

# 1 変状と劣化の機構

## 1.1 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<sub>3</sub>、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



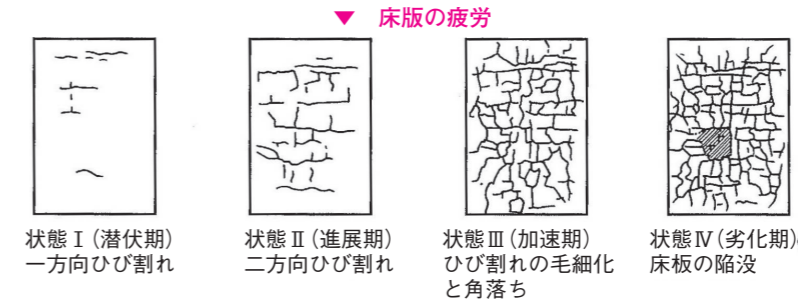
▼ すり減り



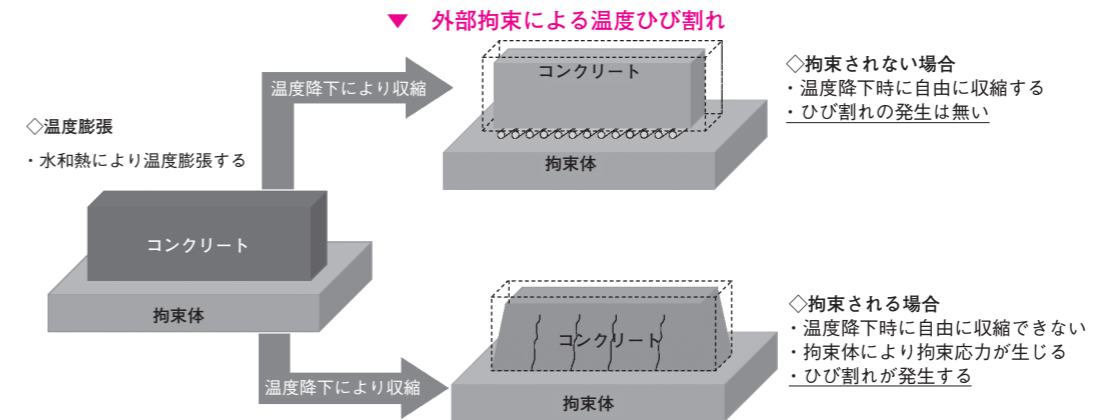
## 1.2 ひび割れ

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。

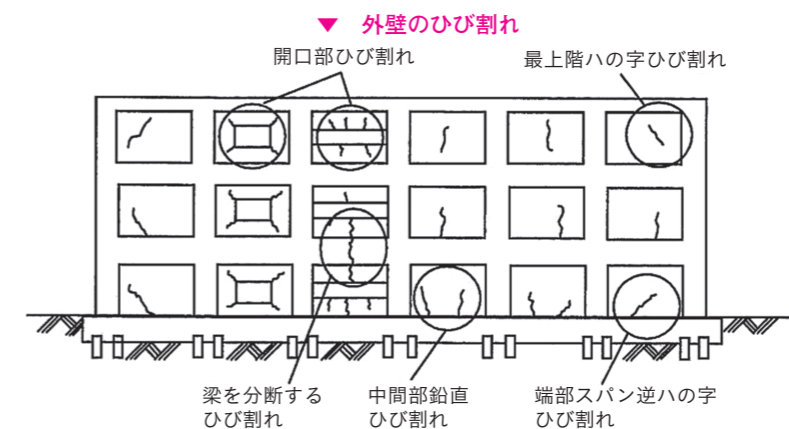
**床版の疲労**：橋軸直角方向の一方方向に発生するひび割れ、状態Ⅰ(潜伏期)。二方向の格子状ひび割れが形成、状態Ⅱ(進展期)。ひび割れの網細化が進み、せん断耐力が低下し、角落ちが生じる等、状態Ⅲ(加速期)。ひび割れの貫通、顕著な漏水、床版の陥没等、状態Ⅳ(劣化期)。



**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。



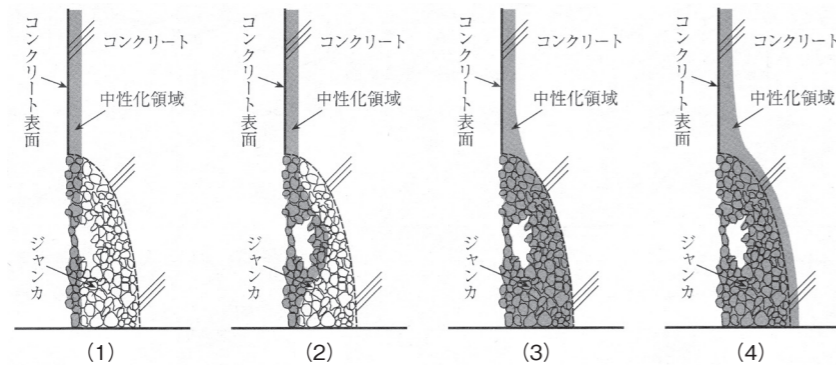
**外壁のひび割れ**：最上階は日射の影響を受けハの字、端部は下端の拘束により逆ハの字。乾燥収縮により開口部周辺、中間部に鉛直方向に発生する。



# 1 変状の種類と原因

## 1.1 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。

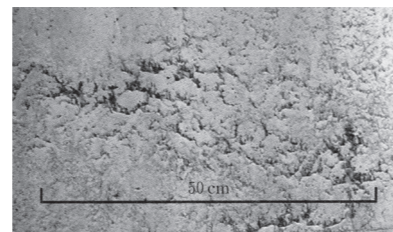
問2 コンクリート壁側面に、写真に示すような豆板(ジャンカ)の発生が認められた。この豆板(ジャンカ)の発生要因として考えられる次の記述のうち、適当なものはどれか。【2009-1】



- (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。

【正解】(1) (2)と(4)はワーカビリティが向上するため、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】

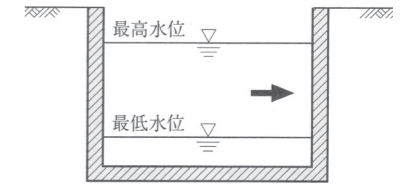


- (1) コンクリートの荷卸しまでの時間が長かった。
- (2) コンクリートの打込み高さが高かった。
- (3) コンクリートの打重ね時間間隔が短かった。
- (4) コンクリートの締固め時間が短かった。

【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。

## 1.2 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)<sub>2</sub>)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<sub>3</sub>)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、耐力に直接与える影響は小さい。耐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<sup>2</sup>(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<sup>2</sup>)までが再振動締固めを行う限度のみならず不適当。(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】【2021-11】

- (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<sup>2</sup>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<sup>2</sup>になるまでの時間を、コンクリートの終結時間とした。

# 1 2023 年度 問題

## 2023-1

アースドリル工法により施工した場所打ちコンクリート杭(杭径φ1500mm)の杭頭部を、コンクリート打込みから28日後に掘り出し、余盛り土を除去したところ、杭頭上部の側面に写真に示すような充填不良が認められた。充填不良の発生要因に関する次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

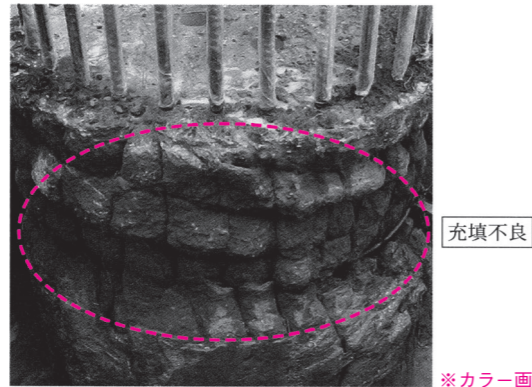


写真 杭頭上部のコンクリートの充填不良

杭頭上部では、配筋が密であることや、コンクリートの打込みの落差が小さくなることから、鉄筋かごの外側へのコンクリートの充填がされにくい。写真に示す充填不良の主要因としては、コンクリートの(A)が(B)ことや、安定液(孔壁崩壊やスライム沈降を防ぐ目的で使うベントナイト溶液)の粘度が(C)ことが考えられる。安定液を用いた場所打ちコンクリートの施工では、棒状バイブレータによる締固めを行うことが困難なため、(A)の管理や、安定液の管理等が重要である。

	(A)	(B)	(C)
(1)	スランプ	小さかった	高かった
(2)	スランプ	小さかった	低かった
(3)	ブリーディング	多かった	高かった
(4)	ブリーディング	多かった	低かった

## 2023-2

フーチング表面に図1のような内外温度差に起因する温度ひび割れが発生した。図2はコンクリートの温度の経時変化を、図3はコンクリートの主応力の経時変化をそれぞれ示す。点Aにおけるコンクリートの温度と主応力に関する次の(1)～(4)の記号(ア～エ)の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、図2と3の材齢は同じ期間を表している。

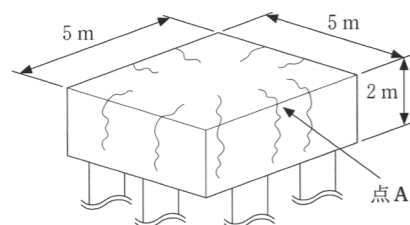


図1 フーチング表面の温度ひび割れ発生状況

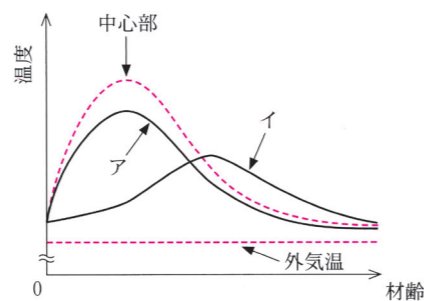


図2 コンクリートの温度の経時変化

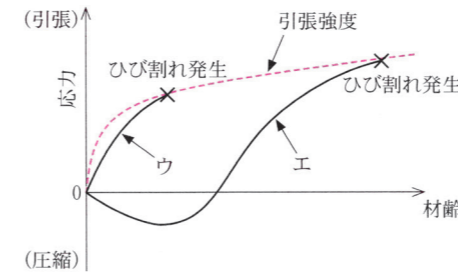


図3 コンクリートの主応力の経時変化

	コンクリートの温度	コンクリートの主応力
(1)	ア	ウ
(2)	ア	エ
(3)	イ	ウ
(4)	イ	エ

## 2023-3

高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートの表面の色調に関する、次の記述中の(A)～(C)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

高炉スラグ微粉末を使用した場合、脱型直後のコンクリート表面が(A)に呈色することがある。これは高炉スラグ微粉末に含まれる(B)によるものであり、コンクリート中の鉄やマンガン等が還元状態になると生じる。この色はコンクリート表面が空気にさらされると徐々に(C)なる。なお、呈色現象による強度や耐久性への影響は小さい。

	(A)	(B)	(C)
(1)	青緑色	未燃炭素	濃く
(2)	青緑色	硫化物	淡く
(3)	黒色	硫化物	濃く
(4)	黒色	未燃炭素	淡く

## 2023-4

RC造建築物の最上階に生じた、写真および図に示すようなひび割れに関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

写真は、この建築物の西側の外壁面を撮影したものである。この建築物は長大な矩形の平面形状であり、東側の外壁面にも同様のひび割れが発生している。このひび割れは、(A)が原因であり、(B)の外壁面に発生しやすい。



※カラー画像参照

写真 西側の外壁面におけるひび割れ発生状況

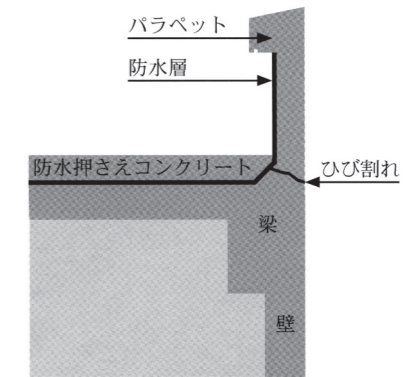


図 外壁面の断面図

	(A)	(B)
(1)	壁の乾燥収縮	短辺
(2)	壁の乾燥収縮	長辺
(3)	防水押さえコンクリートの日射による膨張	短辺
(4)	防水押さえコンクリートの日射による膨張	長辺

## 2023-5

コンクリートの中酸化速度係数に関する次の記述中の(A)および(B)に当てはまる(1)～(4)の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。なお、コンクリートの品質や二酸化炭素濃度は変化しないものとする。

中酸化深さは時間の平方根にほぼ比例することが知られており、JIS A 1153(コンクリートの促進中酸化試験方法)

# 1 記述式問題対策

## 1.1 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2019～2025年について解説および模範回答を先に示し、2001～2018年までについては**主要な変状原因別に1～2問を厳選し**、建築、土木ともに問題と回答を掲載している。

2019年度からの7年は、建築、土木ともに問1～3に回答する形式になっている。次ページに本文(建築・土木：2025年度)と問1～3(2023～2025)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、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、あるいは理由を記述し、**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。

## 1.2 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と理解し、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問の間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と理解する。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**：「関東地方の内陸部に立地するRC造物流倉庫、2階床スラブでフォークリフトや人の移動時に体感振動が大きい。スラブ上面およびスラブ下面では、現時点で図3に示すひび割れが発生。建築物の概要を表1、調査結果を表2」

**土木**：「供用開始から約50年が経過した東北地方山間部に位置する道路橋(橋台)、パラペット部(上り線)A部で写真1に示す変状、橋台ウイング部(下り線)B部で写真2に示すアルカリシリカ反応。表1に橋梁の概要、表2に調査結果。」

⇒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**：変状や劣化原因の調査は、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を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と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・対策を立案するための「**調査**」、「**対策**」が明確・適切であること。  
**キーワード**を活用した文章を作成することが肝要である。

### ▼問題文(建築：2025年度、土木2025年度)

建築	関東地方の内陸部に立地するRC造物流倉庫では、多くの荷物の入出荷が日常的に行われている。この建築物の2階において、フォークリフトや人の移動時に床スラブで体感振動が大きいことが問題となった。建築物の概要を表1に、これまでの調査結果を表2に示す。また、2階平面図を図1に、梁および床スラブの断面を図2に示す。スラブ上面およびスラブ下面では、現時点で図3に示すひび割れが発生している。これらを踏まえ、以下の問いに合計1000字以内で答えなさい。
土木	供用開始から約50年が経過した時点(2025年)において、東北地方山間部に位置する道路橋(橋台)に対して対策を立案することとなった。本橋梁の橋台の図面を図1および図2に、橋梁諸元などの概要を表1にそれぞれ示す。橋台パラペット部(上り線)のA部では写真1に示す変状が確認され、橋台ウイング部(下り線)のB部では写真2に示すアルカリシリカ反応による変状が確認された。また、過去に実施した調査結果は表2のとおりである。これらを踏まえ、以下の問いに合計1000字以内で答えなさい。

### ▼問1

建築	2025	図3に示すひび割れ(1)から(3)について、ひび割れのスラブ上面と下面の発生位置・発生状況をもとに、それぞれの発生原因および推定理由を述べなさい。
	2024	本棟の外壁に発生した写真1～写真3の変状について、それぞれ発生原因を推定するとともに、ひび割れの挙動を考慮した対策を述べなさい。
	2023	建築物の柱、梁および壁にひび割れが生じた原因を推定し、その理由を述べなさい。また、柱の面Aと面B、梁、および壁において、これら4箇所の変状の進行度合いの大小関係を考察し、その進行度合いの違いに影響を与える要因、および進行度合いが異なる理由について述べなさい。
土木	2025	A部の変状の原因について、影響度の大きいものを2つ推定し、その理由を述べなさい。
	2024	補修に用いたコンクリートの劣化の原因を推定し、その根拠を3つ述べなさい。また他の区間と比較して、B区間の変状が著しい理由を述べなさい。
	2023	A部、B部の変状の原因をそれぞれ推定し、その理由を述べなさい。

### ▼問2

建築	2025	図1の赤枠部位にて表2に示す振動試験を竣工時点と現時点の2回実施しており、図4(a)および(b)の結果が得られている。竣工時点と現時点の結果が図4(a)および(b)のどちらに相当するかを推定し、その推定理由を述べなさい。また、振動試験結果をもとに、表3に示す補修の要否判断基準に則して、現時点において当該床スラブの補修が必要かどうかを判定し、その理由について述べなさい。
	2024	写真5と写真6で鉄筋の発錆状況が異なる理由について、「全塩化物イオン量の深さが方向分布」、「中性化深さ」、「発錆に及ぼす環境条件」の3つの観点から説明しなさい。
	2023	問1で推定したひび割れの原因を特定するための調査、および劣化の進行度合いに基づき対策を検討するための調査について、それぞれ1つ提案しなさい。なお、これらの提案に当たっては、表2に示す調査項目以外に優先度の高いものを挙げ、その目的と方法も説明すること。
土木	2025	このまま経過観察を行うとした場合、5年後にA部およびB部がそれぞれどのような状態となるのかを推定し、その理由を述べなさい。
	2024	変状の原因を特定するための調査項目について、目的と方法の組合せを重要と考えられる順に2つ述べなさい。
	2023	A部の対策立案に必要な調査項目について、目的と方法の組合せを4つ述べなさい。

### ▼問3

建築	2025	本建築物を今後も継続的に利用するに当たり、対策を計画することとした。その対策の実施にあたっては、施設の2階部分を運用しながらの施工とし、フォークリフトの走路の変更はしない。この条件を踏まえ、体感振動の低減対策として効果的な対策を3つ挙げ、その目的と期待する効果を述べなさい。そのうち、最も合理的と考えられる対策を1つ提案し、その理由について述べなさい。
	2024	問2を踏まえて、本建築物の対策立案にあたって必要な追加調査の目的とその方法を、重要なものから2つ挙げなさい。また、追加調査で得られる情報に基づいて、本棟および付帯設備外壁の錆が認められていない範囲も含め、経済性を考慮した対策を、その目的とともに提案しなさい。
	2023	本建物は今後30年間使用する予定である。劣化の進行度合いの著しいものと軽微なものそれぞれに対して、優先度の高い対策案を、その選定理由とともに1つずつ挙げなさい。
土木	2025	本橋台を現時点から今後20年供用するために、問1および問2を踏まえ、対策方法を提案し、その理由を述べなさい。その際、A部およびB部それぞれの変状の発生原因との関係を明記すること。
	2024	本トンネルを、今後30年間にわたって供用することとなった。本トンネルの変状と立地条件を踏まえ、A～C区間の補修に用いたコンクリートの変状に対して、侵食対策に必要な区間を示した上で、効果的な侵食対策の方法と対策実施後の維持管理の方法を述べなさい。なお、対策立案に際しては、表3の条件を踏まえて答えなさい。
	2023	本橋梁は今後50年間にわたって供用する予定である。本橋の劣化状況と立地条件を踏まえ、主桁および床版の変状に対して、それぞれ必要な対策を重要な順に3つずつ提案し、その選定理由を述べなさい。なお、床版・桁等の取替えは対策の提案から除外することとする。