写真で見るコンクリート

橋梁の種類

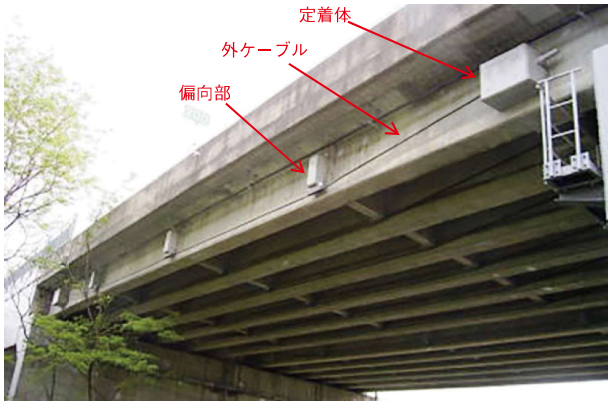
コンクリート橋	鋼橋
▼プレストレストコンクリート（PC）Ｔ桁橋 ※主桁の断面形状がＴ型	▼鋼単純桁橋 ※上部工を両端の橋台で支持。左はラーメン式橋台
▼プレストレストコンクリート（PC）箱桁橋 ※箱桁は場所打ちコンクリートで施工	▼鋼箱桁（ボックス）橋 ※橋脚は壁式構造
▼ラーメン高架橋 ※鉄道高架橋に多く用いられている構造形式	▼鋼Ｉ型橋 ※道路橋に多い構造形式。橋脚は門形ラーメン構造

橋梁の上部工と下部工

▼鋼連続桁橋（複数径間）

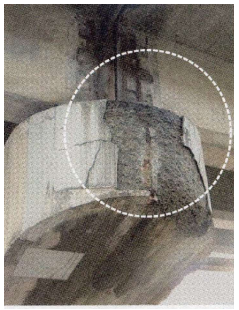
※壁高欄は道路からの人や車両の転落を防止するために設けた柵の一種

▼上部工の構造（RC 床版および壁高欄）



※ PC 鋼材を桁の外部に配置して緊張し、主桁の耐荷性能を向上させる

▼下部工（橋台）の劣化事例



※凍結防止剤を含む水掛かりに起因する塩害

▼上部工（床版）の劣化事例

※舗装面に泥土状のものが含まれた水が噴き出した跡（供用後 38 年経過）

1 変状と劣化の機構

1 初期欠陥

▼表　主な初期欠陥

	原因	防止対策	補修方法
豆板	コンクリート打込み時の材料分離、締固め不足、型枠の下端からのセメントペーストの漏れなどにより発生。主な発生箇所は、開口部下部や高柱等。	・ワーカビリティーの良好なコンクリートの使用。 ・十分な締固め。 ・打込み時の落下高さを 1.5 m 以内程度にする。	深さ 3 cm 程度ならば、ポリマーセメントモルタル塗布。空洞がある場合は不良部分をはつり取りポリマーセメントモルタルで充填。
コールドジョイント	打重ねたコンクリートが一体化しないことにより発生	・適切な打重ね時間となるための施工計画。 ・先打ちと後打ちコンクリートが一体化する十分な締固め。	縁切れが明確に認められない場合はポリマーセメントモルタルの刷毛塗り。縁切れしているものは U カット工法で補修。
沈下ひび割れ	打込み後のコンクリートの沈下が鉄筋により妨げられ、鉄筋に沿って生じるひび割れ。	コンクリートが硬化する前にタンピング等によって取り除く。	施工時の対応が基本となる。
砂すじ	単位水量が大きくブリーディングの多いコンクリート、過度な締固め、打込み速度が速い等。	・ワーカビリティーの良好なコンクリートの使用。 ・透水性型枠の使用。	構造上は問題ない。砂すじ部分をケレンしポリマーセメントペーストの刷毛塗りで美観回復可。
表面気泡	逆テーパなど傾斜を有する型枠面で打込み時に巻き込まれた空気泡。	・傾斜部に空気孔の設置。 ・打込み速度、締固め時間の管理等。	気泡発生部へのポリマーセメントモルタルの充填。

強度不足（不適切な W/C、加水）、コールドジョイント、打継目不良、豆板・空洞、かぶり不足・配筋不良などの初期欠陥などがあると、塩分、水、空気などの腐食因子が容易に侵入し鉄筋腐食が進行する。

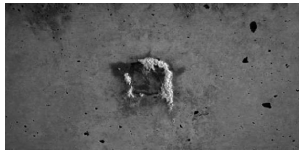
表面の美観低下

エフロレッセンス：コンクリート中の可溶性成分が水分移動で表面に析出。主に $CaCO_3$、エフロレッセンス自体は構造物の耐荷力に問題ない。貫通ひび割れ、コールドジョイント部に発生し易い。これらを通してコンクリート表面に発生。錆汁が含まれていると、内部鉄筋の腐食を意味し耐久性に問題。
汚れ（変色）：埃や排気ガスに起因した黒色の付着物や“かび”の発生。真菌類が繁殖、死滅で黒い汚れ。
すり減り：水などのすり減り作用により、表面モルタル⇒粗骨材の露出⇒粗骨材のはく離の順に進む。

▼　打継目不良

▼　豆板、コールドジョイント

▼　エフロレッセンス

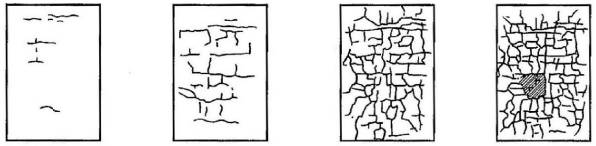


▼　すり減り

2 ひび割れ

ひび割れは、床版の疲労、温度ひび割れ、外壁のひび割れ問題が主に出題されている。初期材齢時に高温履歴を受け、ASR と似た亀甲状に発生する DEF ひび割れが最近の話題となっている。
床版の疲労：橋軸直角方向の一方向に発生するひび割れ、状態Ⅰ（潜伏期）。二方向の格子状ひび割れが形成、状態Ⅱ（進展期）。ひび割れの網細化が進み、せん断耐力が低下し、角落ちが生じる等、状態Ⅲ（加速期）。ひび割れの貫通、顕著な漏水、床版の陥没等、状態Ⅳ（劣化期）。

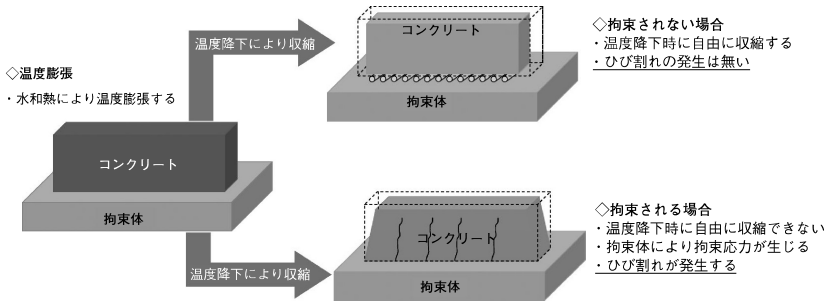
▼　床版の疲労



状態Ⅰ（潜伏期）一方向ひび割れ　状態Ⅱ（進展期）二方向ひび割れ　状態Ⅲ（加速期）ひび割れの毛細化と角落ち　状態Ⅳ（劣化期）床板の陥没

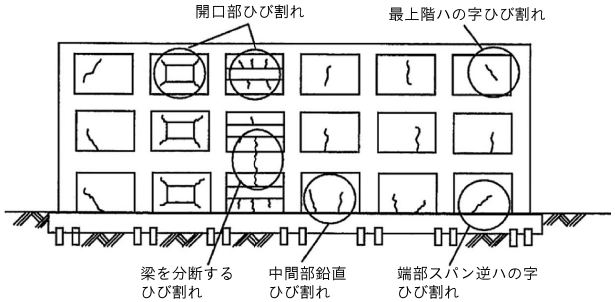
温度ひび割れ：内外の温度差に起因する表面ひび割れ（内部拘束）、下端が拘束されて生じる貫通ひび割れ（外部拘束）。特に、後者の原因に関する問題が数多く出題。

▼　外部拘束による温度ひび割れ



外壁のひび割れ：最上階は日射の影響を受けハの字、端部は下端の拘束により逆ハの字。乾燥収縮により開口部周辺、中間部に鉛直方向に発生する。

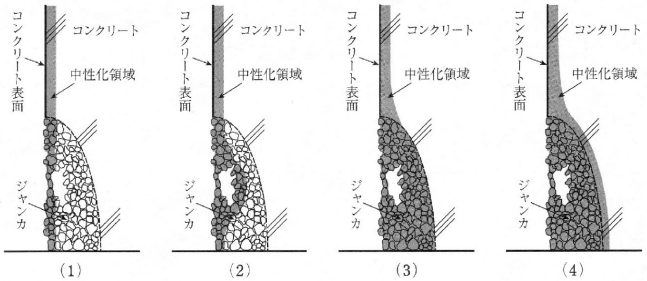
▼　外壁のひび割れ



1 変状の種類と原因

1 初期欠陥１（豆板）

問１　ジャンカが生じたコンクリートの中性化状況を表す次の概念図のうち、適当なものはどれか。【2005-2】



【正解】(4)　ジャンカ部分は空隙の大きさにかかわらず炭酸ガスが通ると考えてよい。すなわち中性化領域はジャンカ部分とコンクリート部分の（4）が適当。

問２　コンクリート壁側面に、写真に示すような豆板（ジャンカ）の発生が認められた。この豆板（ジャンカ）の発生要因として考えられる次の記述のうち、適当なものはどれか。【2009-1】

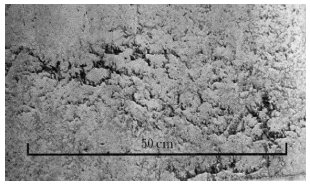
（1）コンクリートの荷卸しまでに時間がかかった。
（2）スランプが大きいコンクリートを使用した。
（3）過度の締固めが行われた。
（4）空気量の多いコンクリートを使用した。

※ CD カラー画像（No.31）参照。

【正解】(1)　（2）と（4）はワーカビリティーが向上するために、豆板の発生原因にならない。（1）と（3）は施工欠陥の原因となる。特に、荷卸しまでに時間がかかると、ワーカビリティーが低下し豆板が発生しやすくなる。

問３　コンクリート壁面に、写真に示すような初期欠陥が認められた。この初期欠陥の発生要因として、次の記述のうち、最も不適当なものはどれか。【2014-1】

（1）コンクリートの荷卸しまでの時間が長かった。
（2）コンクリートの打込み高さが高かった。
（3）コンクリートの打重ね時間間隔が短かった。
（4）コンクリートの締固め時間が短かった。

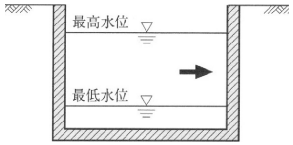


※ CD カラー画像（No.77）参照。

【正解】(3)　壁面の豆板はコンクリートの打重ね時間が長くなると発生しやすくなるが、短いと生じにくい。

2 初期欠陥２（コールドジョイント）

問１　鉄筋コンクリート製水路の矢印の位置に、水平のコールドジョイントが確認された。次の項目のうち、発生したコールドジョイントによる影響の少ないものはどれか。【2002-2】



（1）鉄筋腐食
（2）漏水
（3）エフロレッセンス
（4）土圧や水圧に対する耐力

【正解】(4)　（1）劣化因子の侵入が容易になり鉄筋腐食が進みやすくなるため適当。（2）水分の侵入が容易になり漏水の原因となるため適当。（3）エフロレッセンスはコンクリート中の可溶性成分（$Ca(OH)_2$）が表面に移動し、空気中の炭酸ガスと反応し炭酸カルシウム（$CaCO_3$）となり白色の析出物となったものである。コールドジョイントはコンクリート中の水みちとなるため適当。（4）コールドジョイントはコンクリートの耐久性に影響を与えるが、耐荷力に直接与える影響は小さい。耐荷力は鉄筋の引張力とコンクリートの圧縮力に関係するため不適当。

問２　コールドジョイントに関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。【2001-37】

（1）コールドジョイントが存在すると、コールドジョイントが無い場合に比べてより内部まで中性化する。
（2）コールドジョイントが存在した場合、コンクリート中への塩化物イオンの浸透が容易となる。
（3）コールドジョイント部のコンクリートの曲げ強度は、打継ぎまでの気温が高いほど低下する。
（4）コールドジョイントが存在した場合、鉄筋コンクリートの柱部材の曲げ耐力は大きく低下する。

【正解】(4)　鉄筋コンクリート柱部材の曲げ耐力は鉄筋量や配筋に依存するため不適当。

問３　コールドジョイントに関する次の記述のうち、適当なものはどれか。【2003-1】

（1）十分な締固めを行えば、打重ね時間間隔に関わらずコールドジョイントは発生しにくい。
（2）暑中コンクリートにおいて、凝結遅延剤を用いるとコールドジョイントは発生しにくい。
（3）打ち重ねられるコンクリートは、JIS A 1147（コンクリートの凝結時間試験方法）による貫入抵抗値が 3.5 ～ 7.0 N/mm^2（約 500 ～ 1000 psi）の範囲であれば、コールドジョイントは発生しにくい。
（4）ブリーディングが多いコンクリートほど、打重ね時間間隔に関わらずコールドジョイントは発生しにくい。

【正解】(2)　（1）コンクリートが凝結を開始した後では、十分な締固めを行ってもコンクリートの一体化はできない。（3）始発時間（貫入抵抗値 3.5 N/mm^2）までが再振動締固めを行う限度のめやすで不適当。（4）ブリーディングが多いと打重ね部で一体化がしにくく、不適当。

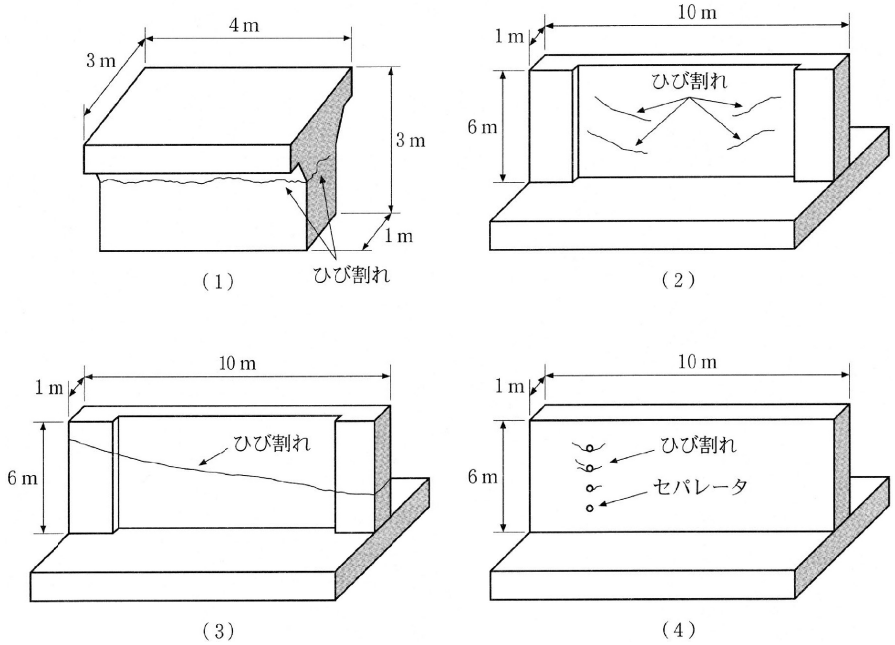
問４　コールドジョイントを発生させないコンクリートの打込み計画を立案するために、コンクリートの凝結時間を測定した。凝結時間の測定方法に関する次の記述のうち、JIS A 1147：2007（コンクリートの凝結時間試験方法）に照らして、不適当なものはどれか。【2013-11】

（1）試験に用いる試料は、採取したコンクリート試料を公称目開き 4.75 mm の網ふるいでふるったモルタル分とした。
（2）貫入試験は、試料の表面に発生したブリーディング水を取除かずに行った。
（3）貫入抵抗値が 3.5 N/mm^2 になるまでの時間を、コンクリートの始発時間とした。
（4）貫入抵抗値が 28.0 N/mm^2 になるまでの時間を、コンクリートの終結時間とした。

1　2018 年度　問題

2018-1

コンクリートが打ち込まれてから凝結するまでの間に発生する、コンクリートの沈降が主な原因と考えられるひび割れの発生状況の概念図として、次の（1）～(4）のうち不適当なものはどれか。



2018-2

コンクリートにより生じる側圧が大きくなると型枠が変形し、コンクリートに不陸（ハラミ）が生じる場合がある。この側圧が大きくなる要因として、次の（1）～(4）のうち最も不適当なものはどれか。

（1）打込み時のコンクリート温度が高い。
（2）打込み時のスランプフローが大きい。
（3）打込み速度が速い。
（4）打重ね時間間隔が短い。

2018-3

暑中環境ではコンクリートの凝結が早くなり、コールドジョイントが生じやすい。普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの水和発熱速度と時間の関係には、下図に示すように C_3A と C_3S の水和反応が主要因となる２つのピークがある。コールドジョイントを抑制するために遅延形の混和剤を用いた場合の水和発熱速度の時間変化の概念図として、次の（1）～(4）のうち適当なものはどれか。

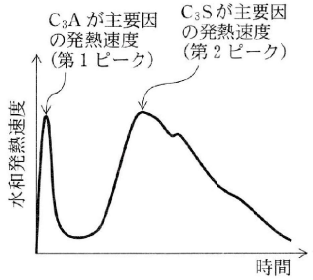
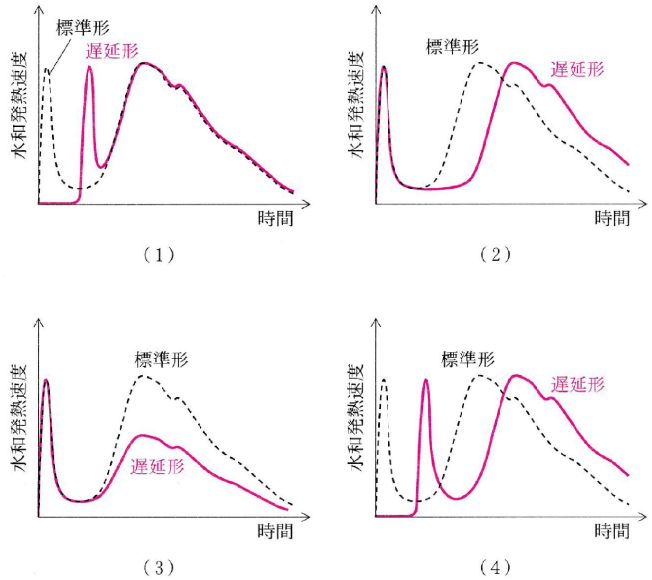


図　水和発熱速度の時間変化（標準形の混和剤を用いた場合）



2018-4

引張鉄筋比がつり合い鉄筋比以下の鉄筋コンクリート梁に、図１に示すように荷重を載荷した。図２は、その時に得られた荷重（P）と中央部のたわみ（δ）の関係を表した概念図である。図２のＡ～Ｃで生じている現象に関する、次の（1）～(4）の記述の組合せのうち、適当なものはどれか。

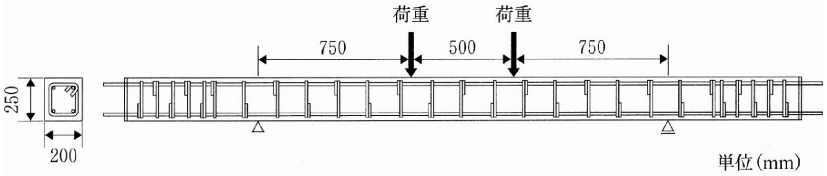


図１　鉄筋コンクリート梁の載荷状況

1 記述式問題対策

1 記述式問題の概要

記述式問題は、2019 年度からコンクリート診断士としての技術力を問う 1 問に変更されているが、文字数 1000 字以内の回答で初出題から変更されていない。本書では変更後の 2019 ～ 2021 年の直近 3 年度について解説および模範回答を掲載しているが、2001 ～ 2018 年度までの問題と回答はすべて CD に格納している。

2019 年度から 3 年度は、建築、土木ともに問 1 ～ 3 に回答する形式になっている。次ページに問題文の例（建築：2020 年度、土木：2021 年度）と問 1 ～ 3 を示す。これらの設問は下記の通り、概ね統一されている。

問 1：変状や劣化の原因、理由を問う設問。
問 2：変状や劣化の原因を特定する、あるいは対策を立案する調査、原因を特定する理由を問う設問。
問 3：今後の供用年数を満足する補修・補強等の対策の立案を問う設問。

上記のように、まずは問 1 で変状の原因を示し、問 2 でその変状原因の特定および対策を行うための調査を記述し、問 3 で今後の供用年数を満足するための対策に関する設問となっている。このように、建築、土木ともに問 1 ～ 3 は関連付けられた設問となっている。

2 記述式問題対策

ステップ 1（対策の基本）

①**問題文、図・表・写真**：問題文には、構造物の供用条件、対象構造物、変状の状況、構造物の設計、施工等の諸元が記述されている。問題文、図、表、写真を有効活用して文章を作成すれば比較的容易となる。問題の趣旨をしっかり理解し、各設問の回答に活用すること。

②**キーワードの活用**：文章は長文にすることなく、短い文で読みやすく簡潔にすることが肝要である。キーワードを適切に文章へ盛り込むと技術文章としてすっきりする。

③**基本事項**：文字数は 80％以上、読みやすく丁寧な文字、3 問の問に対して明らかな不均一の文字数にならないようにする。

ステップ 2（記述の具体化）

①**情報収集（問題文）**：問題文を熟読し、対象構造物、供用・使用環境条件、変状の概要をしっかり理解する。一例として、表に示す問題文から、建築と土木に分けて、重要な情報を下記に示す。

建築：「建設後 30 年を経た建物、北面 1 階外部柱の脚部は健全、南面 1 階外部柱の脚部にはひび割れ、屋上の防水押えコンクリート表面に変状」

土木：「北関東の内陸部に位置する RC 中空床版橋、供用開始から 50 年が経過、舗装上面に局部的な変状、床版上面の A 部に変状、床版下面に変状、床版に対して調査、表 2 のような結果、橋梁の桁端部に変状」

⇒これら問題文に加えて、表、図、写真により「変状の原因の明確化」を適切に行う。

②**回答の作成**：問 1 ～問 3 の回答を以下の要領にて作成する。

問 1：変状や劣化の原因や理由に関する回答は、①の情報収集を活用し、具体的な内容で記述する。

問 2：変状や劣化の原因を明確にする調査に関する回答は、変状の状況を確実に理解する必要がある。この理解の延長線の観点から、調査診断を行い、次の問 3 の対策につなげる記述とする。調査方法はコア採取による中性化試験、全塩化物イオン濃度、SEM 分析（走査型電子顕微鏡）、リニアー―トラバース法、UV スペクトル法など具体的な名称を記述する。

問 3：対策立案は記述式問題の締めとなる重要な位置づけとなるために、今後の供用年数を安全に使用できる補修・補強や、維持管理について設問に対して適切な結論となっていること。

上記の通り、問 1 から問 3 までの記述は連携するもので、ストーリーが全体的につながるような回答することが重要である。問 1、問 2、問 3 の各設問をしっかり理解した回答を作成し合格へつながることを期待する。

記述式対策のまとめ

問 1：問題文と表、図、写真から「変状の原因」の特定が適切となる取組みが大前提となる。 問 2、3：変状の原因・対策を立案のするための「調査」、「対策」が明確・適切であること。

▼問題文の例（建築：2020 年度、土木 2021 年度）

建築	建設後 30 年を経た建物の調査を実施したところ、北面 1 階外部柱の脚部は、写真 1 のように健全であったが、南面 1 階外部柱の脚部には、写真 2 に示すひび割れがみられた。また、屋上の防水押えコンクリート表面にも、写真 3 に示す変状がみられた。屋上周辺の概略断面を図 1、建物の概要を表 1 に示す。以下の問に合計 1000 字以内で答えなさい。
土木	図 1 および図 2 に示すのは、北関東の内陸部に位置する RC 中空床版橋である。本橋梁は供用開始から 50 年が経過しており、その概要を表 1 に示す。 舗装上面に局部的な変状が頻発するような状況であったため、舗装を撤去したところ、床版上面の A 部に写真 1 に示す変状が見られ、その真下に当たる床版下面の B 部では写真 2 に示す変状が見られた。そこで、当該箇所の床版に対して調査を実施したところ、表 2 のような結果が得られた。 さらに、この橋梁の桁端部の C 部では写真 3 に示す変状が認められた。 本橋梁は今後 30 年間供用する予定である。この橋梁に関して、以下の問に合計 1000 字以内で答えなさい。

▼問 1

建築	2021	表 3 を参考に、表 2 における写真 1 ～ 4 の火害等級をそれぞれの写真毎に判定し、その理由とともに述べなさい。なお、写真 1 ～ 4 は互いの異なる火害等級に区分される。
	2020	写真 2 および写真 3 の変状について、推定される発生原因を述べなさい。また、写真 2 の変状が進行した理由について、写真 1 と比較して述べなさい。さらに、写真 3 について、領域 A と領域 B で変状の程度に差が生じた理由を述べなさい。
	2019	建築物に生じた写真 1 ～ 4 に示すそれぞれの変状の原因を推定し、その推定理由を述べなさい。
土木	2021	上部工の A 部、B 部、C 部の変状の原因をそれぞれ推定し、その推定理由を列挙しなさい。また、A 部において変状が局所的に進行した理由を記述しなさい。
	2020	1990 年までに、A 区間の梁部で変状が発生せず、B 区間の梁部にて変状が発生した原因を推定し、その理由を述べなさい。
	2019	B 部（A 部を含む）における変状の特徴を踏まえ、橋梁全体のなかで特に B 部の劣化が進行した原因について述べなさい。

▼問 2

建築	2021	問 1 で火害等級が最も重いと判定した被災部に対して、追加調査として行うべき項目を重要と考える順に 3 つ挙げ、その目的および留意点を列記しなさい。
	2020	問 1 で推定した変状の原因を特定するための詳細調査について、3 つの項目を挙げ、その項目が必要となる理由を述べなさい。
	2019	図 1 に示すような全塩化物イオン量の分布となった理由、および外部柱と内部壁で分布の相違が生じる理由を述べなさい。
土木	2021	本橋梁への対策を立案するにあたって、A 部、B 部、C 部のそれぞれに対して必要な調査方法を選定し、調査目的を述べなさい。
	2020	現在 B 区間の梁部の補修箇所およびその周辺が写真 2 に示すように劣化している原因を推定し、その理由を述べなさい。
	2019	この橋梁を今後 30 年間供用するための維持管理計画において、計画の立案に必要な調査項目および調査箇所を述べなさい。

▼問 3

建築	2021	問 2 で調査した被災部に対し、本建築物を今後 30 年間供用するために必要な補修・補強方法を提案しなさい。なお、最終的な仕上げについては考慮しなくてよい。
	2020	今後 35 年間建物を使用するために、南面 1 階外部柱の脚部および屋上の防水押えコンクリートの変状に対するそれぞれの補修方法を提案し、選定理由を述べなさい。
	2019	この建築物は、今後 20 年間供用する予定である。この建築物に必要な調査の項目、劣化対策および対策後の維持管理計画について提案しなさい。
土木	2021	問 2 を踏まえて A 部、B 部、C 部のそれぞれに必要な対策を提案しなさい。
	2020	問 2 を踏まえて、この構造物を今後 30 年間供用する場合、B 区間に必要な対策とその理由について述べなさい。
	2019	問 2 を踏まえて、この橋梁の必要な対策について提案しなさい。