
橋梁定期点検における「腐食」の『損傷程度の評価』は，損傷の深さ（板厚減少，又は表面の膨張）と発錆の面積で各々の‘大小’の組合せで評価区分を行っている。

設問の条件では下記のように判断される。

損傷の深さ：板厚減少は視認できない　→　‘小’
損傷の面積：下フランジに着目すれば　→　‘大’
} 損傷程度の評価 “c (小大)”

なお，腐食の発生箇所では，周辺に板厚減少がなく，腐食が点在する程度の損傷も発生していることも多いと考えられる。したがって，この場合，同一部材番号及び要素内でも「腐食」にあわせて「防食機能の劣化」も対象として扱う必要もある。

問 13.　次の写真は，鋼桁の垂直補剛材上側部分の「亀裂」の発生状況を撮影したものである。亀裂長さ及び亀裂幅ともＡ橋の方が大きい。この状況で考えられることとして次に示す記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

Ａ橋：鋼Ｉ桁橋	Ｂ橋：鋼床版箱桁
	

① 亀裂は溶接接合部の施工不良か応力集中が原因とみられ，Ａ，Ｂ橋ともに溶接部内に亀裂が発生し，直接，母材には影響していないと想定される。
② Ａ橋は，直ちに主桁本体が破断する可能性が少ないため，亀裂の位置・進展状況等を踏まえ、必要な調査や措置を検討することとした。
③ Ｂ橋は，別途，路面の変状（陥没など）を確認する必要がある。
④ Ｂ橋は，橋梁としての安全性の観点から速やかに補修を行う必要がある。

解答①

キーワード：鋼Ｉ桁，鋼床版，疲労亀裂

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）149 頁参照

Ａ，Ｂ橋ともに亀裂長さは 3mm 以上あるため，「亀裂」としての損傷程度の評価区分は最も厳しい“ｅ”となる。なお，問題文には，亀裂幅に関することも記載しているが，亀裂の『損傷程度の評価』には亀裂幅は関係しない。

構造的に鋼Ｉ桁(Ａ橋)の上フランジ上には RC スラブがあることから，主桁としてただちに上部構造物の耐荷力に影響する可能性が少ない。ただし，写真の状態から亀裂が垂直補剛材のほぼ全幅近くまで発生しており，今後の進行も考えられる。

これに対して，Ｂ橋は亀裂がデッキプレートに伸びた亀裂である。このため，路面の状況を確認する必要はあるが，さらに進展するとデッキプレートを貫通し，床版の耐荷力不足及び路面の陥没による第三者被害におよぶ心配もあることから，速やかな対策を必要としている。

したがって，設問②の Ａ橋に関する記述及び③④の Ｂ橋に関する記述は正しいので、①が誤りとなる。

問 14.　鋼材の疲労亀裂の補修方法としてのストップホールについて，次の記述で，<u>不適当なもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。

① ストップホールは，亀裂進展を一時的に停止させることに使用される。
② ストップホールの開孔部に，高力ボルトを取付け，締付けることはストップホールの効果を高める。
③ 亀裂先端部が明確でない場合には，ストップホールの施工に先立ち非破壊試験で確認する。
④ 損傷箇所を鋼板で補修する場合，ストップホールを併用してはならない。

解答④

キーワード：ストップホール，応急対策，疲労亀裂，亀裂先端，応力集中，磁粉探傷試験

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）22-229 頁参照

ストップホールとは，下の写真 1 に示すように亀裂の先端に丸い穴を削孔することで，亀裂先端の応力集中を除去し，亀裂の進展を一時的に停止させる応急対策工法である。

写真 2 のようにストップホールの開孔部に高力ボルトを挿入し締め付けることで，ストップホールの効果を高めることができる。

ストップホールの施工に関して，亀裂先端が明確でない場合，磁粉探傷試験などの非破壊検査でその先端を確認し，その先端を残さないようにストップホールを削孔することが肝要である。

ストップホール施工後の恒久対策としては，写真 3 に示すような当て板（鋼板）による補修を併用する場合が多い。

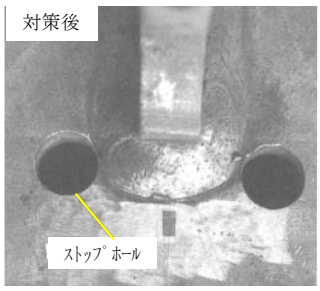


写真 1　ストップホール

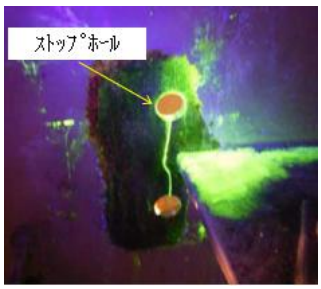


写真 2　ストップホール部の高力ボルト締め付け

写真 3　当て板（鋼板）による補修の施工例（切欠き部）

問 15.　次の損傷の種類と応急対策の組合せとして，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 主構造の破断　　－　ドリフトピンの打込み
② 鋼構造の疲労亀裂　－　ストップホールの施工
③ ボルトの脱落　　－　ボルトの復旧
④ 支承の損傷　　－　仮沓の設置

解答①

キーワード：応急対策，主構造の変形・損傷，仮支保工の設置，疲労亀裂，ストップホール施工，ボルトの脱落，ボルトの復旧，ドリフトピンの施工，支承の損傷，仮沓の設置

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）第 7 章頁参照

応急対策とは，損傷の状況に応じた緊急の対応策で，その後に恒久的な補修・補強などの対策を行うことを前提とした暫定的な対策である。

主構造の破断といった重大損傷の場合には，道路橋として機能に支障が生じているか，また，生じる可能性が著しく高く，緊急に措置を講ずべき状態であり，仮支保工などによる仮補強の応急対策が必要となる。写真は，トラス橋の弦材が破断し，応急対策として，破断箇所に仮支保工を設置した事例である。

鋼構造の疲労亀裂は，亀裂の進展を一時的に停止させる応急対策として，ストップホールが施工される。その際，亀裂の発生位置，亀裂の長さから緊急性の有無を確認し，構造物の安全性照査の結果，さらに通行止めや仮支持などの応急対策が必要となる場合がある。

ボルトの脱落による接合強度不足で，構造安全性を損なう状況と判断された場合には，緊急対策としてボルトの復旧やドリフトピンの打込みを行う必要がある。なお，ドリフトピンとは，先端にテーパーをもった仮設用のピンであり，継ぎ手の位置決めなどに用いられる。

支承の損傷として，下部工の移動などの原因により，支承ローラーが脱け出るような重大な損傷では，荷重支持ができなくなるとともに，路面に段差が生じて道路橋としての機能に支障をきたすため，仮沓を設置するなどの応急対策が実施される。

写真　トラス橋の弦材破断の応急対策

問 16.　非破壊試験方法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 腐食点検で使用する超音波厚さ計で減肉又は残肉厚を計測する場合は，腐食範囲近傍の健全部を厚さ計で計測し，デプスゲージで計測した腐食減肉寸法を減じる方法で測定する。
② 浸透探傷試験は，きず指示模様の大きさと滲みで，きずの深さを推定することができるが，磁粉探傷試験は表面きずの寸法や広がりしか確認できない。
③ 渦電流探傷試験は，表面に開口したきずや表面直下に生じたきずを検出できる。
④ 磁粉探傷試験は，現在一般的に使用されている溶接構造用圧延鋼板のみならず，橋梁用高降伏点鋼板にもそのまま適用できる。

解答②

キーワード：点検，非破壊検査，超音波厚さ計，浸透探傷試験，渦電流探傷試験，磁粉探傷試験

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）241-255 頁

詳細点検の手法として超音波厚さ測定, 磁粉探傷試験, 浸透探傷試験及び渦電流探傷試験などがある。

超音波厚さ測定は，探触子から送信された超音波パルスが対象検査物の底面で反射され再び探触子に受信され，その往復した時間と音速の関係から厚さを測定する。一般には，探触子を対象物に押し当てると，校正された測定器に表示値が示され，その表示値が厚さを表す。ただし，腐食などにより表面の凹凸が大きな場合は，腐食範囲近傍の健全部を厚さ計で測定し，デプスゲージで計測した腐食減肉寸法を減じる方法がとられる。

浸透探傷試験は，きずに浸透液を浸み込ませた後に表面に残存している浸透液を除去し，現像液を塗布することで，きず内部に浸透していた浸透液を吸い出す。実際のきずの幅に比べて拡大した指示模様を形成して視認する方法である。

磁粉探傷試験は，磁化した対象物に鉄粉を吸着させ，浸透探傷試験と同様に指示を拡大して視認性を良くすることで，きずを検査する手法である。

浸透探傷試験及び磁粉探傷試験は，きずの有無を検査することが可能であるが，原理的にきずの深さの情報を得ることはできない。

渦電流探傷試験は, 電磁誘導の原理できずの検出を行う方法である。渦電流は電気的な特性（透磁率，導電率）により変化するので，その変化を利用した試験方法であり，検査対象物が導電材料であれば適用が可能である。

問 17. 横断歩道橋の設計施工に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 横断歩道橋は単純な構造であり，地震時には落橋のおそれが無いことから落橋防止装置は必要としない。
② 横断歩道橋の直接基礎のコンクリート設計基準強度は，σ_{ck}＝24N/mm^2 を標準とする。
③ 横断歩道橋の照明については，周辺の道路状況や通行する自動車の運転者に悪影響を与えないように設計しなくてはならない。
④ 活荷重による主桁の固有振動数は，1.5～2.3Hz にならないようにすることが，必要である。

解答①

キーワード：横断歩道橋の施工設計

【解説】テキスト橋梁(横断歩道橋編)8～13 頁参照

立体横断施設の設置基準などは，「立体横断施設技術基準・同解説」（日本道路協会 S54.1）によるものとし，以下のとおりとすることが定められている。

・基 礎 工： 直接基礎のコンクリート設計基準強度は σ_{ck} ＝24N/mm^2（240kgf/cm^2）を標準とする。（材料の許容応力 σ_{ca} ＝8N/mm^2 の安全率 3 倍以上）
・落橋防止： 地震に対して落橋のおそれのないよう道路橋示方書（V 耐震設計編）・同解説（平成 24 年 3 月，日本道路協会）により設置するものとする。
・照　　明： 照明施設の設置位置については，通行する自動車の運転者に悪影響を与えないよう考慮するものとする。
・振　　動： 活荷重による主桁の固有振動数は 1.5～2.3Hz にならないようにすることが必要である。（活荷重の固有振動数との共振現象を防ぐため，また，低周波振動公害による人体への影響を避けるため）

従って，正解は，①で落橋防止装置は必要である。落橋防止装置の有無は，常識の範囲として知ってもらう必要がある。

問 18.　横断歩道橋の主要な損傷に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 歩道橋の主桁や横桁など主要鋼構造部材に生じた著しい亀裂や腐食（減肉）は，倒壊の原因となる損傷の可能性もあり，応急処置が必要である。
② 鋼構造部材の接合部に使用されている高力ボルトは，触診と打診によりゆるみなどを確認する必要がある。
③ コンクリート構造の部分に生じる損傷は，亀裂，うき，剥離・剥落，鉄筋腐食である。
④ 横断歩道橋本体に取り付けられている，標識や照明も歩道橋本体同様の点検を行うことが重要である。

解答③

キーワード：応急処置，応急対応

【解説】テキスト橋梁(横断歩道橋編)14 頁参照

① 主要鋼部材に生じた倒壊の可能性がある著しい亀裂や腐食（減肉）がある場合は，第三者被害などを避けるために立ち入り禁止措置や支保工補強などの仮補強を行うことが必要であり，適当。
② 適当
③ 亀裂は鋼部材に生じる損傷であり，コンクリート構造物に生じるのはひびわれであることから不適当。
④ 横断歩道橋の定期点検については，付属物に属する標識・照明も点検対象とすることから適当。

表　損傷の種類

鋼構造	コンクリート構造	その他
・腐食 ・亀裂 ・ゆるみ・脱落(ボルトなど)	・ひびわれ ・うき ・剥離・剥落 ・鉄筋腐食	・舗装のひびわれ・剥離 ・目隠し版・裾隠し板の亀裂・破断

問 19. 横断歩道橋の点検に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 定期点検は，横断歩道橋の維持管理を主目的とした点検であり，5 年に 1 回以上行う。
② 定期点検は，横断歩道橋各部材の状態を把握・診断し，必要な措置を特定することを目的としている為，損傷の有無や損傷の程度などの情報を得る点検である。
③ 定期点検は，安全かつ円滑な交通の確保，沿道施設や第三者への被害防止を図るために，横断歩道橋の維持管理を適切に行なうことを目的としている。
④ 定期点検は，落下や倒壊による第三者被害を防止する観点から，特に構造体の接合箇所において，非破壊試験をともなう点検と損傷判定が重要である。

解答④

キーワード：定期点検と総点検

【解説】テキスト橋梁(横断歩道橋編)15～30 頁参照

「定期点検」は，横断歩道橋の維持管理を主目的とした点検であり，定期的(5 年間隔)な点検を行うことにより，横断歩道橋各部材の状態を把握・診断し，当該横断歩道橋に必要な措置を特定するために損傷の有無とその程度などの情報を得るための点検である。さらに，その情報を用いて安全かつ円滑な交通の確保，沿道や第三者被害の防止を図るために横断歩道橋に係る維持管理を適切に行なうことを目的に実施するものである。また，点検結果は横断歩道橋の各部材について全体的な点検，部材ごとの対策区分の判定，部材ごとの健全性の診断及び橋単位の健全性診断までを行う。

①②③ 正しい文章。
④ 定期点検については，落下や倒壊による第三者被害の防止と構造体の接合箇所において非破壊試験をともなう点検と損傷判定は要求されていないことから不適当。

問 20.　横断歩道橋の応急処置に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 横断歩道橋の鋼製橋脚基部に腐食が進行し，断面欠損が生じている部分が数か所あり，歩行や交通振動による橋の揺れもひどいことから，第三者の立ち入り禁止と早急な補強を道路管理者に申し出た。

② 横断歩道橋に設置された道路標識には腐食などの変状はなかったが，取り付けボルトにゆるみがあったので，増締めを行った。

③ 手すりと高欄部の取合部分に腐食が進んだ箇所があり，がたつきがあったので応急処置として針金で緊結した。

④ 目隠し板にひびわれが生じ，取付金具が外れ，落下の危険性があったので撤去した。

解答③

キーワード：応急措置対処方法

【解説】テキスト橋梁(横断歩道橋編)44～54 頁参照

① 適当。

② 適当。損傷図にはゆるみがあった箇所を明記し，増締めを行なった旨を記載する。

③ わかりにくい文章であり，針金により緊結することは適当であるが，針金端部での第三者被害が生じる可能性もあり，緊結部養生が不足していることから不適当。

④ 適当。取付金具の外れ等により落下のおそれがある場合は、横断歩道橋利用者や第三者への被害を防止するため、状況に応じて撤去等の応急措置を検討する必要がある。

インフラ調査士講習会

演習問題

橋梁（コンクリート橋）編

問 1.　橋梁の桁に関する一般的な次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① PC 桁は，引張応力が作用する部分に，あらかじめ鋼棒や鋼線などを用いて圧縮応力を導入した桁である。
② PC 桁は，RC 桁に比べて支間を長くできる。
③ ゲルバー桁は，支間内で主桁にヒンジを設けた構造で，単純桁より支間を長くすることができる。
④ 正負の曲げモーメントが作用する連続桁に比べて，単純桁では主に正の曲げモーメントしか生じないため桁高を低くできる。

解答④

キーワード：PC 桁，RC 桁，単純桁，連続桁

【解説】ﾃｷｽﾄ橋梁（橋梁編）　7～8 頁

桁の材料別や支持条件などによる分類について基本的な知識を問う問題である。
① PC 桁は引張応力が作用する部分に，あらかじめ鋼棒や鋼線などによる圧縮応力を導入した桁である。
② PC 桁は，RC 桁に比べて支間を長くできる。
③ ゲルバー桁は，主桁の中間部をヒンジ構造とすることで，単純桁より支間を長くすることができる利点がある。しかし，1975 年頃からは，ゲルバー桁のヒンジ部付近の主桁には応力集中による損傷が多くみられたことや複雑な構造計算が可能となったことにより，連続桁形式が多用されることになり，新設は皆無となった。
④ 単純桁では，正の曲げモーメントしか作用しないのに対して，連続桁では，正負の曲げモーメントが生じるため，桁高を低く抑えることが可能である。

よって不適当なものは，④である。

問 2.　橋梁の構造形式に関する一般的な次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 桁橋は，水平な桁（梁）とこれを支える橋脚（柱）で構成され，主桁と橋脚は剛接合となっている。
② ラーメン橋は，梁と柱が一体となった構造物である。
③ トラス橋は，棒部材を三角形に組み合わせ，それら部材の節点(格点)は，ヒンジ（回転できる）構造である。
④ 斜張橋は，塔から斜めに張られたケーブルで主桁を支え，その反力として桁に圧縮力を導入する構造である。

解答①

キーワード：橋梁の構造形式

【解説】　テキスト橋梁（橋梁編）　5～7 頁，11～12 頁

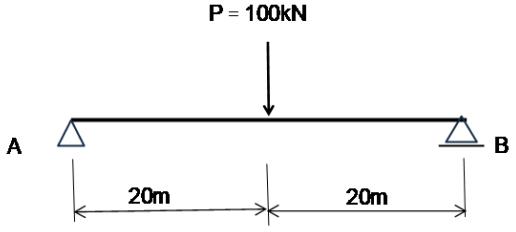
橋梁の構造形式について，基本的な知識を問う問題である。橋梁の基本構造である桁構造，ラーメン構造，トラス構造，アーチ構造，斜張橋，吊り構造などの特徴を理解しておくことが重要である。

① 桁橋は，橋の中で最も単純な形をしていて，桁を橋脚や橋台の上に架けた構造である。水平な桁（梁）とこれを支える橋脚（柱）で構成され，主桁と橋脚が剛接合となっている橋は，ラーメン橋である(6 頁)。
② ラーメン橋は，上部と下部(脚)が一体となった構造物で，多種多様な構造形式がある(11 頁)。
③ トラス橋は，棒部材を三角形に組み合わせ，それら部材の節点(格点)で部材が回転できる（ヒンジ)構造である(6 頁)。
④ 斜張橋は，橋桁を塔から斜めに張られたケーブルで主桁を支え，その反力として桁に圧縮力を導入する構造である(6 頁)。

よって不適当なものは，①となる。

問 3.　下図のような単純梁に荷重 P が作用した場合，作用点（支間中央）に生じる曲げモーメントとして，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

① 1000 kN･m
② 2000 kN･m
③ 3000 kN･m
④ 4000 kN･m



解答①

キーワード：単純梁の集中荷重，曲げモーメント

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　22 頁

単純梁に集中荷重が作用した場合の曲げモーメントを計算する基礎的な問題であり，構造力学の基礎として習得すべき知識である。

梁の断面力は，まず支点での反力を求め，着目した部分(作用点など)のモーメントのつり合いから求める。

最初に，反力 V_A ，V_B を求める。

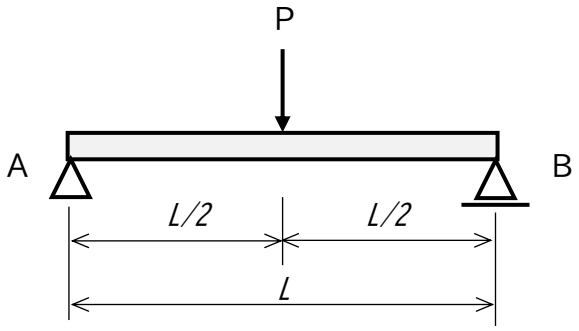
$\Sigma Y = 0$ から　　$V_A - 100 + V_B = 0$

$\Sigma M_B = 0$ から　　$V_A \times 40 - 100 \times 20 = 0$　　$V_A = 50$(kN·m)　（上向き）

次に，作用での曲げモーメントを求める。

$V_A \times L/2 = 50 \times 20 = 1000$(kN·m)

問 4.　下図に示すような単純梁に荷重 P が作用した時の梁の応力状態について，<u>不適当なもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。ただし，死荷重は無視する。



① 支点Ａ及び支点Ｂに作用する鉛直方向の反力は，ともに P/2 である。
② 荷重Ｐが作用している位置での曲げモーメントは，PL/4 である。
③ 荷重Ｐが作用している梁の上面と下面ともに圧縮応力が発生する。
④ 梁断面には，応力度がゼロとなる中立軸が存在する。

解答③

キーワード：単純梁，集中荷重

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　19～23 頁

単純梁に集中荷重が作用した場合の梁の応力状態に関する基礎的な問題であり，構造力学の基礎として習得すべき知識である。
梁の断面力は，まず支点での反力を求め，着目した部分(作用点など)のモーメントのつり合いから求める。
最初に，反力 V_A, V_B を求めると

$\Sigma Y=0$ から　　$V_A-P+V_B=0$

$\Sigma M_B=0$ から　　$V_A\times L-P\times L/2=0$

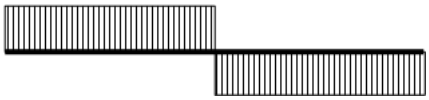
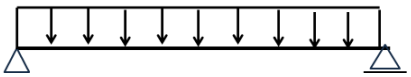
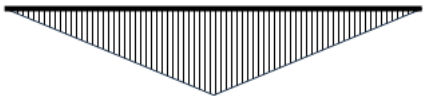
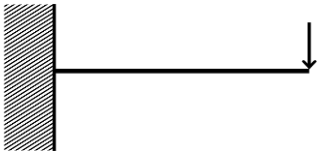
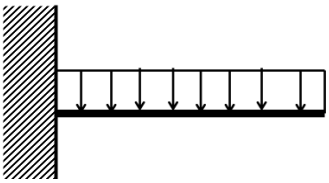
$V_A=P/2$　（上向き）　$V_B=P/2$　　-------①

次に，荷重が作用している位置での曲げモーメントを求めると

$M=V_A\times L/2=P/2\times L/2=PL/4$　　-------②

③ 桁構造では，橋上を自動車(活荷重)が，走行すると，その重みで桁自体が下側に曲がることになり，その結果として，桁(梁)の上側には圧縮，下側には引張の曲げ応力が発生する。(29 頁)
④ 梁が曲げ変形すると上端と下端の間に，無応力となる軸方向の面が生じる。これを中立面といい，中立面が梁の断面と交わる線を中立軸という。(23 頁)
よって不適当なものは，③となる。

問 5.　図のように単純梁と片持ち梁に荷重が載荷されている場合のせん断力図(Q 図)として，<u>不適当なもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。

記号	荷重の状況	せん断力図　(Q 図)
①		
②		
③		
④		

解答②

キーワード：せん断力図（Q 図）

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　23 頁　表 2.4-1

梁の断面力図(Q 図)に関する基礎的な知識を問う問題である。

①の組み合わせは，単純梁に 1 個の集中荷重が載荷した場合で，単純梁の集中荷重の作用点では，せん断力図は階段状に変化する。

②の組み合わせは，単純梁に等分布荷重が載荷した場合で，せん断力図は，両端のせん断力を求めてそれを結んだ斜めの直線となる。せん断力は，仮想の集中荷重の位置で 0 となる。

選択肢②の図は，単純梁に 1 個の集中荷重が載荷した場合の M 図である。Q 図は，右図のような図となる。

③の組み合わせは，片持ち梁の自由端に集中荷重が載荷した場合で，固定端から自由端までせん断力は一定の値となる。

④の組み合わせは，片持ち梁に等分布荷重が載荷した場合で，せん断力図は，一次関数で直線を表す式となる。自由端のせん断力は 0，固定端では最大となり，せん断力図はこれらを結んだ斜めの直線となる。

よって不適当なものは，②となる。

問 6.　単純梁の支間中央に荷重が作用した場合の最大たわみに関する次の記述のうち，<u>不適当なもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。

① 荷重Ｐが大きくなるほど，最大たわみは大きくなる。
② 梁の断面二次モーメントが大きくなるほど，最大たわみは小さくなる。
③ 支間が大きくなるほど，最大たわみは大きくなる。
④ コンクリートのヤング係数が大きくなるほど，最大たわみは大きくなる。

解答④

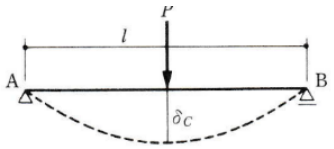
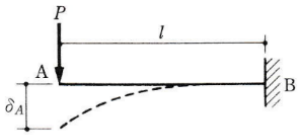
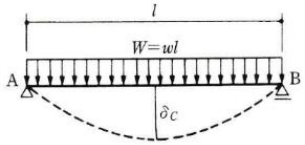
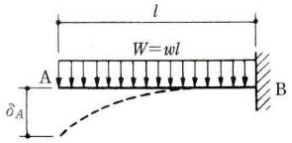
キーワード：単純梁，最大たわみ

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　26 頁　表 2.4-2

梁に荷重が作用した場合の梁の変形に関する基礎的な知識を問う問題である。梁の最大たわみの式は，理解しておきたい。

単純梁の中央に集中荷重が作用した場合の梁のたわみδの式は　$\delta = \dfrac{PL^3}{48EI}$　となる。

このことから
① たわみδは，荷重Ｐに正比例する。
② たわみδは，はりの断面二次モーメントＩに逆比例する。
③ たわみδは，支間Ｌの３乗に正比例する。
④ たわみδは，梁のヤング係数(弾性係数)Ｅに逆比例する。
よって不適当なものは，④となる。

	単純梁	片持ち梁
集中荷重		
たわみδ	$\delta c = \dfrac{PL^3}{48EI}$	$\delta A = \dfrac{PL^3}{3EI}$
分布荷重		
たわみδ	$\delta c = \dfrac{5w\ell^4}{384EI}$	$\delta A = \dfrac{w\ell^4}{8EI}$

問 7.　プレストレストコンクリート(PC)橋と鉄筋コンクリート(RC)橋を比較した次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① PC 橋の設計では，一般にひびわれの発生を許容していない。
② RC 橋の設計では，一般にコンクリートの受け持つ引張応力を無視しており，発生するひびわれ幅は何ら考慮されていない。
③ PC 橋に使用されているコンクリートの圧縮強度は，一般に RC 橋の圧縮強度よりも高い。
④ PC 緊張材は，鉄筋などの補強鋼材より高い引張強度を有している。

解答②

キーワード：PC 構造，RC 構造，ひびわれ，コンクリート強度，鋼材強度

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　7 頁，27～30 頁参照

①の記述は，PC 構造の基本的な考え方を表したものである。
PC 構造物は PC 鋼材を緊張することでコンクリート部材に圧縮応力を作用させている。PC の種類は PC 鋼材の緊張程度により下記の構造タイプがある。

a）PC 構造：コンクリートにひびわれを発生させない。
・フルプレストレス　　：コンクリートに引張応力を発生させない。
・パーシャルプレストレス：コンクリートの引張応力を許容引張応力度以内に抑える。

b）PRC 構造：コンクリートのひびわれ発生を許容する。
ひびわれの発生は認めるが，鉄筋を配置し，ひびわれ幅を制限する。

① PRC 構造とは，コスト低減を目的として，一時的に大きな荷重（活荷など）が作用するときのみにひびわれを認める設計手法であり，PC 構造に近いが，RC との中間的な形式といえる。この PRC は，近年，道路橋でも採用されている。したがって，PRC 構造は PC 構造と異なっており，①は正しい。

② RC 橋の設計では，コンクリートの引張抵抗を無視する応力計算方法を採用している。また，道路橋示方書には具体的な許容ひびわれ幅の規定は記載されていない。ただし，許容応力度として，過大なひびわれ幅が発生しないように鉄筋応力度の上限値を設定している。したがって，ひびわれ幅をまったく考慮していないわけではないため，②は不適当である。

③ RC より PC の方がコンクリート強度を高くするようにしている。なお，一般的に，RC 構造物は普通コンクリートの使用に対して，PC 構造物では早強コンクリートの使用を基本としている。

④ PC 鋼材は，コンクリートに圧縮応力を与えるための緊張材として，高強度の材料であり，鉄筋に比べると，強度はおおむね PC 鋼線で 4 倍程度高くなっている。なお，PC 鋼材と鉄筋の設計計算上のヤング係数は同じとしている。

問 8.　鉄筋コンクリートに関する次の記述のうち，最も不適当なものを選び，記号で答えよ。

① 部材中の圧縮力は主にコンクリートで，引張力は鉄筋で受け持たせているのが一般的である。
② コンクリートには，鋼材の錆の発生を防ぐ利点がある。
③ コンクリートには，耐火性に劣る欠点がある。
④ コンクリートの収縮でひびわれが発生することがある。

解答③

キーワード：鉄筋コンクリートの特性

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　7 頁，31～32 頁，50～53 頁

鉄筋コンクリートの特徴に関する基礎的な知識を問う問題である。

① 部材中の圧縮力はコンクリートで，引張力は鉄筋で受け持たせているのが一般的である。(8 頁)
② 鋼材の錆の発生を防ぐ利点がある。コンクリート部材の中性化，塩化物イオンの部材表面からの侵入に伴う鋼材の腐食による経年劣化に対する耐久性確保のために，最小かぶりの確保が規定されている。
③ 高温にさらされると変形しやすい鋼材を，コンクリートのかぶりで保護することで耐火性に優れた構造になる。
④ コンクリートは，時間の経過とともに水和反応の進行や内部に含まれている水分の逸散によって収縮する。前者を自己収縮，後者を乾燥収縮しいう。これらの収縮による変形が拘束された場合に発生するひびわれを収縮ひびわれという。(52 頁)

よって不適当なものは，③となる。

問 9.　コンクリート打設後，時間的に最も早く生じる変状を次の中から一つ選び，記号で答えよ。

① アルカリシリカ反応によるひびわれ
② プラスチック収縮ひびわれ
③ 水和熱（硬化熱）によるひびわれ
④ 中性化にともなう鉄筋の腐食膨張によるひびわれ

解答②

キーワード：ひびわれ

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　50～64 頁参照

① アルカリシリカ反応（ASR）は，コンクリートの骨材に含まれるシリカ成分とセメント中のアルカリ金属（N，K）が化学反応することで，骨材が異常膨張し，コンクリートにひびわれが生じる。反応速度が遅いため，施工後数年以降に顕在化する。

② 打込み直後の急激な乾燥により，打込み面に微細な網目状のひびわれが生じる。また，結合材の偽凝結，夏期長時間の運搬などにも起因する。そのため，施工中に発生する。

③ セメントの水和熱による温度ひびわれには，内部拘束によるひびわれと外部拘束によるひびわれがある。内部拘束によるひびわれは，コンクリート表面と内部の温度差から生じるもので，コンクリート硬化後に発生する。外部拘束によるひびわれは，打設されたコンクリート全体の温度が降下する際の収縮変形が岩盤や既設コンクリートの拘束によって生じるもので，内部拘束よりも遅れて発生する。

④ 一般的なかぶりでは，コンクリートの中性化が鉄筋位置に達するまでに，長期間を有する。そのため，中性化による鉄筋腐食が開始するには，数十年以上かかるのが通常である。

したがって，ひびわれが発生する時期の最も早いのは②プラスチック収縮ひびわれである。

問 10.　中性化に関する一般的傾向を示した次の記述のうち，最も不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 中性化は，常に湿っている箇所の方が，乾燥している箇所よりも進行しにくい。
② 普通ポルトランドセメントに比較して，混合セメントを使用したコンクリートの方が中性化速度は速くなる。
③ 中性化すると，アルカリシリカ反応は進行しにくくなる。
④ 塩害地域では，中性化すると塩化物イオンの濃縮現象が生じ，鉄筋腐食を促進することがある。

解答③

キーワード：中性化，不働態被膜，鉄筋腐食，アルカリシリカ反応，塩害

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　56～57 頁参照

中性化とは，空気中の二酸化炭素や排気ガスが侵入し，表面からしだいにアルカリ性が中性化されていく現象である。この中性化が鉄筋深さ付近に達すると，鉄筋の不動態被膜を破壊していく。コンクリートの中性化により鉄筋が腐食すると，錆膨張によりひびわれが発生する。

① 中性化は，相対湿度が 50～60％の範囲で最も進行しやすく，それ以上の湿っている箇所では進行しにくい。

② 混合セメントを使用すると高炉スラグやフライアッシュなどの混合材による置換えでポルトランドセメント量が減り，水酸化カルシウムの生成量が少なくなるため，中性化速度は速くなる。

③ アルカリシリカ反応（ASR）とは，コンクリートの骨材に含まれるシリカ成分とセメント中のアルカリ金属（N，K）が化学反応することで，骨材が異常膨張し，コンクリートにひびわれ，変形，段差，変色，ゲルの滲出などが生じる。ASR に関わるアルカリ金属と中性化に関わる水酸化カルシウムとは異なっている。そのため，中性化は ASR の進行には直接関係しない。

④ コンクリートが中性化すると，セメント硬化体中に固定されていた塩化物イオンが遊離し，中性化フロント（先端部）に濃縮され，塩害を助長する場合が多い。

問 11. 鉄筋コンクリート構造物の耐久性に関する一般的な次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 水セメント比が小さいほど，凍結融解作用に対する抵抗性は向上する。
② AE 剤の添加量が増すほど，アルカリシリカ反応に対する抑制効果は向上する。
③ かぶりを大きくするほど，塩害対策効果は向上する。
④ 常時水中にある部分の方が，乾湿繰返しを受ける部分より，劣化しにくい。

解答②

キーワード：水セメント比、AE 剤、耐久性

【解説】テキスト橋梁（橋梁編） 56～60 頁

塩害対策としては，コンクリート中への塩化物イオン，水，酸素の侵入低減などが有効である。混合セメントの使用は，アルカリシリカ（ＡＳＲ）対策に有効である。

問 12．コンクリートの凍害に関する一般的な次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 寒冷地のコンクリートの空気量は，温暖な地域よりも一般的に大きくしている。
② AE（空気連行）作用のある混和剤によって連行された独立気泡のコンクリート中での間隔が小さくなるほど，凍結融解作用に対する抵抗性は向上する。
③ 水セメント比が小さいコンクリートほど，凍害融解作用に対する抵抗性は向上する。
④ 温度が低下しやすい北面の方が，南面よりも凍結融解作用による劣化が生じやすい。

解答④

キーワード：凍害

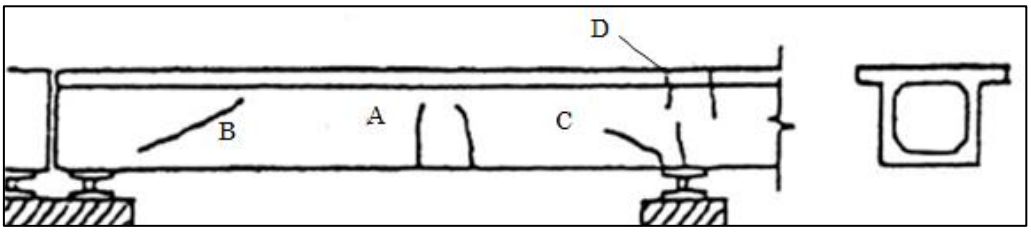
【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　59～60 頁参照

凍害の対策などについては，ﾃｷｽﾄではあまり触れられていないが，コンクリートの基礎知識として必要である。

AE 作用のある混和剤によって，適切な空気量を連行することによりコンクリートの耐凍害性は向上するほか，所要のワーカビリティーを得るのに必要な単位水量を減らせるため，一般に耐久性は向上する。そのため，寒冷地仕様では空気量を一般に大きくしている。連行された独立気泡は，コンクリート中の水分の凍結膨張圧を吸収するため，独立気泡間隔を小さくすることにより，水の凍結膨張圧を小さくできる。また，水セメント比を小さくすることで，コンクリートの強度が高くなることや自由水の量が減少するため，耐凍害性が向上する。

凍結融解作用による劣化は，凍結融解繰返し回数の影響を大きく受ける。そのため，凍結繰返し回数の多い南面の方が，凍害劣化は進行しやすい。

問 13.　下図は，3 径間連続コンクリート桁橋の側径間に生じるひびわれの例である。次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。



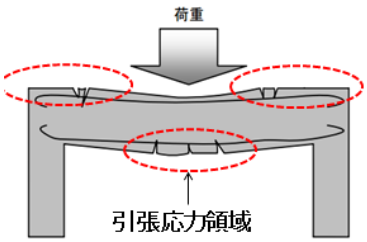
① Ａのひびわれは，曲げひびわれと考えられる。
② Ｂのひびわれは，斜め引張応力によるせん断ひびわれと考えられる。
③ Ｃのひびわれは，曲げひびわれと考えられる。
④ Ｄのひびわれは，曲げひびわれと考えられる。

解答③

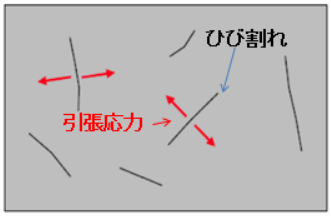
キーワード：曲げモーメント，曲げひびわれ，せん断ひびわれ

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　157～164 頁

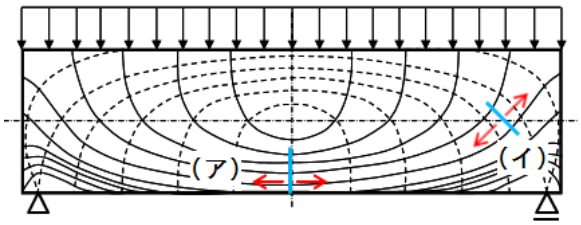
曲げモーメントが作用すると，図ａのように，引張応力によりひびわれが発生する。
また，ひびわれは，図ｂのように，引張応力と直交する方向に発生する。
引張応力は，図ｃのように，曲げモーメントとせん断力の合成により方向が変化するため，ひびわれも場所により方向も変化する。一般に（ア）は曲げひびわれ，（イ）はせん断ひびわれと呼ばれ，ともに斜め引張応力による「斜め引張ひびわれ」である。



図ａ　曲げひびわれ



図ｂ　引張応力とひびわれの方向



図ｃ　単純桁の応力分布とひびわれの方向

引張応力の方向
ひび割れ
引張主応力の方向
圧縮主応力の方向

文献)HP「ｺﾝｸﾘｰﾄ･ﾄﾞｸﾀｰのための
ひびわれ講座」より一部抜粋

この結果，設問の Ａ，Ｄは曲げひびわれで，Ｂはせん断ひびわれであることから，①②④は正しい。Ｃは，支承位置での応力集中に起因するひびわれからせん断ひびわれとして進展したもので，③が不適当である。

問 14.　次の写真は,PC 桁を点検した時のものである。この状況から「橋梁定期点検要領」により判定を行った結果として，適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

写真	点検結果
	【損傷状況】 ・支間中央部,主桁下面にひびわれが生じている。 ・ひびわれから遊離石灰が生じている。 ・遊離石灰には，錆汁の混入が認められる。 【損傷程度】 ・最大ひびわれ幅　：0.3mm ・最小ひびわれ間隔：ひびわれは下面に 1 本のみ生じている 【その他】 ・躯体内部の緊張材に沿ってひびわれが生じていると考えられる。

記号	損傷程度の評価	
	ひびわれ	漏水・遊離石灰
①	c	d
②	d	d
③	d	e
④	e	e

解答③

キーワード：ひびわれ、遊離石灰、錆汁

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　157～166 頁(ひびわれ)，168 頁(漏水・遊離石灰)を参照。

ひびわれ幅「大」,ひびわれ間隔「小」より,「損傷程度の評価」は「大小：d」である。
また，ひびわれから生じた遊離石灰には錆汁が混入しているため,「漏水・遊離石灰」としての「損傷程度の評価」は「e」である。

問 15. 橋梁定期点検要領では，コンクリート構造物の「剥離・鉄筋露出」について，損傷程度の評価区分を規定している。次の記述の中から正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

① 剥離は生じているが，鉄筋の腐食はみられないため，評価区分を“ｂ”とした。
② 鉄筋が露出しているが，鉄筋の腐食が軽微なため，評価区分を“ｃ”とした。
③ 鉄筋が露出しており，鉄筋が著しく腐食しているため，評価区分を“ｄ”とした。
④ 鉄筋が露出しており，鉄筋が破断しているため，評価区分を“ｅ”とした。

解答④

キーワード：鉄筋腐食，剥離

【解説】テキスト橋梁（橋梁編） 166～168 頁

設問は鉄筋コンクリートの損傷種類「剥離・鉄筋露出」に対する『損傷程度の評価』区分の定義を問題としたものである。

ここで，点検要領による損傷状況による損傷評価区分は下表のとおりである。

点検要領による「剥離・鉄筋露出」損傷程度区分と状況

区分	一般的な状況
a	損傷なし
b	-
c	剥離のみ
d	鉄筋が露出し，鉄筋の腐食が軽微
e	鉄筋が露出し，著しい鉄筋の腐食 or 破断

したがって，結果的に①は“ｃ”，②は“ｄ”，③は“ｅ”となり間違いで，④が正しい内容となる。

参考）

「剥離･鉄筋露出」は，コンクリートの剥離，剥落による鉄筋が露出している場合を対象にしており，鉄筋の腐食有無及び腐食程度により損傷程度の評価区分を設定している。

「ひびわれ」や「うき」のように，あきらかに鉄筋腐食が原因と判る場合でも鉄筋の露出が無い場合は両者それぞれの損傷種類として扱う。ただし，打音検査により「うき」の部分のコンクリートが剥離した場合は「剥離･鉄筋露出」として扱うように定義している。

また，鉄筋の腐食，破断は「剥離･鉄筋露出」とし，他の損傷種類「腐食」,「破断」は鋼橋に対応するものとして別の損傷種類にしている。

その他，損傷の種類においてそれぞれ適用範囲及び適用外の条件があるため，橋梁定期点検要領 付録－3「損傷程度の評価要領」⑦剥離・鉄筋露出の項を参照してほしい。

問 16.　『損傷程度の評価』に関する次の記述のうち，最も不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① ひびわれから漏水が生じている場合は，「漏水・滞水」として扱う。
② 舗装に軽微なひびわれがある場合は，「舗装の異常」として扱う。
③ 「うき」と「剥離・鉄筋露出」の両方が混在している場合は，「うき」と「剥離・鉄筋露出」の 2 項目として扱う。
④ 補修としてコンクリート表面に施された塗装が変色している場合は，「補修・補強材の損傷」として扱う。

解答①

キーワード：ひびわれ、損傷程度の評価

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　168 頁(ひびわれからの漏水),179 頁(舗装の異常),174 頁(うき),189 頁(変色・劣化)を参照。

②③④は正しい。
①については,ひびわれからの漏水は「漏水・遊離石灰」として扱う。「漏水・滞水」は伸縮装置,排水桝取付位置からの漏水や支承付近の滞水を対象とする。

問 17. コンクリートに発生したひびわれ，剥離の補修に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 鉄筋腐食でひびわれ，剥離が生じた箇所の補修は，腐食した鉄筋の錆を除去することが原則である。

② 断面修復には，ポリマーセメントモルタルが使用されることがある。

③ 注入工法は，ひびわれに樹脂などを注入することにより，雨水，炭酸ガスの侵入を防ぐことを目的としている。

④ アルカリシリカ反応によるひびわれ，剥離の補修は，水分の侵入を防ぐため表面塗装工法が最適である。

解答④

キーワード：ひびわれ，剥離，鉄筋腐食，断面修復，注入工法，アルカリシリカ反応

【解説】テキスト橋梁編（橋梁編）　230 頁参照

コンクリート橋は，鋼橋に比べると補修と補強が明確に区分できる。したがって補修方法と損傷程度に対する「コンクリート橋の主要な補修方法の選定フロー」などにより行なうことを原則としている。

① 鉄筋が腐食している場合は，錆膨張によるさらなるひびわれやうきの発生と腐食の進行を防ぐため，鉄筋の裏側までコンクリートをはつり，鉄筋の錆落し後に鉄筋の防錆処理を行うことが原則である。

② 断面修復は，コンクリートが劣化（うき，剥離，剥落）により元の断面が喪失した場合の修復，あるいは，中性化，塩化物イオンなど劣化因子を含むかぶりコンクリートを撤去した場合の断面修復を目的として行なわれ，ひびわれ補修の充填工法にも使用されるポリマーセメントモルタルなどで修復する。

③ ひびわれ部の注入工法は，雨水や炭酸ガスなどの侵入を防ぎ，鉄筋の腐食防止を目的とし，使用材料によっては構造物と一体化を図ることも可能である。このため，補修方法としては最も普及した工法である。

④ アルカリシリカ反応によるひびわれ，剥離の補修工法は，「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）：ＡＳＲに関する対策検討委員会（平成 20 年 3 月）」にもあるよう補修の必要性も含め詳細調査（促進膨張試験含む）などにより補修工法を決める必要がある。このため補修工法は，ひびわれ充てん工法や断面修復工法など各種あるため，表面塗装工法が必ずしも最適とはいえない。

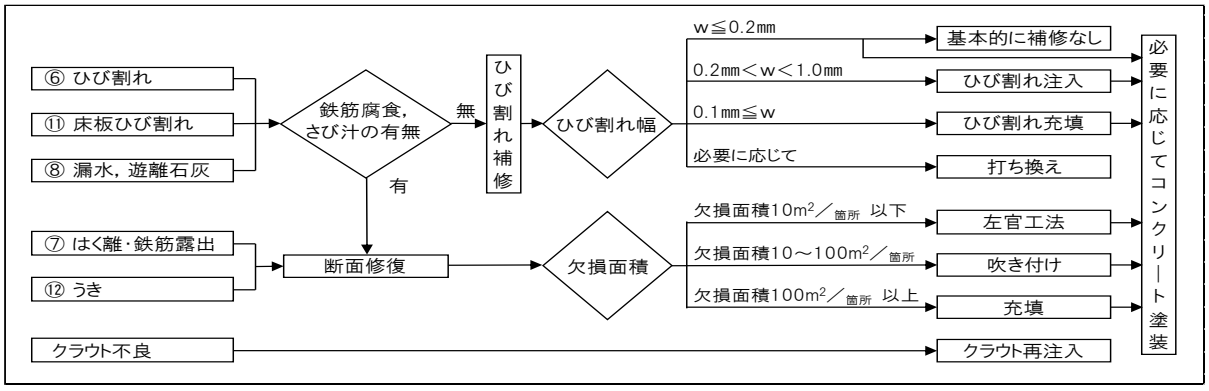


図　ｺﾝｸﾘｰﾄ橋の主要な補修方法の選定ﾌﾛｰ（○数字は損傷の分類番号）

問 18. RC 床版の補強工法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 鋼板接着工法は，床版の下面に鋼板を取付ける(密着)工法で，床版の耐力を向上させることができる。

② FRP 接着工法は，床版の下面に炭素繊維シートなどを接着する工法で，断面剛性の増加が小さいため，剛性の向上対策には適さない。

③ 上面増厚工法は，床版の上面を切削，研掃後，鋼繊維コンクリートなどを打ち込み，床版を厚くする工法のため，耐力向上には適さない。

④ 縦桁増設工法は，一般的に既設の主桁間に縦桁を追加する工法で，床版に作用する曲げモーメントを低減することができる。

解答③

キーワード：鋼板接着工法，FRP 接着工法，上面増厚工，縦桁増設工法

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　232～2437 参照

コンクリート構造物の補修・補強は，耐力や剛性の力学的性能の低下を回復又は向上させる目的で行われる。補強内容と工法，対象構造物の主たるものを下記の表に示す。

① 鋼板接着工法は，RC 床版の引張作用面に鋼板を取付け（密着），鋼板に引張補強材としての効果を期待するもので，曲げ及びせん断補強に使用できる。なお，既存の床版と鋼板の空隙には，注入用接着剤を圧入し，既設部材と一体化（密着）させる必要がある。

② ＦＲＰ接着工法は，RC 床版の下面に炭素繊維やアラミド繊維などのシートを接着する工法で,長所は軽量で耐食性に優れている点などで,短所は断面剛性の増加が小さいため剛性の向上対策には適さないなどである。強度は一方向性であるため，2 方向に配置してシート状にしたものも使用されている。

③ 上面増厚工法は，RC 床版の上面を切削，研掃後，鋼繊維コンクリートなどを打ち込み，床版を厚くする工法であり，コンクリートのみの増厚と補強鉄筋を配置する方法がある。これに対して，下面増厚工法も床版の補強として使用される例が多いが，床版下面に鉄筋などの補強材を配置し，付着性の高いモルタルを用いて左官仕上げあるいは吹付けで施工する。上面，下面増厚工法共に床版の耐力向上に適する。

④ 縦桁増設工法は，床版に対する補強方法であり，主桁間中央に縦桁を挿入し，床版の支間を短くすることで床版に作用する曲げモーメントを低減する工法である。一般的には,鋼桁の RC 床版に対する補強方法として使用され，必要に応じて鋼板接着工法と併用されることもある。

表　コンクリート構造物の補強工法と対象構造物

補強内容	工法	対象構造物		
		上部構造		下部構造
		主桁	床版	(橋脚)
コンクリート部材の交換	打換え※1		○	
コンクリート断面の増加	上面増厚		○	
	下面増厚	○	○	
	巻立て			○※2
補強材の追加	鋼板接着	○	○	
	FRP接着	○	○	
	鋼板巻立て			○
	FRP巻立て			○
部材の追加	縦桁増設	△	○	
支持点の追加	支持点増設	○		
プレストレスの導入	外ケーブル	○		○※3

※1）鋼桁のコンクリート床版
※2）橋脚のASRの補強，または耐震補強としてのRC，PC巻立て
※3）橋脚の張出し梁

問 19. 橋台のコンクリートを反発硬度法により下向きで測定したところ，47 の平均測定反発度を得た。以下の日本材料学会式から推定したコンクリートの圧縮強度のうち，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。ただし，コンクリートは乾燥していた。

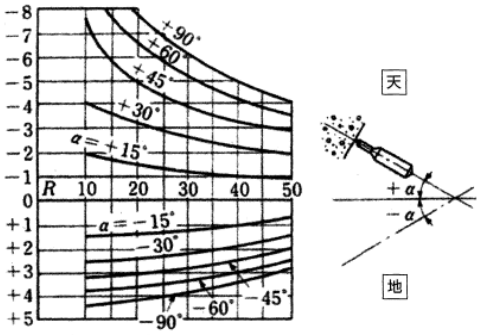
$F_c = -18.0 + 1.27 \times R_0$

ここで，F_c：圧縮強度の推定値（N/mm²）

R_0：基準反発度（Ro=R+⊿R）

R：平均測定反発度

⊿R：角度補正値



① 50.5 N/mm2

② 45.5 N/mm2

③ 40.5 N/mm2

④ 35.5 N/mm2

解答②

キーワード：強度推定，反発度

【解説】テキスト橋梁（橋梁編） 246～247 頁参照

構造体コンクリート強度の推定として，コンクリートの反発度を利用した方法が，JIS A 1155「コンクリートの反発度の測定方法」及び JSCE-G504「硬化コンクリートのテストハンマ強度の試験方法」に規定されている。ハンマは，通常水平方向に打撃を行うが，梁下やスラブ下面では上向きに，スラブ上面では下向きに打撃することもある。ハンマによる打撃は，内蔵されている鋼球の跳返りを計測するため重力の影響を受け，上向きに打撃すると水平方向に打撃する場合より反発度は大きくなり，逆に下向きに打撃すると小さくなるため，補正が必要になる。そのため，問題文の下向きに打撃した場合は，以下のような計算で圧縮強度が推定できる。

⊿R の角度の補正値は，下向きに打撃するため，-90°のラインを見る。

平均測定反発度 R は 47 であるため，グラフ横軸の R＝47 の箇所を-90°のところまでおろすと，グラフ縦軸は＋3 になる。

そのため，基準反発度 R_0＝R＋⊿R＝47＋3＝50 となる。

よって，Fc=-18.0＋1.27×R_0＝-18.0＋1.27×50＝45.5N/mm² となる。

コンクリートの反発度は表面状態や乾湿の影響を受けるため，基本的に，測定は乾燥したコンクリートで判定する。また，壁及び床の厚さは 100mm 以上，柱及び梁では一辺の長さが 150mm×150mm 以上の場合が測定の対象となる。

なお，この他に，材料学会では打設後の経年変化による補正(α)を考慮するようにしているが，国交省では，架設後の経過年数にかかわらず，経年係数α＝1 を基本としている。

問 20. 電磁波レーダ法及び電磁誘導法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 電磁波レーダ法は，電磁誘導法よりもかぶりの大きい範囲まで鉄筋を検出できる。
② 電磁波レーダ法は，空洞の検出ができる。
③ 電磁誘導法によるかぶり厚さの測定結果は，コンクリートの比誘電率の影響を受ける。
④ 電磁誘導法は，非磁性体による表面仕上げが施されていても，鉄筋を検出できる。

解答③

キーワード：配筋探査，電磁波レーダ法，電磁誘導法

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　249～250 頁参照

電磁波レーダ法は，コンクリートと電気的性質（比誘電率）が異なる鉄筋，空洞などからの反射波を用いて，鉄筋や空洞の位置を推定する方法である。電磁波レーダ法の長所としては，電磁誘導法よりかぶりが厚い場合でも鉄筋位置の測定ができる。したがって，①は適当である。また，鉄筋だけでなく塩ビ管や空洞の位置も測定できるため，②は適当である。

一方，短所としては，コンクリートの比誘電率を用いるため，コンクリートの含水率の影響を受けることである。規格としては，日本非破壊検査協会 NDIS 3429「電磁波レーダ法によるコンクリート構造物中の鉄筋探査方法」がある。

電磁誘導法は，コイルを巻いたプローブを用い，これに交流電流を流すことにより周囲に交流磁界を発生させ，鉄筋などの磁性金属がプローブに近づくと電圧変化が生じることから鉄筋の位置を推定する方法である。

長所としては，電磁波レーダ法のようにコンクリートの含水率の影響を受けない。したがって，③は不適当である。また，コンクリートに空隙が存在したり，非磁性体の表面仕上げを施してあっても鉄筋位置を測定できる。したがって，④は適当である。

短所としては，電磁波レーダ法より浅い位置の鉄筋しか測定できないことにある。規格としては，日本非破壊検査協会 NDIS 3430「電磁波誘導法によるコンクリート構造物中の鉄筋探査方法」がある。

配筋探査の非破壊試験方法は，電磁波レーダ法及び電磁誘導法の他に，ﾃｷｽﾄ橋梁編（橋梁編）246 頁に示されている X 線法（放射線透過試験方法）があり，規格としては，日本非破壊検査協会 NDIS 1401「コンクリート構造物の放射線透過試験方法」がある。

問 21. 赤外線サーモグラフィ法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 空隙部やうきがある部分のコンクリート表面の温度変化が周辺部分と異なる現象を利用した測定方法である。
② 日射が当たっている面や外気温上昇時には，空隙部がある部分のコンクリート表面温度は，周辺部分に比べて低温になる。
③ 表面状態が熱画像のみで判別が困難な場合は，可視画像との比較が必要となる。
④ 汚れや色むらによってコンクリート表面温度に差が生じることがある。

解答②

キーワード：赤外線サーモグラフィ法，空隙，うき

【解説】テキスト橋梁（橋梁編）　251～252 頁参照

コンクリート内部の空隙あるいは仕上げ材のうきの広範囲の調査に，赤外線法（赤外線サーモグラフィ法）を用いることがある。原理としては，コンクリート内部あるいは仕上げ材のうきによる空隙は，表面からの熱を遮断する断熱層になるため，日が当たる日中は欠陥部のコンクリート表面温度は健全部より上昇する。逆に，夜間では日中に蓄積された熱が外部に放出されやすくなり，欠陥部のコンクリート表面温度は健全部より低くなる。したがって，①は適当であるが，②は不適当である。

赤外線法は，足場を設置する必要がなく広範囲の調査に適するが，検出精度は赤外線検出素子の性能に依存する。

測定に当たっての注意事項としては，変状を判別できる表面温度差が得られる時間帯を選んで撮影すること，表面状態が熱画像のみで判別が困難な場合は可視画像と比較すること，汚れや色むらによっても温度差が生じることがある。したがって，③及び④は適当である。

規格としては，日本非破壊検査協会 NDIS 3428「赤外線サーモグラフィ法による建築・土木構造物表層部の変状評価のための試験方法」がある。

問 22. JIS による圧縮強度試験方法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① コアを採取する前に鉄筋探査を行い，鉄筋を切らないようにする。
② コア供試体の直径は，粗骨材最大寸法の 2 倍とする。
③ コア供試体の高さと直径の比が 2 より小さいときは，コア供試体の圧縮強度試験結果に補正係数を乗じる。
④ コア供試体の載荷面は，できるだけ平滑に仕上げ，特に凸状にならないように注意する。

解答②

キーワード：コア採取，コア供試体，圧縮強度試験

【解説】テキスト橋梁（橋梁編） 253～254 頁参照

コア採取及び試験方法の問題である。
コンクリート構造物からコアを採取する時は，事前に鉄筋探査を行い，鉄筋を切断しないようにする。したがって，①は適当である。

圧縮強度試験を行う場合は，採取方法として JIS A 1107「コンクリートからのコア及びはりの切取り方法並びに強度試験方法」と JCI-DDI「コンクリート構造物からのコア採取方法（案）」がある。JIS A 1107 では，供試体の寸法は粗骨材最大寸法の 3 倍以上としているため，②は不適当である。

供試体の直径と高さの比は 1:2 を原則としており，供試体の高さが直径の 2 倍を下回る場合には，強度試験結果に補正係数を乗じて，直径と高さの比が 1:2 の供試体の圧縮強度に換算する。したがって，③は適当である。

圧縮強度試験時に，コア供試体の載荷面が斜めになっていたり，凹凸があったりすると最大荷重が小さく測定され，特に凸状の場合には大きく低下する。そのため，載荷面は平滑に仕上げる必要がある。したがって，④は適当である。

採取したコア供試体は，上記の圧縮強度試験だけでなく，中性化試験，静弾性係数試験，塩化物イオン含有量試験及び促進膨張試験などに用いられる。

中性化試験には，JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」があり，コア供試体にフェノールフタレイン溶液を噴霧して，非変色部（赤紫色に変色していない部分）を中性化部とする。近年では，日本非破壊検査協会規格 NDIS 3419「ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法」によって，中性化深さを測定する場合も多い。

静弾性係数試験には，JIS A 1149「コンクリートの弾性係数の試験方法」があり，コンプレッソメータやひずみゲージを用いて，応力－ひずみ曲線から静弾性係数を求める。

塩化物イオン含有量試験には，JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」があり，コンクリート内部の塩化物イオン量の分布を求めるために，コア供試体をスライス・粉砕して試料とし，電位差滴定法などでそれぞれの箇所の塩化物イオン量を求める。

促進膨張試験では，アルカリシリカ反応により，コンクリートが今後膨張するかどうかを判定する試験であり，建設省総プロ法，ナダ法，デンマーク法がある。

インフラ調査士講習会

演習問題

トンネル　編

問 1.　定期点検要領の位置づけに関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 本要領は，トンネル本体工および附属物の取付状態に関する標準的な内容や注意事項を規定している。

② 本要領は，山岳トンネル工法，矢板工法に加えて，シールド工法や沈埋工法によって建設されたトンネルの維持管理を想定している。

③ 道路トンネルの状況は，構造や地質条件により多様であるため，個々のトンネルの状況に応じた点検が必要となる。

④ 定期点検の実施および結果の記録は，法令の趣旨に基づき，各道路管理者の責任で適切に行う必要がある。

正解②

キーワード：適用範囲，道路管理者，山岳工法，シールド工法，開削工法

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　4 頁参照

本要領は，山岳トンネル工法や矢板工法によって建設されたトンネルの維持管理を想定している。

シールド工法や開削工法で建設されたトンネルに対しては，本要領の一部内容が適用できない場合があるため，留意が必要である。

問 2.　定期点検の頻度に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 初回点検は，トンネルの建設後 1 年から 2 年の間に行うことを基本とする。
② 定期点検は，5 年に 1 回の頻度で行うことを基本とする。
③ 補修や補強工事が行われる際には，交通規制に影響を及ぼすことから，点検時期をずらすなど工事業者との調整が必要となる。
④ トンネルの機能を良好に保つため，定期点検に加え，日常的な状態把握や事故・災害による変状の把握を適宜実施する必要がある。

正解③

キーワード：初回点検，定期点検の頻度，5 年に 1 回，交通規制の活用

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　9 頁参照

補修や補強工事が行われる場合には，工事に伴う交通規制を活用して定期点検を実施することも検討し，効率的に点検を行うのがよい。定期点検は，建設後 1 年から 2 年の間に初回を行い，二回目以降は 5 年に 1 回を基本とするが，必要に応じて 5 年より短い間隔で行うことも検討する。

問 3.　トンネル工法とその構造を説明する次の記述のうち，最も不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① シールド工法は，比較的軟弱な地盤などに適用されるトンネル工法で，一般に工場で製作されたセグメントを組み立てて覆工を構築する。
② 開削工法は，一般に仮設の土留めを施し掘削した後，現場打ちコンクリートを用いてトンネル断面を形成し，土を埋め戻すものである。
③ 沈埋工法は，海底などを掘削した後，海中において箱形のトンネル本体を現場打ちコンクリートで構築する工法である。
④ NATM は，一般的にロックボルト，吹付コンクリート，鋼アーチ支保工によって地山の安定を図りながら掘削し，覆工を施してトンネルを構築するものである。

解答③

キーワード：トンネル工法，シールド工法，開削工法，沈埋工法，NATM

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　14～16 頁参照

シールド工法は，一般に都市部の比較的軟弱な地盤などで用いられ，シールドマシンで地盤を掘削しながら，その後方でセグメントを組み立てて覆工を構築する。セグメントには，コンクリート製，鋼製及び合成セグメントなどがあり，必要に応じて二次覆工を設ける場合がある。

開削工法は，地盤をオープン掘削又は山留め掘削した後，ボックス形の本体を設置し，土を埋め戻すトンネル工法である。一般に，トンネル本体は現場打ちコンクリートによって構築される。また，側壁，底版，頂版が一体となったボックス形のプレキャスト製品を，防水目地を介して連結するものもある。

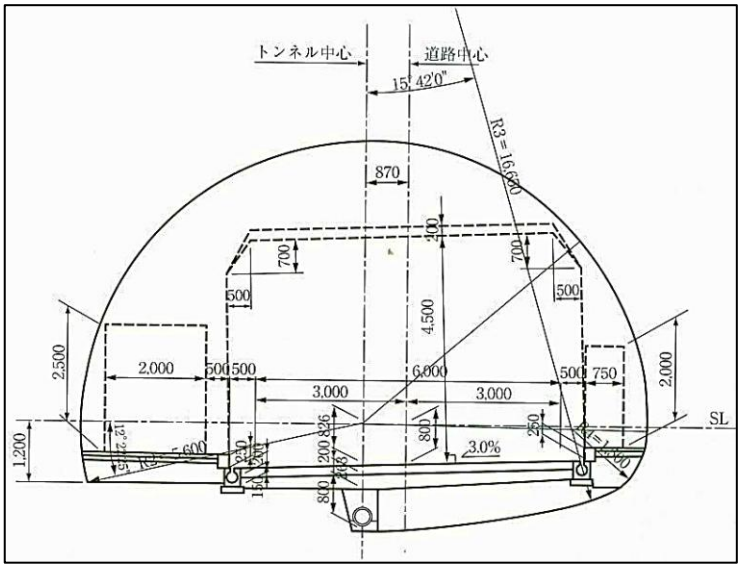
沈埋工法は，陸上の製作ヤードやドライドックなどで製作した箱形の函体を水上に浮かべて所定の位置まで運搬し，あらかじめ掘削した海底などの溝に沈設して函体同士を接続する工法である。したがって，海中でトンネル本体を現場打ちコンクリートによって構築するという③は不適当である。

NATM は，吹付けコンクリート，ロックボルト，鋼アーチ支保工などによって地山を支保し，その後，現場打ちコンクリートによって覆工を構築するトンネル工法である。また，トンネル底部のインバートコンクリートを打設してトンネル断面構造を閉合する場合もある。

対応する地質条件や地形や地域など，様々な条件を考慮してトンネル工法が採用される。上記には，それぞれの工法の基本的なトンネル構造について解説している。
道路トンネル定期点検要領は，山岳トンネル工法や矢板工法を含めた山岳工法によって建設されたトンネルを主な対象としていることに留意されたい。

問 4.　道路トンネルの断面設計，施工において，下図を説明する記述のうち，<u>最も不適当なもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。

① このトンネルの車線は 2 車線で計画されている。
② このトンネルには歩道が設けられている。
③ このトンネルには監視員通路が設けられていない。
④ このトンネルの建築限界の余裕高さは 200㎜ 見込んでいる。



解答③

キーワード：トンネル設計，標準断面，断面設計

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　20 頁参照

トンネルの内空断面の形状と寸法は，道路構造令に定める所要の建築限界及び換気などに必要な断面を包含し，トンネルの安全性と経済性を考慮して定めるものとされる。同一断面に自動車，自転車，及び歩行者を通行させるトンネルにあっては，特に自転車及び歩行者の安全に留意した構造としなければならない。

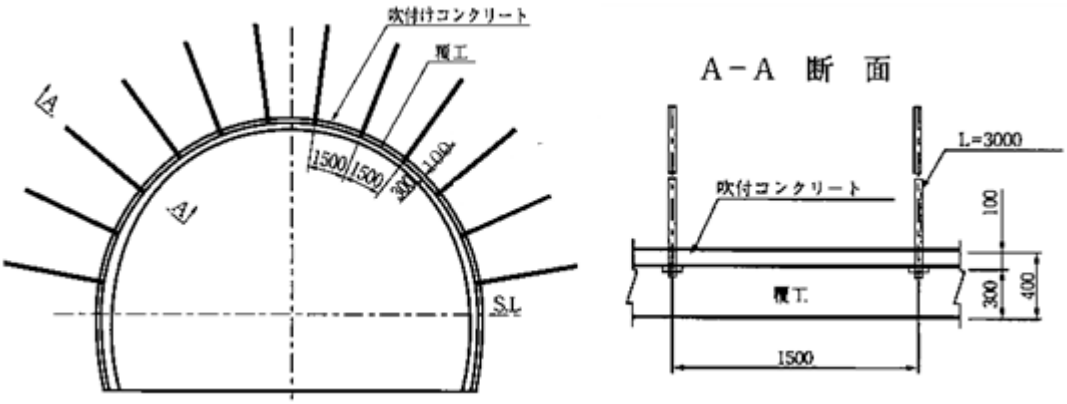
このトンネルの断面は第 3 種の一般国道に適用される歩道（幅 2m）付きトンネルの断面図である。

トンネルの車線は 3，000×2 車線となる計画断面である。断面左側の W2，000×H2，500 は自転車及び歩行者を通行させる歩道を示しており，点検員通路を兼ねている。

断面右側の W750×H2，000 は監視員通路である。監視員通路はトンネルの維持点検の安全を確保，トンネル設備用配管の収納に用いる通路である。厳密にはマウントアップが 0.9m のものを監視員通路，0.25m のものを監査歩廊と区分しているが，他にも利用される通路であることから点検通路とは言わない。

トンネル車道部の建築限界 4，500 の上部の 200 ㎜は舗装などのかさ上げなどを見込んだ余裕高さであり，④も正解である。

問 5.　下図のトンネル構造を説明する記述のうち，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。



① このトンネル断面の覆工コンクリートの厚さは 40cm である。
② このトンネル断面のロックボルトの長さは 3.0m である。
③ このトンネル断面のインバートの厚さは 45cm である。
④ このトンネル断面の鋼アーチ支保工の部材は H-100 である。

解答②

キーワード：山岳工法の支保構造，トンネルの支保パターン図

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　30 頁参照

山岳工法で施工される支保構造の事前設計は，地山分類に応じて標準的な幅員のトンネル断面ごとに標準的な組合せが設定されている。

このトンネルの支保構造は通常の地山条件（土被り 20m以上 500m未満程度）における内空幅 8.5m～12.5m程度，内空縦横比が概ね 0.6 以上の通常断面トンネルの標準的な支保構造の組合せの目安を示したものである。

この支保パターン図から，A-A断面図から覆工の厚さは 300 ㎜である。400 ㎜の寸法は覆工厚と吹付コンクリート厚を含むものである。

このトンネル断面のロックボルトの長さはA-A断面から，L＝3，000 でありロックボルトの長さは 3.0mであり②が解答である。トンネル断面図より，ロックボルトの周方向の間隔は 1，500 ㎜，進行方向の間隔は 1，500 ㎜である。

このトンネルの下部には逆アーチ状のインバートコンクリートの表示はなくインバートは設計されてないことがわかる。

A－A断面図の中にもトンネル断面図の中にも鋼アーチ支保工H-100×100 の図示はなく鋼アーチ支保工は使われていないことが読み取れ，④は間違いである。

問 6.　山岳トンネルの地山分類及び断面区分に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 地山の性質を把握する際は，地質構造，風化・変質状況，不連続面の状態，地下水の影響等に着目する。
② 設計・施工を効率的かつ合理的に行うため，設計・施工に適した地山分類基準が必要となる。
③ 施工中の地山分類は，切羽の観察や計測等によって掘削地山を評価する。
④ 小断面とは，内空幅がおおむね 1.5～5.0m の断面である。

解答④

キーワード：地山分類，切羽観察，断面区分

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　30 頁参照

小断面の内空幅は，おおむね 3～5m 程度である。地山分類では，地質構造，風化・変質，不連続面，地下水等を考慮し，施工中は切羽の観察や計測によって地山を評価する。

問 7.　山岳トンネルの定期点検で留意すべき事項について，次の記述のうち最も適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 覆工表面が変色している場合は，表層はく離が認められることが多い。この変状は施工不良による原因が考えられ，適切に除去する必要がある。

② 覆工表面などに漏水箇所や漏水の跡がある場合は，ひび割れや施工不良（豆板など）があり，そこから水が流れ出している場合が多い。防水シートの不良や排水処理の目詰まりが原因であり，この場合は近傍のコンクリートに，うきやはく離が発生している可能性はほとんどない。

③ 覆工表面に段差がある場合は，異常な力が働いた場合や施工不良など，何らかの原因があり，構造的な弱点となっている場合がある。

④ うき・はく離があると判断された箇所は，点検用ハンマを用いて完全にたたき落とす。

解答③

キーワード：変状の発生箇所，施工不良，うき，漏水，段差，豆板

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　51 頁参照

① 覆工表面が変色している場合は，観察するとひび割れがあり，そこから経年によって発生する遊離石灰や錆汁などが出ている場合が多く，施工不良の限定ができない。その周辺を打音検査するとうきやはく離が認められる場合がある。写真に示す変色箇所は表層はく離をともなう変色（左写真），錆汁をともなう変色（右写真）を示す。

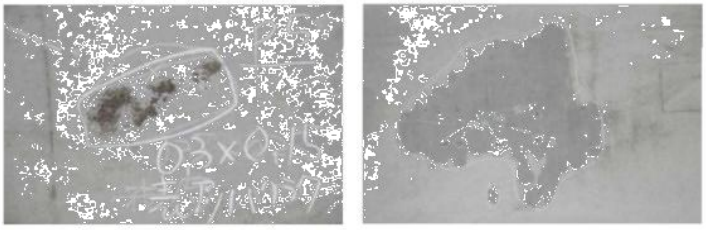


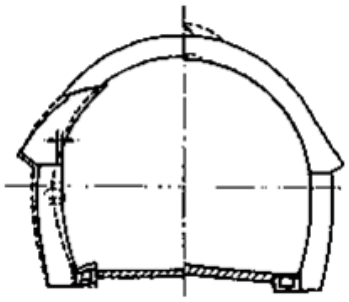
写真　変色の例（ﾃｷｽﾄ（ﾄﾝﾈﾙ編）85 頁）

② 覆工コンクリートにひび割れや豆板がある場合は，漏水の有無に関係なく，うきやはく離が発生している可能性がある。また，漏水範囲の拡大や漏水量の増加は，背面の地山の緩みや降水量の増加と関連がある。特に前者の場合は地山の緩みの増加によって透水のしやすさが促進されたり，地山が浸食されたりするケースもあるので，突発性の崩壊の防止をはかることも考慮し判定することが望ましい。防水シートは地山と覆工の間に配されて地山から水の浸透を防ぐものである。防水シートは，EVA（エチレン・酢酸ビニル共重合体）や不織布などを組み合わせ，トンネル坑内への水を防ぐとともに排水機能を持つものもある。

④ 濁音を発するうき・はく離があると判断された箇所は，ハンマを用いてできる限り撤去する（たたき落とす）。撤去作業に用いるハンマは，変状や作業効率などを考慮して適切なものを使用する。撤去した箇所は，コンクリート小片が残ることのないよう丁寧に清掃を行う。なお，撤去した箇所とコンクリート片は写真などに記録しておく。また，打音検査でうき・はく 離が見つかった箇所は，現地にマーキングをしておく必要がある。

問 8.　山岳トンネルの路面中央部に大きなひび割れが発見され，さらに道路側溝の両側で不陸が，また路面が持ち上がるような変状も見られた。その原因として考えられる要因はどれか。正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

① 路盤の支持力不足
② トンネル底版からの盤ぶくれや片側地盤の支持力の低下
③ 地すべりなど，全体的な地山の変位によるトンネルの変状
④ 舗装の材料的な劣化や大型交通量の増加



解答②

キーワード：変状，盤ぶくれ

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　61～71 頁参照

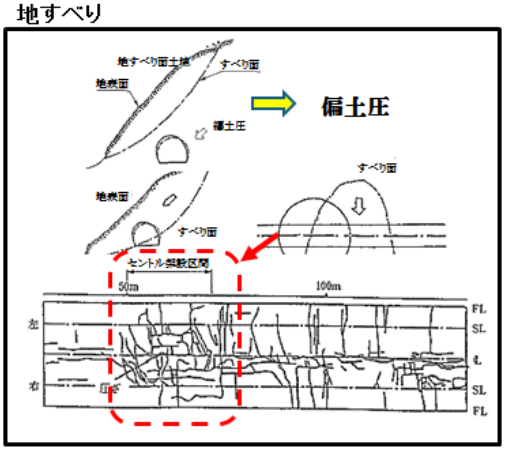
路面，路肩の段差，ひび割れ及び変形は，側方及び下方からの応力の影響による。

路盤の支持力不足では路面の沈下，コンクリート舗装版下部に空洞が発生しやすい。

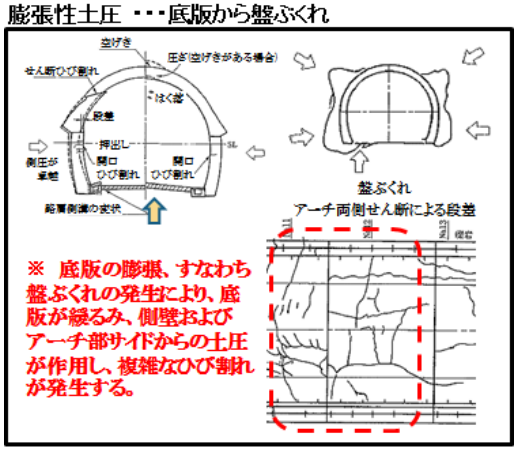
地すべりが発生する場合，そのすべり面に応じてトンネルが変形し，覆工にひび割れが生じる。

一般にトンネル内の舗装はコンクリートからなる。このため，舗装の変状は目地部の段差及び角欠けが多い。

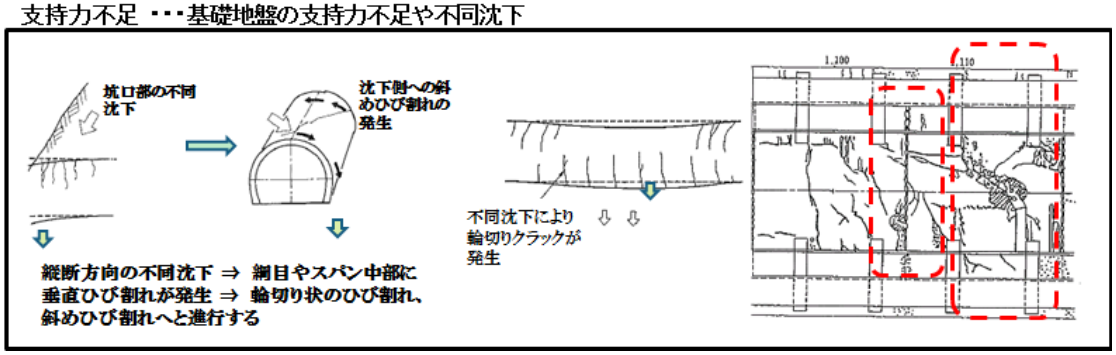
地すべり



膨張性土圧 ･･･底版から盤ぶくれ

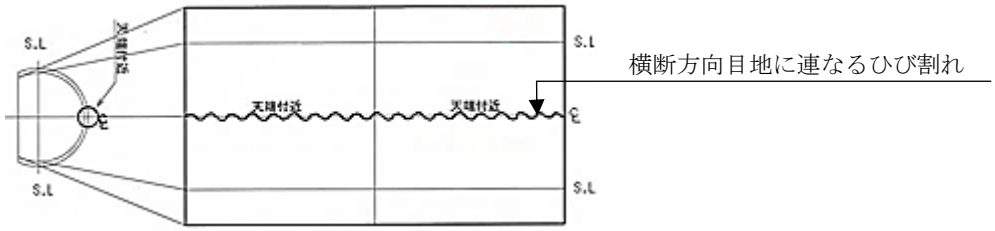


支持力不足 ･･･基礎地盤の支持力不足や不同沈下

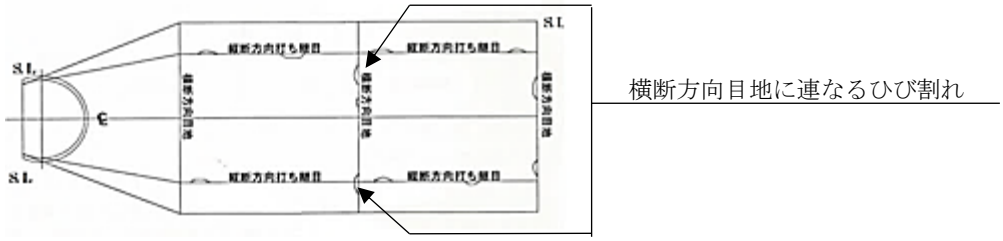


問 9.　次のひび割れ展開図の中で，乾燥収縮及び温度伸縮に起因すると思われるものはどれか。正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

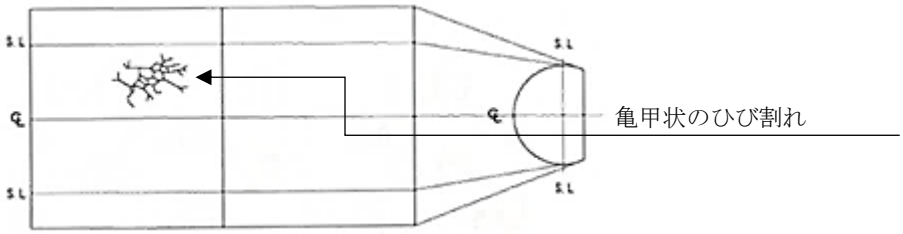
a　トンネルのひび割れ展開図（覆工天端付近の縦断方向ひび割れ）



b　トンネルのひび割れ展開図（横断方向に生じたひび割れ）



c　トンネルのひび割れ展開図（亀甲状のひび割れ）



①　a のみ　　②　b のみ　　③　c のみ　　④　a と b

解答④

キーワード：ひび割れ

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　81～88 頁参照

覆工コンクリートを横断的に一つのブロックとしてとらえると，天端付近はブロックの中間点にあたり，乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが生じやすい。

覆工の横断方向目地付近は，温度伸縮などにより応力が集中し，ひび割れ，うき，はく離が発生することがある。

亀甲状のひび割れは，材料を原因とするもの（ASR），施工を原因とするもの(養生不良，長時間の練り混ぜなど)，外力によるものなどがある。

問 10.　次の写真は，トンネルの天端に発生した変状事例である。この変状の現象として，最も適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① コンクリートの膨張によるひび割れ
② コンクリートの材質劣化による亀甲状ひび割れ
③ 漏水や凍害によるひび割れ劣化
④ コールドジョイント付近に発生したひび割れ

解答④

キーワード：トンネルの変状，変状原因

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　88 頁，
国土交通省道路局「道路トンネル定期点検要領」（令和 6 年 9 月）参照

コールドジョイントは，コンクリートを打重ねる際に，打設間隔が空くことによって，先に打設したコンクリートと後に打設したコンクリートが一体化しない状態となり，打ち重ね部に不連続な面が生じる変状である。コールドジョイント発生箇所は，ブリーディングや材料分離により，強度が低く，ひび割れが発生しやすい。打重ね面を挟んで色の違いがある場合もある。

一方，問題に示されたコールドジョイントによるひび割れと同様のひび割れとして，半月状のひび割れがある（写真 2）。このひび割れは，覆工の横断方向目地付近に温度伸縮よる応力集中で発生する場合や，覆工の型枠設置時の衝撃や過度の押上げなどにより発生するものがある。

上記のひび割れは，ブロック化による覆工はく落の可能性が高い（図 3）。

その他に，写真からひび割れが 1 本のみであることや漏水・遊離石灰が認められないことにより選択肢の②と③は除外される。

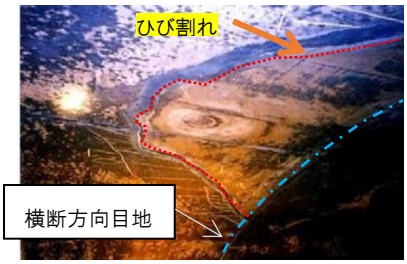


写真 1　問題の写真

写真 2　半月状のひび割れ

図 2 のコールドジョイント(A)が
写真 1 のように見える

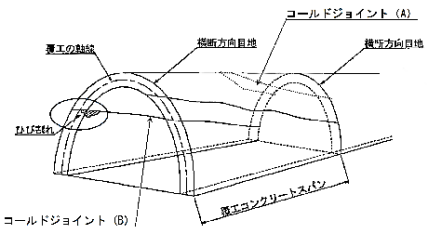


図 1 コールドジョイントの発生位置例

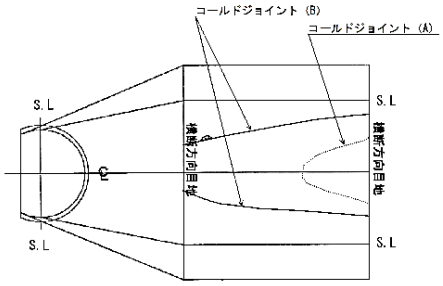


図 2 コールドジョイントが発生したトンネルの展開図

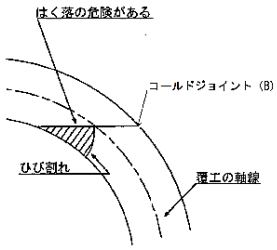


図 7 コールドジョイント(B)の発生位置例

問 11. 道路トンネルの定期点検に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 点検は，トンネル本体工のみの変状を発見し，その程度を把握することを目的としている。
② 点検により発見された変状の状況や原因などをより詳しく把握し，対策の必要性を判断するために調査を実施する。
③ 健全性の診断とは，点検又は調査結果により把握された変状や異常の程度を判定区分に分類する。
④ 定期点検の結果，追加で行った各種調査の結果及び措置の結果は，以後の維持管理に活用できるよう記録する。

解答①

キーワード：本体工，附帯工

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編） 93～100 頁参照

定期点検では，トンネル本体工と同時にトンネル内附属物の取付け状態を確認する。この場合は別途示されている要領などを参考とする。(道路管理施設等点検整備標準要領(案)トンネル換気設備・非常用施設点検・整備標準要領(案)平成 16 年 3 月国土交通省総合政策局建設施工企画課道路トンネル維持管理便覧【付属設備編】平成 28 年 11 月日本道路協会)

なお，付属物の機能に係る点検は別途実施すること。また，照明施設や換気施設，非常用施設などについては，機械メーカー独自の点検方法もあることからメーカーの協力や電気系統については電気主任技士や電気工事士，電気工事施工管理技士などによる点検を依頼することもある。

調査は，変状原因の推定のために実施し，本対策の要否及びその緊急性の判定を行う。また，変状原因が明らかな場合，既に調査が行われている場合も含め，調査を省略して本対策の要否及びその緊急性の判定を行う場合もある。調査が長期間となる場合は，「5.健全性の診断」を参照し，その変状などの健全性の診断を暫定的に行い，記録する。

健全性の診断は，点検結果及び「4.点検結果の判定(対策区分の判定)」に基づき行う。ここで各変状に対する対策区分の判定は，5 段階で行われる。「変状などの健全性の診断」においてはⅡb とⅡa を併せてⅡとして取扱うこととなるが，実際の措置は，別途対策区分の判定に基づいて検討する。

定期点検の結果は，以後の維持管理に活用するため，適切な方法で記録し，保存する必要がある。また，措置の検討のために追加で行った各種調査の結果や措置の結果も記録する。

なお，措置の実施内容及び措置後の対策区分や道路トンネル毎の健全性の診断の区分を再評価した結果は，定期点検結果を書き換えるのではなく，定期点検結果とは別に記録する。

問 12. 道路トンネルの定期点検の方法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① トンネル本体工の定期点検では，変状を近接目視により観察する。また，覆工表面のうき・はく離などが懸念される箇所に対し，うき・はく離の有無及び範囲などを把握する打音検査を行うとともに，利用者被害の可能性のあるコンクリートのうき・はく離部を除去するなどの応急措置を講じる。

② 覆工コンクリート施工後の初回点検においては，トンネルの全延長に対して近接目視により状況を観察し覆工全面を打音検査するとともに，覆工の目地及び打継目では打音検査を行うことを基本とする。

③ 近接目視とは，肉眼により部材の変状などの状態を把握し評価ができる距離まで接近して目視することをいう。近接目視による変状の把握には限界がある場合もあるため，必要に応じて触診や打音検査を含む非破壊検査技術などを適用する。

④ 過去の点検により変状原因が既に明らかになっている場合においても，変状原因を確認するために調査をしなければならない。

解答④

キーワード：打音検査

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　100～104 頁参照

初回の定期点検は，トンネル完成後 1 年から 2 年程度の間に実施する。ここでいう建設後とは，覆工打設完了後のことを指す。これは，初期の段階に発生したトンネルの変状・異常を正確に把握した記録が，以降の維持管理に有効な資料となるためである。特に目地付近では，うき・はく離が発生しやすいので十分注意して点検を実施し，たたき落とすことが重要である。

なお，定期点検に加えて，日常的なトンネルの状態の把握(日常点検)や，事故や災害などによるトンネルの変状・異常の把握(臨時点検，異常時点検)などを適宜実施しなければならない。

近接目視は，日常的な施設の状態把握では発見しづらい変状・異常がある覆工コンクリートの上部や坑門の上部などに対して，トンネル点検車などを用いて肉眼により部材の変状などの状態を把握し評価が行える距離まで接近し，ひび割れ，うき，はく離，漏水の状況，トンネル付属物の取付状態を観察する。ひび割れについては，必要に応じてその位置，長さ，幅，段差などを目盛り付きルーペ又はクラックゲージを用いて測定する。また，ひび割れの形態を開口，圧ざ，段差などに分類して整理し，点検表に記録する。

問 13. 附属物等の取付状態の点検と異常判定に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① ボルトの緩み等は，近接目視だけでは把握が困難な場合があり，打音検査や触診等を行うことがある。
② 附属物等の取付状態の異常判定区分は，原則として「○」又は「×」で整理する。
③ ボルトを締め直して異常が解消した場合は，措置後の状態を踏まえて判定し，実施内容を記録する。
④ 番線による簡易な固定を行えば，異常が解消したものとして必ず「○」に変更する。

解答④

キーワード：附属物，取付状態，異常判定，応急措置

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　104，126 頁参照

番線固定等の簡易な応急措置では，異常が根本的に解消したとは限らないため，判定を「×」から変更しない。ボルトの締め直し等により異常が解消した場合は，措置後の状態で判定し，措置内容を記録する。

問 14. 道路トンネルの点検を行う際の携行品とその使用に関する次の記述のうち，最も適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 滴水程度の漏水が見られたが，メスシリンダーを携帯していなかったのでヘルメットをメスシリンダーの代わりに流用した。
② 記録用具として記録紙，チョーク，黒板，ビデオカメラ，カメラを携行した。
③ 側壁部の点検において脚立がないため，不安定な梯子を用いた。
④ 打音検査中にうきを発見したため，打音検査用ハンマを用いて，はく離したコンクリートをたたき落とした。

解答②

キーワード：点検用具，記録用具

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　105～109 頁参照

滴水以上の漏水が見られた場合は，ストップウォッチやメスシリンダーなどで一分間当たりの漏水量を測定し，下図のように記録を作成しておく。

漏水調査は 1 分間の量を把握する必要があるため，ヘルメットではその量が把握できないこと，また用途外使用となるため使用してはならない。

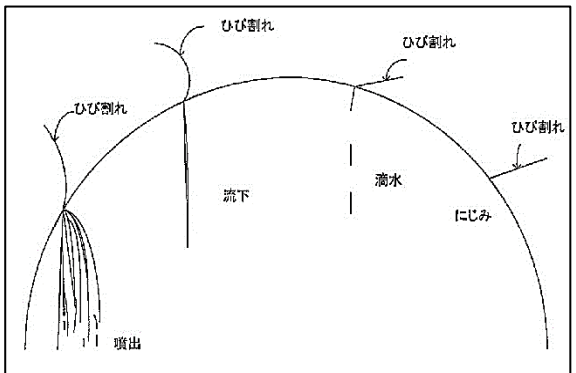


図 12　トンネルにおける漏水の形態

定期点検では，適切な点検用具，記録用品，点検用機材を携行する。点検用具には，クラックゲージ，各種ハンマ(打音検査用，たたき落し用など)，コンクリートハンマ(コンクリート強度推定用)，巻尺，ノギス，双眼鏡，防塵マスク，防塵メガネ，マーカー，メスシリンダー，ストップウォッチ，ph 試験紙，温度計などがある。記録用具には，カメラ，ビデオカメラ，黒板，チョーク，記録用紙などがある。点検用機材には，高所作業車，はしご，照明設備，清掃用具，交通安全・規制用具などがある。

点検時の安全を確保することは非常に重要であり，不安定なはしごの使用など，安全が確保されないものは使用してはならない。

問 15. 道路トンネルの応急措置の実施に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① うき・はく離箇所の応急措置は，ハンマによりたたき落とすことである。
② 大規模な湧水，路面滞水の応急措置は，交通規制や排水溝の清掃をすることである。
③ 附属物の固定アンカーボルトの緩みの応急措置は，ボルトを締め直すことである。
④ 照明灯具のカバーのがたつきの応急措置は，新しいボルトと交換することである。

解答④

キーワード：応急措置

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編） 109～111 頁参照

照明灯具のカバーのがたつきに対する主な応急措置の例は，番線等による固定である。したがって，④は不適当である。

トンネル本体工の応急措置は，定期点検などにおける変状状況の把握の段階において，利用者被害を与えるような覆工コンクリートのうき・はく離などの変状が発見された場合に，被害を未然に防ぐため，点検作業の範囲内で行うことができる程度の応急的に施される措置をいう。また，うき・はく離以外にも外力による変状や漏水などによる変状が発見される場合がある。本体の応急措置には，うき・はく離箇所のハンマによるたたき落とし，交通規制，排水溝の清掃，凍結防止剤の散布，危険物（つらら・側氷）の除去などがある。

附属物等の取付状態の異常に対する主な応急措置の例として，固定アンカーボルトの緩みにはボルトの締め直し，照明灯具のカバーのがたつきには番線等による固定が示されている。なお，番線等で固定した灯具等は対策を行うことを基本とする。

打音検査により，うき・はく離が発見された場合は，点検作業の範囲内で，応急措置としてハンマなどにより極力，危険箇所をたたき落とすように努める。

「大規模な湧水や路面滞水」の応急措置は，「交通規制や排水溝の清掃など」である。

応急措置の目的や，各変状ごとの措置方法ならびに注意事項について理解しておく必要がある。

問 16. 道路トンネルの応急措置及び応急対策に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 打音検査により 20 ㎝四方のはく離が発見されたので，点検作業中であったがハンマにより極力危険箇所をたたき落とした。
② 応急措置としてハンマでの除去範囲が広すぎ，除去後不安定なコンクリート塊が残存する可能性があり，応急対策までの間に安全が確保されないと判断されたため，道路管理者に報告し指示を求めた。
③ 応急措置に代えて被害を未然に防ぐために，点検の完了を待たずに急いで応急対策を実施した。
④ 冬場の点検において漏水箇所から側氷があり，路面にも水が流出していたため，側溝のごみを取り除いて水の流れを回復し，凍結防止剤を散布し記録した。

解答③

キーワード：打音，応急措置

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編） 109～111 頁参照

応急措置の概念及び留意点についてどこまで理解しているかを問う問題である。
③では，点検の完了を待たずに応急対策を実施するとあるが，下記のようにまずは管理者に報告し，点検後に実施する必要がある。

（応急措置の概念）
応急措置は，定期点検などにおける変状状況の把握の段階において，利用者被害を与えるような覆工コンクリートのうき・はく離などの変状が発見された場合に，被害を未然に防ぐため，点検作業の範囲内で行うことができる程度の応急的に施される措置をいう。

（留意点）
変状区分「外力・材料劣化」の変状の種類「うき・はく離」の応急措置は，「うき・はく離箇所をハンマを用いてたたき落とすこと。」であり，打音検査により，うき・はく離が発見された場合は，点検作業の範囲内で，応急措置として極力，危険箇所をたたき落とすように努める。

応急対策を適用するまでの間で安全性が確保されないと判断された，極めて緊急性の高い変状（応急措置としてのハンマでのたたき落しが困難な場合は，不安定なコンクリート塊が残存し，すぐにでも落下の危険性がある場合など）が確認された場合は，速やかに道路トンネルの管理者に報告する。

応急措置に代えて応急対策を実施する場合もあるが，その場合，点検後速やかに応急対策を実施する。応急対策は，点検作業の範囲を超える対応であることに留意する。
変状区分「漏水」の変状の種類のうち，「つらら，側氷，氷盤」の応急措置は，「交通規制，凍結防止剤散布，危険物の除去（たたき落しなど）」である。

問 17.　トンネル本体工の変状種類と変状区分に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 圧ざ・ひび割れは，外力又は材質劣化に起因する場合がある。
② うき・はく離は，外力又は材質劣化に起因する場合がある。
③ 変形・移動・沈下・隆起は，主として外力による変状として整理する。
④ 漏水等による変状は，すべて材質劣化のみに分類する。

解答　④

キーワード：変状種類，外力，材質劣化，漏水

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　120～123 頁参照

変状区分は外力，材質劣化，漏水に大別する。漏水等による変状は漏水の区分に整理する。変状種類は現象，変状区分は主にその要因を区分したものであり，必要となる対策の区分とは異なる。

問 18.　トンネルの区間ごとの性能の推定に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 把握した状態から複数の変状を組み合わせ，変状の要因が外力，材質劣化，漏水のいずれの変状区分に該当するかを推定する。
② トンネルの構造物としての安全性や安定への影響を推定する。
③ 落下物や漏水等による利用者の安全性への影響を推定する。
④ 個々の変状だけを評価し，トンネルの区間としての評価は行わない。

解答④

キーワード：性能の推定，安全性・安定，利用者等の安全性

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　120～123 頁参照

性能は，個々の変状だけではなく，複数の変状を組み合わせて区間単位で推定する。推定の観点は，主に①トンネルの構造物としての安全性や安定，②利用者等の安全性である。山岳トンネルでは，覆工スパンを区間とすれば構造特性の違いを考慮した区間設定とみなすことができる。

問 19.　トンネルの区間ごとの性能の推定結果を区分する A～D に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① A は，利用者に対して影響が及ぶ可能性がない状態である。
② B は，将来的に利用者に対して影響が及ぶ可能性がある状態である。
③ C は，早晩，利用者に対して影響が及ぶ可能性が高い状態である。
④ D は，利用者に対して影響が及ぶ可能性が低い状態である。

解答　④

キーワード：区間ごとの性能推定，A～D

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　120～121 頁参照

D は，利用者に対して影響が及ぶ可能性が高い状態である。性能の推定では，次回定期点検までに遭遇する状況を想定し，区間単位で A～D に区分する。

問 20. 道路トンネルの維持管理上の「特定事象」に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 主な特定事象には，地すべり，膨張性地山，有害水等がある。
② 特定事象は，維持管理上，特別な取扱いをする可能性がある事象である。
③ 特定事象への該当の有無は，合理的な維持管理や予防保全の検討に活用する。
④ 特定事象は，すべてのトンネルで一律に発生する通常の経年劣化の総称である。

解答 ④

キーワード：特定事象，地すべり，膨張性地山，有害水

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編） 121～123 頁参照

特定事象は，通常の経年劣化の総称ではない。次回定期点検までの状態変化や予防保全を考える上で重要となる，維持管理上特別な取扱いをする可能性のある事象であり，該当の有無と評価の関係を記録・所見に残す。

問 21. うき，はく離に対する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 区間ごとの性能の推定結果等を踏まえ，次回定期点検までに必要又は望ましい措置を検討する。
② 区間ごとの対策区分には，Ⅰ，Ⅱb，Ⅱa，Ⅲ，Ⅳがある。
③ 道路トンネル毎の健全性の診断は，道路管理者がⅠ～Ⅳの区分を決定する。
④ 区間ごとの対策区分ⅡaとⅡbは，道路トンネル毎の健全性の診断でも別々の区分として告示されている。

解答④

キーワード：性能の推定，対策区分，健全性の診断

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編） 120～131，134～136 頁参照

区間ごとの対策区分ではⅡをⅡbとⅡaに分けるが，道路トンネル毎の健全性の診断はⅠ～Ⅳであり，Ⅱa・Ⅱbを別区分とはしない。最終的な健全性の診断の区分は，技術的評価や措置の検討結果等を踏まえて道路管理者が決定する。

問 22.　うき，はく離に対する次の記述のうち，<u>不適当なもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。

① 打音異常が認められない場合でも，ブロック化の面積が大きい場合，ブロック化が進行している場合，劣化要因が明確な場合や寒冷地などの厳しい環境条件下にある場合は，対策区分を「Ⅱa」又は「Ⅲ」とすることを検討する。

② うき，はく離があり，たたき落としにより除去できたとしても，再度発生する可能性があるため今後の監視が必要な場合，判定区分は“Ⅱa”となる。

③ 補修材などのうき・はく離については，本体工に生じるうきに比べてその厚さが薄いことが多いため，発生位置などを考慮し，判定することが望ましい。

④ うき・はく離の対策区分は，打音検査時にたたき落としを行った後の状態に基づいて決定する。

解答②

キーワード：監視，予防保全，落下可能性，たたき落とし，打音異常，ブロック化

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　134～136 頁参照

正解は②で，うき，はく離の兆候があり，将来的に落下する可能性があるため，監視を必要とする状態であれば，“Ⅱb”である。

うき，はく離の判定は，打音検査時にたたき落としを行った後に実施し，判定の基本的な考え方は，

表 1　うき・はく離に対する判定区分

Ⅰ		ひび割れなどによるうき，はく離の兆候がないもの，又はたたき落としにより除去できたため，落下する可能性がなく，措置を必要としない状態
Ⅱ	Ⅱb	ひび割れなどにより覆工コンクリートなどのうき，はく離の兆候があり，将来的に落下する可能性があるため，監視を必要とする状態
	Ⅱa	ひび割れなどにより覆工コンクリートなどのうき，はく離の兆候があり，将来的に落下する可能性があるため，重点的な監視を行い，予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態
Ⅲ		ひび割れなどにより覆工コンクリートなどのうき，はく離などがみられ，落下する可能性があるため，早期に対策を講じる必要がある状態
Ⅳ		ひび割れなどにより覆工コンクリートなどのうき，はく離などが顕著にみられ，早期に落下する可能性があるため，緊急に対策を講じる必要がある状態

表 2　うき・はく離などに対する判定の目安例

対象箇所	部位区分	ひび割れなどの状況	打音異常※2 有	打音異常※2 無
覆工	断面内	ひび割れなどはあるものの，進行しても閉合のおそれがない	Ⅱb	
		ひび割れなどは閉合してはいないものの，ひび割れの進行により閉合が懸念される	Ⅲ	Ⅱb
		ひび割れなどが閉合しブロック化※1 している	Ⅳ	Ⅱb，Ⅱa，Ⅲ
		漏水防止モルタルや補修材が材質劣化※3 している	Ⅲ，Ⅳ	Ⅱb，Ⅱa，Ⅲ
		覆工コンクリートや骨材が細片化している，あるいは豆板などがあり材質劣化している	Ⅲ，Ⅳ	Ⅱb，Ⅱa，Ⅲ

下記 2 表に基づく。落下の危険性は，ひび割れなどの状況や打音異常で判断する。

たたき落としを行い，完全に除去でき落下する可能性がなく，措置を必要としない状態であれば“Ⅰ”と判定する。

打音異常が認められない場合，判定区分“Ⅱb”を基本とするが，ブロック化の面積が大きい場合，又はひび割れの発生状況から落下の危険性が考えられる場合や，ブロック化が進行している場合，劣化要因が明確な場合や寒冷地などの厳しい環境条件下にある場合などは，判定区分“Ⅱa”又は“Ⅲ”を検討する。

判定区分“Ⅱb”は，将来的に落下の可能性があるが，監視を必要とするレベルであり，予防保全の観点から計画的に対策を必要とする状態であれば，“Ⅱa”となる。

補修材などの材質劣化のうち，うき・はく離については，本体工に生じるうきに比べてその厚さが薄いことが多いため，発生位置などを考慮して判定する。

問 23.　状態の記録に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 状態の記録は，基本的に外観の客観的事実を記録する。
② 変状規模や外観性状を統一的な方法で定期的に記録し，状態変化の把握に活用する。
③ 状態の記録には，技術的な評価や措置の必要性に関する工学的判断を混在させる。
④ 変状展開図等は，状態変化をできるだけ正確に把握できるよう，再現性を重視して作成する。

解答　③

キーワード：状態の記録，客観的事実，再現性

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編）　153～154 頁参照

状態の記録は，維持管理の基礎データとして外観の客観的事実を記録するものであり，技術的な評価や措置の必要性に関する工学的判断を混入させない。判断や所見は，状態記録とは区別して整理する。

問 24. 道路トンネルの措置に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 応急対策は，調査や本対策までの期間に限定し，短期的に機能を維持するための対策である。
② 本対策は，中長期的にトンネル機能を回復・維持するための対策である。
③ 監視は，変状の挙動を追跡的に把握するために行うことがある。
④ 通行規制・通行止めは措置に含まれない。

解答 ④

キーワード：応急対策，本対策，監視，通行規制

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編） 177～180 頁参照

措置には，監視，補修・補強等の対策が含まれ，緊急に対策を講じることができない場合などの対応として通行規制・通行止めがある。応急措置，応急対策及び本対策は，目的や実施段階が異なるため，区別して理解する必要がある。

問 25. 定期点検後に行う調査に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 調査は，変状の詳細な状況や原因を把握し，対策の必要性等を検討するために行う。
② 変状原因が既に明らかで，必要な判断ができる場合には，追加調査を要しないことがある。
③ 調査手法は，変状の状態と確認目的に応じて選定する。
④ 変状原因が明らかな場合でも，すべての調査手法を一律に実施しなければならない。

解答 ④

キーワード：調査，変状原因，対策の検討

【解説】ﾃｷｽﾄ（トンネル編） 180～184 頁参照

調査は目的に応じて合理的に実施する。原因が既に明らかで，本対策の要否や緊急性を判断できる場合には，追加の調査を省略できることがある。一方，原因や進行性が不明な場合には，必要な情報を得るため適切な調査を行う。

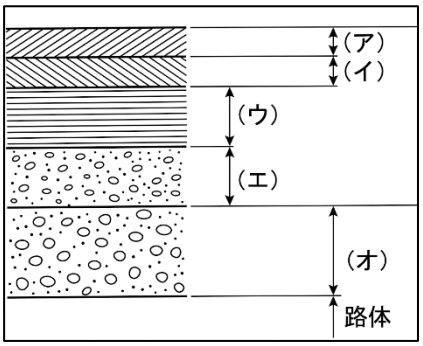
インフラ調査士講習会

演習問題

付帯施設（舗装）　編

問 1.　次の図は，舗装の構成を示したものである。図中の（ア）～(オ)の組合せのうち，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

記号	（ア）	（イ）	（ウ）	（エ）	（オ）
①	表層	基層	上路盤	下路盤	路体
②	基層	表層	下層路盤	上層路盤	路床
③	表層	基層	上層路盤	下層路盤	路体
④	表層	基層	上層路盤	下層路盤	路床



解答④

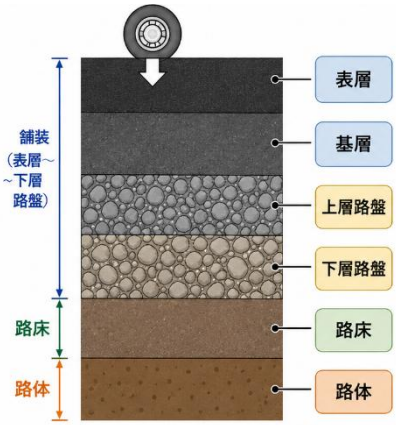
キーワード：舗装構造，舗装の構成

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　5～6 頁参照

設問は，アスファルト舗装の舗装構造に関する問題である。

アスファルト舗装は，上位から表層，基層，上層路盤，下層路盤，路床，路体で構成される。このうち，表層から下層路盤までを「舗装」といい，その下の路床が舗装を支持している。

したがって，正解は④である。



① 表層は、舗装の最上部に位置し，自動車のタイヤと直接接する層である。交通荷重を受けるとともに，平たん性やすべり抵抗性など，安全で快適な走行に必要な路面の機能を確保する役割をもつ。一般に，加熱アスファルト混合物などが用いられる。

② 基層は、表層の下に位置し，表層に加わる交通荷重を路盤へ伝達する役割をもつ。表層と一体となって交通荷重を受け持つ層であり，一般に加熱アスファルト混合物などが用いられる。

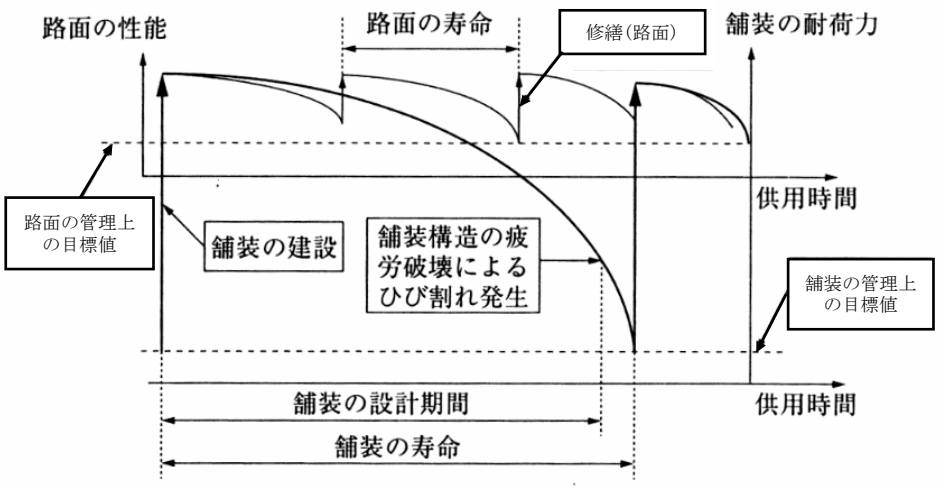
③ 上層路盤は、基層の下に位置し，上部から伝わる交通荷重を分散して，下層路盤へ伝達する役割をもつ。一般に，粒度調整砕石などの粒状材料や，瀝青安定処理材，セメント安定処理材などが用いられる。

④ 下層路盤は、上層路盤の下に位置し，上部から伝わる交通荷重をさらに分散して路床へ伝達する役割をもつ。上層路盤に比べて作用する応力が小さいため，経済性を考慮して，クラッシャランや切込み砂利などの粒状材料，または安定処理した現地発生材料などが用いられる。

⑤ 路床は、舗装の直下に位置し，舗装を支持する役割をもつ。路床の支持力は舗装構造を決定する重要な条件の一つであり，設計 CBR などによって評価される。路床は，一般に舗装下面から深さ約 1m の範囲をいう。

⑥ 路体は、路床の下部に位置し，路床を支える部分である。路床とともに舗装全体を下から支える役割をもつ。地盤の状態によっては岩盤などの場合もあり，その条件に応じて舗装構成を検討する必要がある。

問 2.　舗装の性能は供用に伴い低下するものであり，適切に維持・修繕を行い舗装の性能を維持することが重要である。次の図は縦軸に路面の性能・舗装の耐荷力，横軸に供用時間を示し，舗装を建設してから修繕を行う維持管理の流れを示す図である。舗装の維持・修繕に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。



① 路面の寿命は道路供用後に路面の管理目標値まで低下する供用時間をいう。
② 路面の寿命は舗装の寿命より短いため，性能が管理目標値以下となる前に適切に維持修繕を行うことが重要である。
③ 舗装の維持修繕は舗装点検結果に関わらず，建設時の舗装設計期間が過ぎた時点で舗装を新規建設する。
④ 舗装は性能が低下することを前提に建設し，その状態を適宜把握しながら必要な管理行為を適切に実施していく特徴を有している。

解答③

キーワード：維持，修繕，設計期間、寿命

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　9 頁参照

設問は、舗装に関する維持修繕の概念を問う問題である。

舗装の維持修繕は，舗装点検の実施により舗装の状態を調査して，破損状態を適切に把握し，その結果をもとに破損の原因を特定し，適切で効果的な維持修繕工法を選定することが重要である。

①、②、④はグラフから読み取れる記述となっている。

舗装の破損状況，修繕状況により，供用後の舗装設計期間は変化するため，③が不適当である。

問 3.　次の表は，路床の設計 CBR 値と交通量の関係を表したものである。舗装構造が同じで，かつ交通量も同じである場合，道路路面の損傷が最も生じやすい条件はどれか。正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

記号	設計 CBR	交通量/日
①	3	1000 台
②	4	1000 台
③	6	1000 台
④	8	1000 台

解答①

キーワード：路床の設計 CBR，交通量

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　15，18～19 頁参照

設問は，路床の設計 CBR と交通量が舗装構造に与える影響に関する問題である。

設計 CBR が小さいほど路床の支持力は小さく，同じ交通量に対して必要となる舗装厚は大きくなる。したがって，交通量と舗装構造が同じ条件であれば，設計 CBR が小さい路床ほど舗装に損傷が生じやすい。よって，設計 CBR が最も小さい①が正解である。

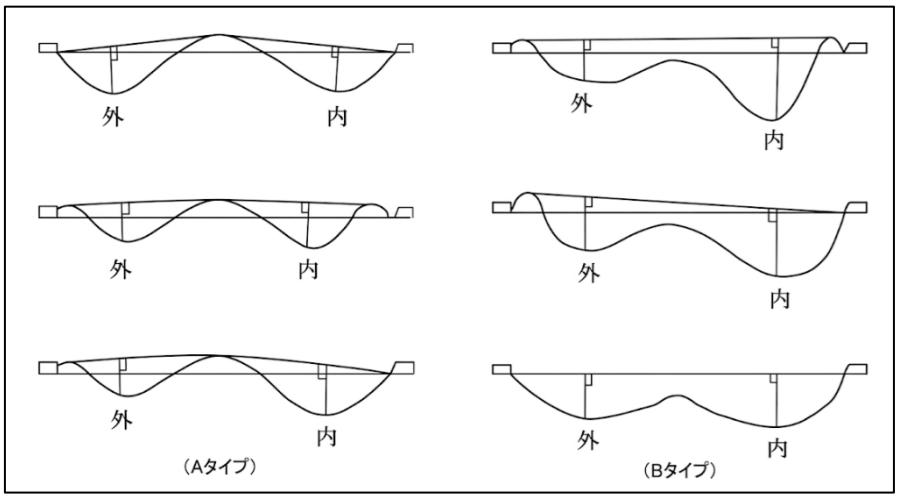
テキストの必要等値換算厚の表からも，同じ交通量区分では，設計 CBR が小さいほど必要等値換算厚が大きくなることが確認できる。

表 2　必要等値換算厚（信頼度 90%，設計期間 10 年）：アスファルト舗装

交通量区分		設計 CBR ＼ 舗装計画交通量(台/日･方向)	3	4	6	8	12	20
N_7	D 交通	3,000 以上	45	41	37	34	30	26
N_6	C 交通	1,000 以上　3,000 未満	35	32	28	26	23	20
N_5	B 交通	250　以上　1,000 未満	26	24	21	19	17	15
N_4	A 交通	100　以上　250 未満	19	18	16	14	13	11
N_3	L 交通	40　以上　100 未満	15	14	12	11	10*	9*
N_2		15　以上　40 未満	12	11	10*	9*	8*	7*
N_1		15　未満	9*	9*	8*	7*	7*	7*

＊：TA がこの数値未満となる場合，最小厚さを満足しない場合があるので，使用材料および工法の選定に注意する必要がある。

問 4.　次の図は，わだち掘れの道路横断図を表したものである。次のうち，「舗装の変状を表す用語」に<u>該当しないもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。



① 道路側帯のわだち掘れ量(mm)
② 路面のひび割れ率(%)
③ 路面の縦横断凹凸量(mm)
④ 路床の設計 CBR

解答④

キーワード：わだち掘れ，わだち掘れの発生要因

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　38～40 頁参照

設問は，わだち掘れの変状に関係して発生する舗装の変状を問うものである。

わだち掘れが発生した周辺でどのような舗装の変状が発生しているか，わだちの発生と関連づけて考えると答えは以下のとおりである。

わだち ⇒ わだちの深さ＝わだち掘れ量 ⇒ 路面の縦横断方向の凹凸＝縦横断凹凸量
⇒ わたち周辺の路面のひび割れ＝ひび割れ率

一方，設計 CBR は路床の支持力を表し，舗装構造の設計に用いる値である。CBR 不足はわだち掘れなどの発生要因となり得るが，「舗装の変状を表す用語」ではない。よって，正解は④である。

わだち掘れの発生要因には，交通量や高温などの外的要因と，路床・路盤の圧縮変形，CBR 不足，材料劣化，アスファルト混合物の塑性変形などの内的要因がある。

分類	発生要因
外的要因 （道路をとりまく環境）	交通量の増加，大型車混入率の増加，交通渋滞の多発 気象条件：夏期の高温による舗装の軟化，冬期のスパイクタイヤ
内的要因 （道路構造，舗装構造）	路床・路盤の圧縮変形，CBR 不足，材料劣化，材料不良 アスファルト混合物の塑性変形，摩耗，舗装厚不足　など

問 5.　次に示す写真は，アスファルト舗装とコンクリート舗装の変状を表したものである。この変状の語句として，正しい組合せを次の中から一つ選び，記号で答えよ。

写真Ａ	写真Ｂ

記号	写真Ａ	写真Ｂ
①	亀甲状ひび割れ	コンクリートクラック
②	ポットホール	隅角ひび割れ
③	わだち掘れ	目地割れ
④	陥没	隅角ひび割れ

解答②

キーワード：ポットホール，隅角ひび割れ

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　46，52，65 頁参照

設問は，アスファルト舗装とコンクリート舗装の変状や破損に関する問題である。アスファルト舗装のひび割れやポットホール，及びコンクリート舗装の隅角ひび割れは頻繁に発生する変状であり，舗装の調査点検を行う上で，知って欲しい基本的な変状（破損）である。

写真 A はアスファルト舗装のポットホールの事例，写真 B はコンクリート舗装の隅角部のひび割れの事例である。ポットホールは，舗装表面に生じた穴で直径が 10～100 ㎝の窪みを呈している。この穴は走行の支障となるだけでなく，交通事故などの第三者被害の危険性が高いため，第三者被害防止の観点から早急な補修（応急措置）が必要で，点検作業時に簡易アスファルト舗装による応急措置を行うことが多い。

また，コンクリート舗装の隅角部のひび割れも同様で，ひび割れが著しく舗装の段差の発生やホール化している場合には，段差や欠損等により第三者被害のおそれがある場合には，状況に応じて早急な対応を検討する必要がある。

問 6.　次の表は，舗装点検要領（平成 28 年 10 月）に記載されている道路の分類である。道路の分類に応じた点検・診断で<u>不適当なもの</u>を一つ選び，記号で答えよ。

特　性		分類	主な道路（イメージ）
	高規格幹線道路等（高速走行など求められるサービス水準が高い道路）	A	高速道路
損傷の進行が早い道路等 （例えば，大型車交通量が多い道路）		B	直轄国道 政令市・一般市道 補助国道・県道
損傷の進行が緩やかな道路等 （例えば，大型車交通量が少ない道路）		C	
	生活道路等（損傷の進行が極めて遅く占用工事等の影響が無ければ長寿命）	D	市町村道

① 点検頻度は，直轄国道をはじめとする道路分類Ａ及びＢについては 10 年に 1 回，その他の道路に関しては，道路管理者が道路の特性に合わせて適正に設定される。

② 点検手法は，　いずれの道路分類においても，各道路の特性等を踏まえ，道路管理者が適切に管理基準を設定し，目視又は機器を用いた手法など道路管理者が設定する適切な手法により舗装の状態を把握する。

③ 健全性の診断は，いずれの道路分類においても，道路管理者が各道路の特性等を踏まえて設定した管理基準に照らし，点検で得られた情報により適切に行われる。

④ 分類Ｄの道路では，点検要領に基づく点検・診断は不要で，巡視の機会を通じた道路管理とすることができる。

解答①

キーワード：道路の分類

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯設（舗装編）　61～65 頁参照

道路分類に応じた点検・診断についての理解を確認する設問である。

道路分類に応じて点検・診断の方法が異なり点検頻度を問う設問。①は道路分類Ａ，Ｂの点検頻度は 10 年に 1 回となっているが，正しくは 5 年に 1 回なので間違いである。②～④は，テキストに記載されているとおりの適正な記述である。よって①の記述は不適当で正答である。

問 7.　道路舗装の応急措置の記録に関する次の記述のうち，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

① 舗装の点検･巡視等でポットホールが見つかり応急措置を行ったが，軽微な補修だったため，実施内容を記録しなかった。
② 舗装の点検・巡視等でポットホールが見つかったが，自動車の走行に大きな支障はないと判断し，損傷の状況を記録しなかった。
③ 措置の結果は次回の修繕を検討する際の情報にはならないため，実施内容を記録しなかった。
④ 舗装の点検でアスファルト舗装のパッチング処理の跡を確認したので，損傷状況等とあわせて点検結果として記録した。

正解④

キーワード：措置，点検記録，パッチング

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　64，91，94～95 頁，
国土交通省「舗装点検要領」（平成 29 年 3 月）参照

舗装の点検では，ひび割れ，わだち掘れ，縦断凹凸などの状態や代表写真を記録する。また，点検時にポットホールなどの局所的な損傷を発見して応急措置を行った場合は，その実施内容および実施前後の写真を記録する。

措置を実施した場合の記録は，その後の維持管理や措置の妥当性を確認するための重要な情報となる。したがって，軽微な応急措置であっても実施内容を記録し，確認した損傷や補修跡も点検結果として適切に記録する必要がある。

以上より，正しい記述は④である。

問 8.　舗装の調査・試験方法に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 舗装の走行性能　⇔　地中レーダ探査で調べた。
② 舗装構造の健全性　⇔　FWD 試験で調べた。
③ 路面の縦断凹凸　⇔　3m プロフィルメータで調べた。
④ 路面下の空洞　⇔　地中レーダで調べた。

解答①

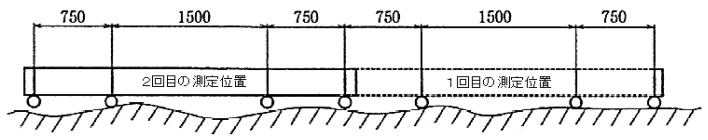
キーワード：舗装の調査・試験，FWD 試験，地中レーダ

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　67，99～101 頁参照

設問は，舗装の状態を把握するための調査・試験方法と，その目的との対応を問うものである。
調査・試験方法ごとに，何を把握・評価するための方法なのかを理解しておく必要がある。

① 地中レーダは，主に路面下空洞の調査に用いられる。舗装の走行性能を地中レーダで調べるものではないため，①が不適当である。

【舗装の陸測定（凹凸測定）と平坦性σ】

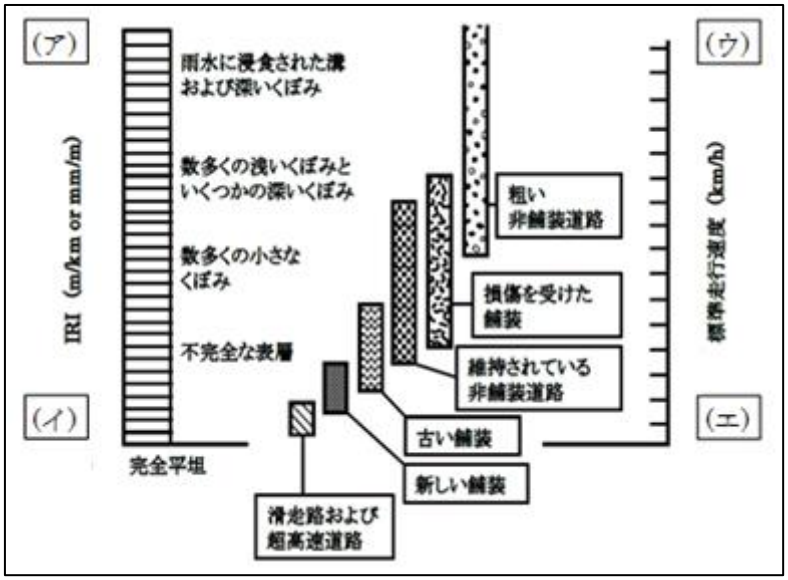


$$\text{平坦性 } \sigma(\text{mm}) = \sqrt{\frac{\Sigma di^2 - (\Sigma di)^2/n}{n-1}}$$

σ　：　平坦性(mm)
di　：　波高の測定値(mm)
n　：　データ数

② FWD 試験は，舗装表面に荷重を加えたときのたわみ量を測定し，舗装の安全性・健全性や支持力等を評価する非破壊調査である。
③ 路面の縦断凹凸は，直読式凹凸測定器または 3m プロフィルメータ等を用いて測定する。
④ 路面下空洞の調査では，地中レーダによって得られる異常信号の位置データなどを活用する。よって，正解は①である。

問 9.　次の図は，道路舗装の平坦性や走行性を表したものである。国際ラフネス指数（IRI）と車の走行速度の関係で，次に示す両者の数値の大小関係の組合せのうち，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。



記号	（ア）	（イ）	（ウ）	（エ）
①	大	小	小	大
②	大	小	大	小
③	小	大	小	大
④	小	大	大	小

解答①

キーワード：IRI（国際ラフネス指数），走行速度

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　68～69 頁参照

国際ラフネス指数（IRI）は，路面の縦断凹凸を表す指標であり，世界銀行が提案したものである。

IRI は，仮想車両モデル（クォーターカー）を一定速度で路面上を走行させたときの上下方向の運動変位の累積値と走行距離の比（m/km または mm/m）として表される。

IRI が大きいほど路面の凹凸が大きく，走行速度を低くする必要がある。図では（ア）が大，（イ）が小，（ウ）が小，（エ）が大となるため，正解は①である。

国際ラフネス指数	小	～	大
不陸やくぼみ	小	～	大
標準走行速度	大	～	小

問 10. 次の表は，道路のわだち掘れやひび割れ率，路面の凹凸量から求められる「維持管理指数(MCI)による舗装の維持管理水準」である。（ア）及び（イ）に入る数値として適した組合せはどれか。正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

記号	（ア）	（イ）
①	3	5
②	5	3
③	5	5
④	3	3

<舗装の維持管理に対する判断水準>	
望ましい管理水準	MCI≧（ア）
修繕が必要な水準	3＜MCI＜5
早急に修繕が必要な水準	MCI≦（イ）

解答②

キーワード：維持管理指数（MCI）

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　68 頁参照

設問は，舗装の維持管理の目安になる指標である「維持管理指数(MCI)」に関するものである。

MCI（Maintenance Control Index）は，ひび割れ率，わだち掘れ量，平たん性から舗装路面の状態を客観的・定量的に評価し，修繕などの目安とする指標である。

以下に，MCI の計算式を示す。

$MCI = 10 - 1.48C^{0.3} - 0.29D^{0.7} - 0.47\sigma^{0.2}$　(1)

$MCI_0 = 10 - 1.51C^{0.3} - 0.30D^{0.7}$　(2)

$MCI_1 = 10 - 2.23C^{0.3}$　(3)

$MCI_2 = 10 - 0.54D^{0.7}$　(4)

※ここで，C：ひび割れ率（%），D：わだち掘れ量（mm），σ：縦断凹凸量（mm）

供用性の評価は式(1)を採用する。ただし，平たん性が未測定の場合は式(2)による。

式(3)はひび割れ率から求める場合，式(4)はわだち掘り量から求める場合に用いる。

このうち，最も小さい値を現況舗装の「維持管理指数（MCI)」とする。

<判断基準>

望ましい管理水準	MCI≧5
修繕が必要	3<MCI<5
早急に修繕が必要	MCI≦3

MCI 値が小さいほど路面の損傷が激しく，修繕が必要である。

望ましい管理水準は MCI≧5，修繕が必要な水準は 3＜MCI＜5，早急に修繕が必要な水準は MCI≦3 である。

したがって，（ア）＝5，（イ）＝3 となり，正解は②である。

問 11. アスファルト舗装の診断区分に関する次の記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 点検による評価結果を管理基準に照らし，損傷レベルをⅠ：健全，Ⅱ：表層機能保持段階，Ⅲ：修繕段階の 3 段階に区分する。

② 劣化の程度が小さく、舗装表面は健全な状態の場合は、表層機能保持段階である診断区分Ⅱに区分する

③ 修繕段階である診断区分Ⅲについて，表層の供用年数が使用目標年数を超えている場合は診断区分Ⅲ-1 に区分する。

④ 診断区分Ⅲ-2 は路盤以下の層が損傷していると想定し路盤打換等の措置となる。

解答②

キーワード：アスファルト舗装，診断区分

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編） 72～74 頁参照

アスファルト舗装を診断する指標，診断区分Ⅰ～Ⅲに関する知識を問う設問である。

②は診断区分Ⅰの健全の記述となる。したがって、②が不適当な記述となる。

①、③、④は下記の表に記述されてる通りの適正な記述である。

区分			状態
Ⅰ	健全		損傷レベル小： 管理基準に照らし，劣化の程度が小さく，舗装表面が健全な状態である。
Ⅱ	表層機能 保持段階		損傷レベル中： 管理基準に照らし，劣化の程度が中程度である。
Ⅲ	修繕段階		損傷レベル大： 管理基準に照らし，それを超過している又は早期の超過が予見される状態である。
		Ⅲ－1 表層等修繕	表層の供用年数が使用目標年数を超える場合 （路盤以下の層が健全であると想定される場合）
		Ⅲ－2 路盤打換等	表層の供用年数が使用目標年数未満である場合 （路盤以下の層が損傷していると想定される場合）

問 12. コンクリート舗装の診断結果は，損傷状態に基づき，「Ⅰ：健全」，「Ⅱ：補修段階」，「Ⅲ：修繕段階」に区分される。診断区分Ⅲ（修繕段階）の説明について，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 目地部に目地材が充填されている状態を保持し，路盤以下への雨水の侵入や目地溝に土砂や異物が詰まることがないと想定される状態は診断区分Ⅰ（健全）である。

② 目地部の目地材が飛散等しており，路盤以下への雨水の侵入や目地溝に土砂や異物が詰まる恐れがあると想定される状態は診断区分Ⅱ（補修段階）である。

③ コンクリート版において，版央付近またはその前後に横断ひび割れが全幅員にわたっていて，１枚の版として輪荷重を支える機能が失われている可能性が高いと考えられる状態は診断区分Ⅱ（補修段階）である。

④ 目地部に段差が生じたりコンクリート版の隅角部に角欠けへの進展が想定されるひび割れが生じているなど，コンクリート版と路盤の間に隙間が存在する可能性が高いと考えられる状態は診断区分Ⅲ（修繕段階）である。

解答③

キーワード：コンクリート舗装，診断区分

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　76～79 頁参照

コンクリート舗装を診断する指標，診断区分Ⅰ～Ⅲに関する知識を問う設問である。

③は診断区分Ⅲ（修繕段階）の記述となる。したがって、③が不適当な記述となる。

①、②、④は下記の表に記述されてる通りの適正な記述である。

診断区分		状態
Ⅰ	健全	損傷レベル小： 目地部に目地材が充填されている状態を保持し，路盤以下への雨水の侵入や目地溝に土砂や異物が詰まることがないと想定される状態であり，ひび割れも認められない状態である。
Ⅱ	補修段階	損傷レベル中： 目地部の目地材が飛散等しており，路盤以下への雨水の侵入や目地溝に土砂や異物が詰まる恐れがあると想定される状態，目地部で角欠けが生じている状態である。
Ⅲ	修繕段階	損傷レベル大： コンクリート版において，版央付近またはその前後に横断ひび割れが全幅員にわたっていて，１枚の版として輪荷重を支える機能が失われている可能性が高いと考えられる状態である。または，目地部に段差が生じたりコンクリート版の隅角部に角欠けへの進展が想定されるひび割れが生じているなど，コンクリート版と路盤の間に隙間が存在する可能性が高いと考えられる状態である。

問 13. 道路舗装の補修（維持）・修繕工法に関する次の記述のうち，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

① 補修（維持）工法のパッチングは，舗装を当初の機能まで回復させることを目的とする「修繕工法」である。
② 修繕工法のオーバーレイは，舗装の機能を維持するためだけに行う「応急的な補修工法」である。
③ 切削オーバーレイ工法は，「修繕工法」の一つである。
④ シール材注入工法は，ポットホールや段差をアスファルト混合物で埋める工法である。

解答③

キーワード：補修（維持）工法，修繕工法，切削オーバーレイ工法

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（舗装編）　94～98 頁参照

設問は，舗装の補修（維持）工法と修繕工法の違い，および代表的な工法に関する問題である。

テキストでは，措置を「補修」と「修繕」に分けている。
補修は，現状の舗装の機能を維持するための措置であり，日本道路協会の舗装に関する関連図書では「維持」に該当する。補修（維持）工法には，パッチング，ひび割れ・目地の充填，表面処理，切削などがある。
修繕は，舗装を当初の機能まで回復させる措置である。修繕工法には，オーバーレイ工法，切削オーバーレイ工法，リフレクションクラック対策工，路上表層再生工法，路上路盤再生工法，打換え工法などがある。

① パッチングは，ポットホールや段差，局部的なひび割れや沈下などに対して行う補修（維持）工法であり，「修繕工法」とする記述は誤りである。
② オーバーレイ工法は，修繕に用いられる工法の一つであり，「応急的な補修工法」とする記述は誤りである。
③ 切削オーバーレイ工法は，損傷した路面を切削し，アスファルト混合物でオーバーレイする修繕工法である。したがって，この記述は正しい。
④ シール材注入工法は，主にひび割れ部にシール材を注入し，舗装内部への雨水などの浸入を抑えるために行う補修工法である。ポットホールや段差などを埋める工法はパッチングであるため，この記述は誤りである。

以上より，正しい記述は③である。
点検作業では，ポットホールや段差の応急的な措置などが必要になるケースもあるため，これらの工法について理解しておくことが望まれる。

インフラ調査士講習会

演習問題

付帯施設（道路附属物）編

問 1.　次の道路標識・道路情報提供装置及び道路照明施設の点検の範囲，時期に関する記述のうち，最も不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 「附属物定期点検要領」は，国土交通省及び内閣府沖縄総合事務局が管理する道路標識，道路照明施設，道路情報提供装置及び道路情報収集装置の支柱や取付部などの点検に適用する。

② 点検対象は膨大であるため，道路利用者及び第三者被害のおそれのある道路の頭上に設置されている規模が大きい施設を優先するなど，効率的な点検を行う。

③ 点検の目的は，管理する附属物の変状をできるだけ早期に発見し，効率的な道路管理業務を実施するために必要な変状の程度の把握を行うことである。

④ 附属物に関わる点検の種別は，設置後又は仕様変更後概ね 1 年を目途に実施する初期点検と，定期点検の 2 種類だけである。

解答④

キーワード：附属物，定期点検，点検頻度

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（道路附属物編）　1～2，24～27 頁参照

道路附属物に関わる点検は，「附属物（標識，照明施設等）点検要領」（令和 6 年 9 月，国土交通省道路局 国道・技術課）（以下，「点検要領」と略す。）に示されている。

① 「点検要領」の第 1 章適用範囲では，「本要領は，国土交通省及び内閣府沖縄総合事務局が管理する道路標識，道路照明施設（トンネル内照明を含む。），道路情報提供装置及び道路情報収集装置の支柱や取付部等の点検に適用する。」と記されており，①は正しい。

② 第 3 章点検の基本的な考え方は，「附属物点検の基本的な考え方は，これまでの附属物の不具合事例及び構造の特徴等を考慮して予め特定した弱点部に着目し，当該部位の損傷及び異常変状の有無を逐一確実に把握することである。」とあり，その解説では「附属物は，その数が膨大で，そのすべてを点検するためには相応の費用が必要であり，その費用を考えると，より効率的な点検手法が望まれる。」とある。その効率的な点検手法として破損などによる人的被害が大きくなる対象物を優先して点検することもあり，②は正しい。

③ 点検の目的は，「点検要領」第 2 章に「附属物の点検は，道路管理業務の一環であり，管理する附属物の現状を把握し，変状を早期に発見するとともに，対策の要否を判定することにより，道路利用者及び第三者被害のおそれのある事故を防止し，安全かつ円滑な道路交通の確保を図ることを目的として実施する。」とあり，その解説で「点検の第一の目的は，管理する附属物の変状をできるだけ早期に発見することである。第二の目的は，効率的な道路管理業務を実施するために必要な変状の程度の把握を行うことにある。」と記している。したがって，③は正しい。

④ 点検の種別は，以下の 5 種類が規定されており，④のように「初期点検と定期点検の 2 種類だけ」とする記述は不適当である。なお，初期点検は設置後又は仕様変更後概ね 1 年を目途に実施する。

(1) 通常点検
(2) 初期点検
(3) 定期点検
(4) 異常時点検
(5) 特定の点検計画に基づく点検

問 2.　道路標識の設置基準に規定されている設置計画，設計に関する事項について，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 付近の他構造物の使用性や安全性に影響を及ばさないこと。
② 道路標識の構造機能，性能よりも耐久性やコストを優先すること。
③ 周辺の交通や道路管理上支障にならないこと。
④ 沿道から道路利用にとって障害にならないこと。

解答②

キーワード：設計，施工，道路標識，施工，考慮すべき事項

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（道路附属物編）　12～16 頁参照

道路標識の設計・施工は「道路標識設置基準」（平成 27 年 3 月，国土交通省）の規定による。
設置計画に関する基本的事項は，以下である。
（1）設置計画の基本理念
道路標識の設置計画を定めるに際しては，次の各項に示す要件を考慮するものとする。
1）適切な視認性が確保できること。
2）道路利用者に対して，案内，警戒，規制又は指示の情報を適切に伝達することができること。
（2）設置計画の決定に関する配慮事項
道路標識の設置計画を定めるに際しては，次の各項に留意の上決定するものとする。
1）道路利用者の行動特性に配慮すること。
2）沿道からの道路利用にとって障害にならないこと。
3）維持管理の確実性及び容易さに配慮すること。
4）その他道路管理上支障とならないこと。
また，設計及び施工に際しての基本的事項としては，「標示板の基板及び支柱の設計並びに施工にあたっては，構造の安全性，耐久性，施工品質の確保，維持管理の確実性及び容易さ，付近の状況との調和並びに経済性を考慮しなければならない。」とある。
そのなかで材料，構造及び施工に関しての考え方が示されている。
材料に関しては，（1）標示板の基板及び支柱，（2）反射材料，（3）照明装置の具備すべき条件が示される。また，構造では，（1）構造の原則，（2）構造設計上の配慮事項，（3）耐久性の検討の考え方を示している。
施工については，「道路標識の施工にあたっては，少なくとも以下を考慮しなければならない。」とし，以下の 4 つの事項を示している。
1）設計で定めた条件が満足されること
2）付近の他構造物の使用性や安全性に影響を及ぼさないこと
3）交通に影響しないこと
4）付近の通行者等の安全が確保されること
出題の②は「設計で定めた機能・性能及びコストが最優先される。」とあるが，他の条件より優先されるべき事項ではなく，各々の条件を考慮して施工されるべきものであることから，誤りとなる。

問 3.　次の路面境界部に関する記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 路面境界部とは GL-40mm 付近の位置であり，この部位の腐食についてはその状況を目視で確認するとともに，必要により板厚調査を行う。
② 路面境界部が土砂で覆われている場合，雨水などが支柱基部に滞水しやすく，腐食が生じやすい。
③ 路面境界部がインターロッキングで覆われている場合，排水性が向上しており支柱基部に雨水などが滞水しにくく，腐食の発生が少ない。
④ 路面境界部がコンクリートで覆われている場合，適切な排水処理が施されていれば，支柱基部の雨水などが滞水しにくく，腐食の発生が少ない。

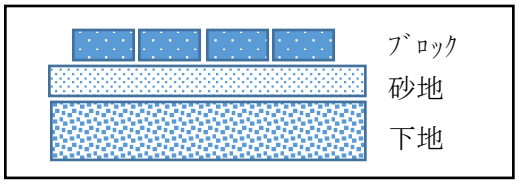
解答③

キーワード：変状，劣化要因，路面境界部，インターロッキング

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（道路附属物編）　80～81 頁参照

路面境界部の変状については，既往の事故事例より得られた知見から，路面境界部の腐食が附属物の突然の倒壊を起こす要因になることが明らかになっている。そこで，GL-40mm 付近を路面境界部として位置づけ，この部位の腐食についてはその状況を目視により確認するとともに，板厚調査を実施する附属物の選定フローにより「実施する」に該当するものについては，板厚調査を行い，残存板厚を把握することとしている。

① 路面境界部の定義（GL-40mm）を示すとともに，「必要により板厚調査を行う」としている。ここで「必要により」は，板厚調査を実施する附属物の選定フローにより「実施する」に該当するものに相当しており，正しい記述である。
② 路面境界部は，土砂やアスファルト又はコンクリートで覆われている場合がある。②は路面境界部が土砂で覆われている場合の一般的な記述であり，正しい。
③ インターロッキングとは，一般に，舗装に使われるブロックの一種であり，荷重がかかった際に目地を介してブロック同士が噛み合い（インターロックし）荷重が分散される構造となっているものをさす。このブロックを使った舗装は，雨水が地面にしみ込みやすく，都市型水害や地盤沈下を緩和する効果をもつと言われる。ただし，インターロッキングは，締め固めた下地に砂地をおき，その上にブロックを施工するので多少の雨は吸収するが，雨量が多くなると締め固めた下地の影響で水はけが悪くなる。したがって，路面境界部がインターロッキングで覆われている場合は支柱基部に滞水しやすい。そのためにアスファルトで覆われている場合と同様に腐食が生じやすい。したがって，③が不適当な記述である。
④ 境界部がコンクリートで覆われている場合は，「水勾配」や「ます」など適切な排水対策が施されていれば支柱基部の滞水は生じにくく，腐食が発生しにくいことから，④は正しい。



問 4.　次の点検方法に関する記述のうち，不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① 初期点検時，合いマークなどが施されていないものについては，近接し，工具などを利用してゆるみの確認を行うとともに，合いマークなどを施す。
② 初期点検は，ボルト部のゆるみ・脱落や設置条件との不整合による異常を確認することを目的にしているので，高所など目視が困難な部位でも必ず近接目視を行う。
③ 定期点検において，ボルト・ナットの異常が見つかった場合には，スパナなどでゆるみがないことを確認し，必要に応じて増締めを行う。
④ 定期点検のうち中間点検は，外観目視を基本とし，高所など目視が困難な部位に対しては，適宜伸縮支柱付きカメラなどを用い，全部位の確認を行う。

解答②

キーワード：点検，試験方法，初期点検，定期点検，合いマーク，近接目視

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（道路附属物編）　24～33 頁，74～89 頁参照

道路附属物の点検には，通常点検，初期点検，定期点検，異常時点検及び特定の点検計画に基づく点検の 5 種類がある。

通常点検は全附属物を対象に，通常巡回時，パトロール車内から目視で，揺れ，変形，その他の異常の有無を点検する。さらに詳細に観察する必要のある場合には，下車して確認する。また，道路利用者，沿道住民から揺れ，変形，その他の異常について通報のあったものについても，下車して確認するものとする。確認中に揺れ，変形，その他の異常を認めた場合には，当該附属物について，定期点検と同様の方法で点検を実施する。

初期点検の点検方法は，外観目視を基本とする。ただし，高所など目視が困難な部位に対しては適宜伸縮支柱付きカメラなどを用い，確認を行うものとする。つまり，初期点検においては高所など目視が困難な部位に対して必ずしも近接目視を要求しないので，②の記述は不適当である。

なお，ボルト部のゆるみなどについては，合いマークのように簡易に外観から確認できる手法が施されていることを前提とし，そうでない場合は近接して状態の把握を行うものとする。この際，以後の点検の効率化のため，点検に併せて合いマークを施すものとする。したがって，①は正しい記述である。

定期点検は，次の詳細点検と中間点検があり，③及び④の記述は正しい。

(1) 詳細点検は，近接目視及び詳細調査によるものとする。
　(a) 近接目視：所定の部位に対して点検用資機材を併用して近接目視を行う。必要に応じて，触診や打音などを併用して行う。
　(b) 詳細調査：近接目視の結果などから必要に応じて実施する調査で，超音波パルス反射法による残存板厚調査，き裂探傷試験，路面境界部の掘削をともなう目視点検がある。
(2) 中間点検は外観目視を基本とする。ただし，高所など目視が困難な部位に対しては，適宜伸縮支柱付きカメラなどを用い，全部位の確認を行うものとする。なお，ボルト部のゆるみなどについては，合いマークのように簡易に外観から確認できる手法が施されていることを前提とし，そうでない場合は近接してゆるみなどの有無の確認を行うものとする。この際，以後の点検の効率化のため，点検に併せて合いマークを施す。

問 5.　次に示す写真の目視点検の損傷度判定区分について，正しいものを一つ選び，記号で答えよ。

状況	灯具に，き裂が確認される。
要因	振動によるものと考えられる。

① 損傷度判定区分 a
② 損傷度判定区分 b
③ 損傷度判定区分 c
④ 損傷度判定区分 e

解答④

キーワード：評価，判定，損傷度判定区分，き裂

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（道路附属物編）　95 頁参照

道路附属物の損傷度判定区分と損傷状況の主なものは以下のとおりであり，「き裂」がある場合の損傷度判定区分は“e”であり，④が正しい。

点検方法	損傷内容		判定区分	損傷状況
目視点検	き裂		a	損傷なし
			c	－
			e	き裂がある
	腐食	防食機能の劣化	a	損傷なし
			c	錆は表面的であり，著しい板厚の減少は視認できない
			e	表面に著しい膨張が生じているか，又は明らかな板厚減少が視認できる
		孔食	a	損傷なし
			c	孔食が生じている
			e	貫通した孔食が生じている
	ゆるみ・脱落		a	損傷なし
			c	ボルト・ナットのゆるみがある
			e	ボルト・ナットの脱落がある
	破断		a	損傷なし
			c	－
			e	ボルトの破断，又は支柱などの部材の破断がある
	変形・欠損		a	損傷なし
			c	変形又は損傷がある
			e	著しい変形又は損傷がある

問 6.　次の応急措置に関する記述のうち，最も不適当なものを一つ選び，記号で答えよ。

① ナットが緩んでいたので，再締付けを行った。
② 支柱などに小さな腐食孔が視認されたので，養生テープなどで巻付け雨水浸入を阻止した。
③ 軽度の発錆があったので養生テープなどで貼り，表面を覆い隠した。
④ 落下の可能性がある部品などがあったので撤去作業を行った。

解答③

キーワード：応急措置，ナットゆるみ

【解説】ﾃｷｽﾄ付帯施設（道路附属物編）　56～58 頁参照

インフラ調査士は，点検で確認した損傷の状況に応じて，第三者被害の防止などのために必要な応急的な対応を行う。

措置には，監視，維持，補修・補強などの修繕，撤去，通行規制・通行止めなどがある。応急措置は，本格的な対策が実施されるまでの間に，第三者被害の防止などを目的として行う応急的な対応である。

応急措置の具体例には，次がある。

（1）ナットのゆるみの再締め付け
（2）支柱などの断面欠損部への雨水侵入防止
（3）軽度の錆の除去
（4）落下の可能性のある部品などの撤去

上記（3）項は，軽度の錆であればやすりなどを用いて錆を除去し，錆の進行を遅らせる。③の「覆い隠す」ことは，応急措置として不適切である。

ただし，支柱や横梁の取付け部などの応力が集中する部位などで，板厚減少をともなう腐食があり構造安全性に影響を及ぼす場合は，直ちに緊急的な対応を行うべきである。

また，歩行者や第三者の被害が想定されるが緊急に対策を講じることのできない場合の対応として，通行規制・通行止めがある。

インフラ調査士講習会　演習問題

平成 31 年 3 月発行

令和 3 年 3 月改訂

令和 4 年 9 月改訂

令和 6 年 4 月改訂

令和 7 年 4 月改訂

令和 8 年 9 月改訂

編　者　　一般社団法人 日本非破壊検査工業会

〒101-0047　東京都千代田区内神田 2-8-1　冨高ビル 3F

電　話　03-5207-5960

本書の一部または全部を無断で複写・転載することを禁止します。

本書の内容は、予告なしに変更することがあります。

NDT