

事業活動（研修会・講習会等）報告書－ 1

1	活動名称	令和 6 年度（第 2 回コンクリート診断士普及講習会） ※参加者：27 名（オンライン）
2	実施日時	令和 6 年 6 月 5 日(水)
		13 時 00 分～15 時 50 分（170 分）（オンライン）
3	担当幹事	事務局
4-1	実施内容・名称	「記述式問題の演習・解説」
4-2	講義の概要	「記述式問題の演習・解説」 ① 記述式問題の傾向 ② 記述式問題（過去問）の解答・解説
4-3	講師（氏名・所属会社名）	・ 日本データーサービス株式会社 設計診断部部长 木村 博史 氏

事業活動（研修会・講習会等）実施報告書－2

5-1	実施状況写真	
「記述式問題の 演習・解説」		
		
		

2024年度 コンクリート診断士普及講習会

記述式問題の演習・解説



北海道コンクリート診断士会

正会員：木村 博史(コンクリート診断士)

1

Introduction

- 以降のスライドは、
「十河茂幸, 平田隆祥 著 / 日経コンストラクション 編
2024年版 コンクリート診断士試験合格指南」
に基づき作成しております。

出題形式・想定合格ライン

表-1 コンクリート診断士試験の出題形式

出題形式	①四肢択一式	②記述式
問題数	40問(マークシート)	1問(1,000字)
合格ライン	26問(65%)	題意に沿うことは勿論 90%以上記述
試験時間	3時間	

- 四肢択一式は、「コンクリート診断士として知っておくべき知識のレベル」を確認する問題
- 記述式は、「構造物の状態をみて判断し、それを説明できる能力」を確認する問題
- 配点ウェイトは、「記述式 > 四肢択一式」と言われている？

問題 I (建築分野 1/3)

建設後 40 年を経過した鉄筋コンクリート造建築物の概要を表 1 に、外観を写真 1 に示す。この建築物を調査したところ写真 2～4 に示すひび割れが確認された。

その後の調査により、この建築物の工事では工区を分け、近隣の 2 つのレディーミクストコンクリート工場からコンクリートを出荷していたことが判明した。これらの工区の違いによるコンクリートおよび部材の概要を表 2 に示す。また、柱と壁の全塩化物イオン量の調査結果は図 1 に示すとおりであった。

以下の問いに合計 1000 字以内で答えなさい。

[問 1] 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。

[問 2] 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。

[問 3] 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。

2023 年度・問題 I

— :与えられた情報

— :解答を求められている項目

問題Ⅰ（建築分野 2/3）

表1 建築物の概要

項目	概要
建築物の用途	市民ホール
建設年	1983 年
立地	温暖な内陸部（海岸線から約 1 km）

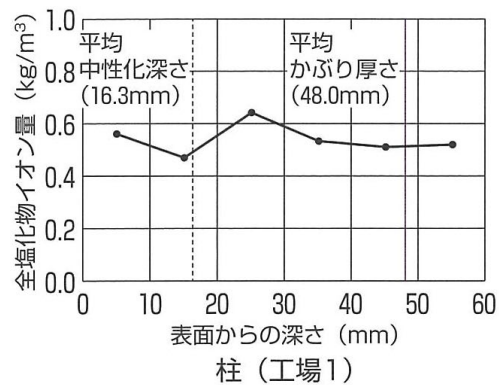


図1 全塩化物イオン量の分布

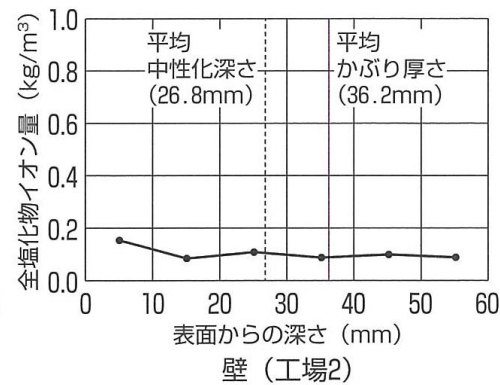


表2 コンクリートおよび部材の概要

項目	工場1	工場2
かぶり厚さ(平均)	48.0 mm	36.2 mm
中性化深さ(平均)	16.3 mm	26.8 mm
コアの圧縮強度 (3本の平均)	34.7 N/mm ²	35.8 N/mm ²
ひび割れの状況	亀甲状ひび割れおよび主筋方向のひび割れ 柱面 A：幅 0.1～2.0 mm (写真2) 柱面 B：幅 0.1～1.5 mm (写真2) 梁：幅 0.1～2.0 mm (写真3)	亀甲状ひび割れ 幅 0.1～0.5 mm (写真4)
全塩化物イオン量の分布	図1 柱	図1 壁
コンクリート出荷工場	工場1	工場2
コンクリート使用材料	セメント：普通ポルトランドセメント* 粗骨材：安山岩砕石 細骨材：海砂と石灰砕砂の混合砂	セメント：普通ポルトランドセメント* 粗骨材：安山岩砕石 細骨材：山砂と石灰砕砂の混合砂
調合	呼び強度：30 単位セメント量：370 kg/m ³ 水セメント比：50.1% 空気量：4.5%	呼び強度：30 単位セメント量：370 kg/m ³ 水セメント比：50.4% 空気量：4.5%

*同一製造業者の製品で、JIS R 5210 ポルトランドセメントの全アルカリ：0.70%

問題 I (建築分野 3/3)

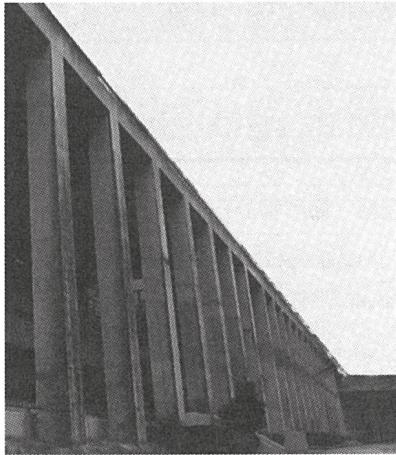


写真1 建物の外観

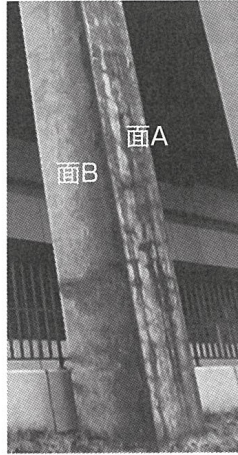


写真2 柱のひび割れ状況

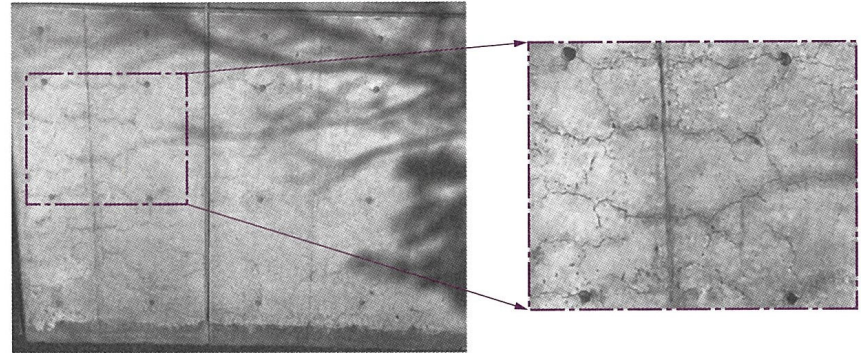


写真4 壁（上部に庇がある）のひび割れ状況



写真3 梁のひび割れ状況

問題Ⅱ（土木分野 1/4）

供用開始から 53 年経過した中国地方山間部に位置する PC ポストテンション単純 T 桁橋（PCT 桁橋）の図面を図 1～4 に、橋梁諸元などの概要を表 1 に示す。

本橋梁には、主桁の A 部で写真 1 に示す変状が、床版下面の B 部で写真 2、図 5 に示す変状が確認された。また、一部の床版横締めのスーパース内は写真 3 に示す状況であった。

以下の問いに合計 1000 字以内で答えなさい。

[問 1] 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] 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] 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。

— : 与えられた情報
— : 解答を求められている項目

2023 年度・問題Ⅱ

問題 II (土木分野 2/4)

表 1 橋梁諸元等

項 目		内 容
橋梁概要		概 要：中国地方山間部に位置する道路橋 形 式：PC ポストテンション単純 T 桁橋 適用示方書：昭和 39 年（1964 年）鉄筋コンクリート 道路橋示方書 1961 年制定プレストレストコンクリート設計施工指針 供 用 開 始：1970 年
調 査 結 果	コンクリートの設計 基準強度	40 N/mm ²
	コンクリートの使用 骨材	アルカリシリカ反応性：無害（粗骨材、細骨材） 粗骨材：山砂利 細骨材：山砂
	主桁 PC 鋼材	PC 鋼線 12-φ7 mm
	床版横締め PC 鋼材	PC 鋼棒 φ24 mm シーす内の状況を写真 3 に示す
	横桁横締め PC 鋼材	PC 鋼棒 φ24 mm
	防水層の有無	無
	交通の状況	交通量：10 000 台/日、大型車混入率 10%
	凍結防止剤の散布	冬季に散布

問題 II (土木分野 3/4)

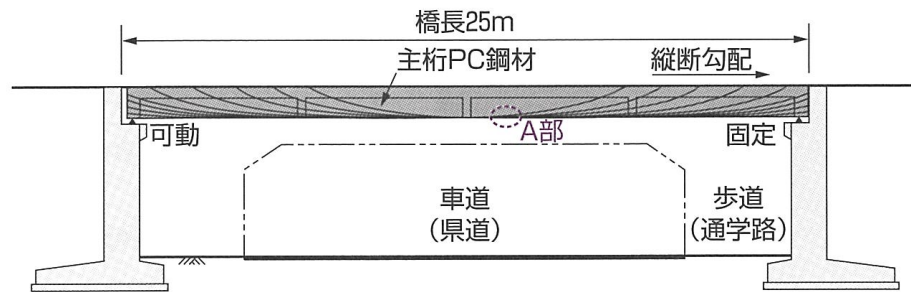


図1 橋梁側面図

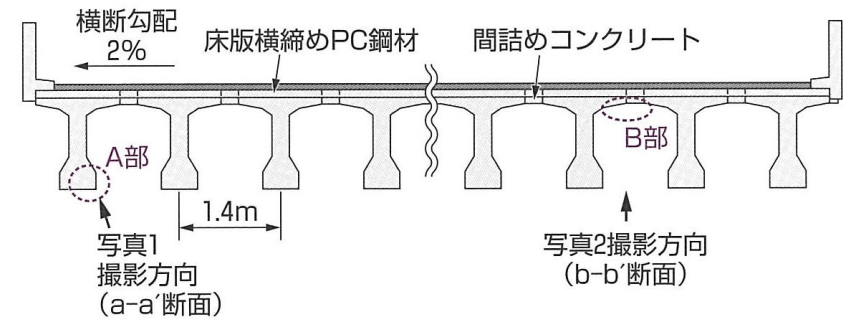


図3 橋梁(桁部)断面図

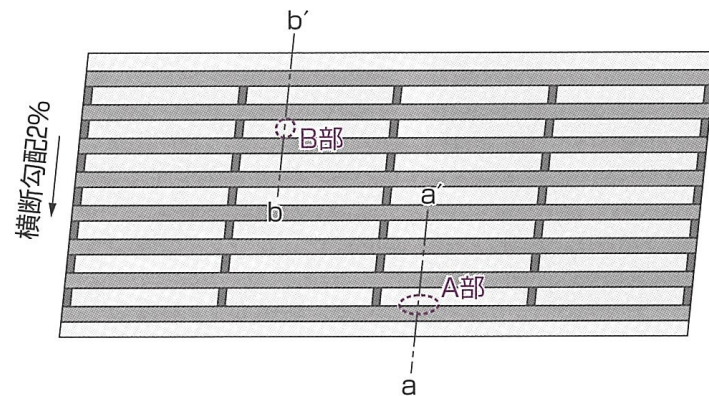


図2 橋梁(上部工)平面図

問題 II (土木分野 4/4)

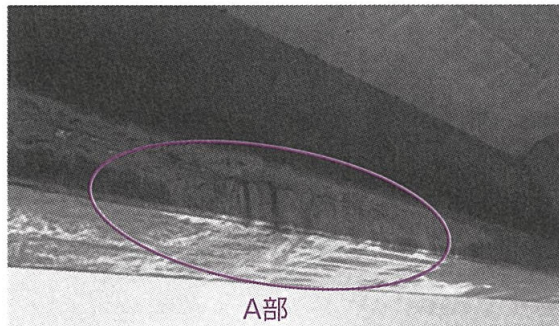


写真1 A部の変状（外観）

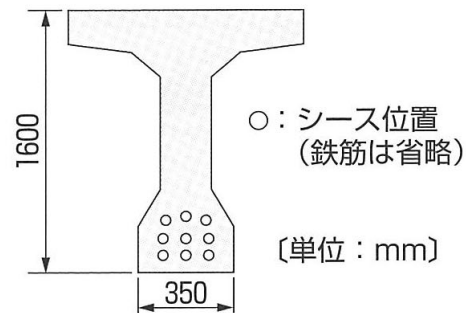


図4 主桁詳細図（a-a'断面）

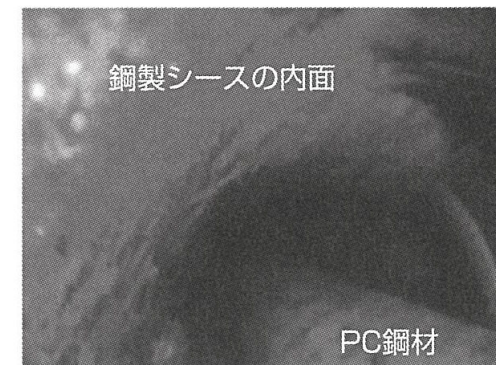


写真3 床版横締めPC鋼材の状況
(PC鋼材の断面欠損は生じていない)

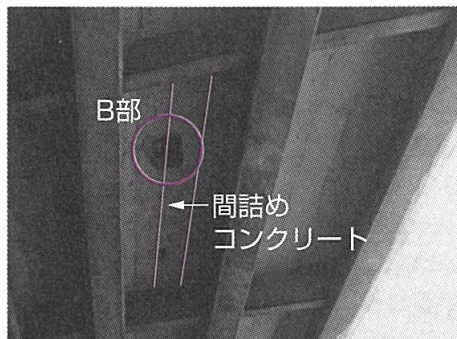


写真2 B部の変状（外観）

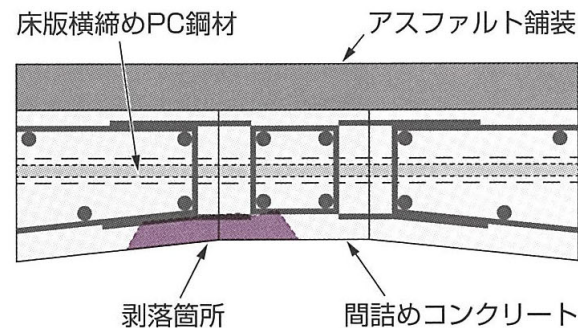


図5 B部の断面図（b-b'断面）

記述式問題とは？



- 構造物の状態をみて **判断** し、それを **説明できる能力** を測る試験
- 問題Ⅰ（建築物の診断に関わる実務能力を問う問題）
問題Ⅱ（土木構造物の診断に関わる実務能力を問う問題）の **2問から1問を選択** して解答
- **写真**や**図表**などの情報を提示する問題が2009年度から **15年間** 継続中
- 「**記述式問題**」は「四肢択一式問題」に比べて、**合否を分ける** 差が出やすい

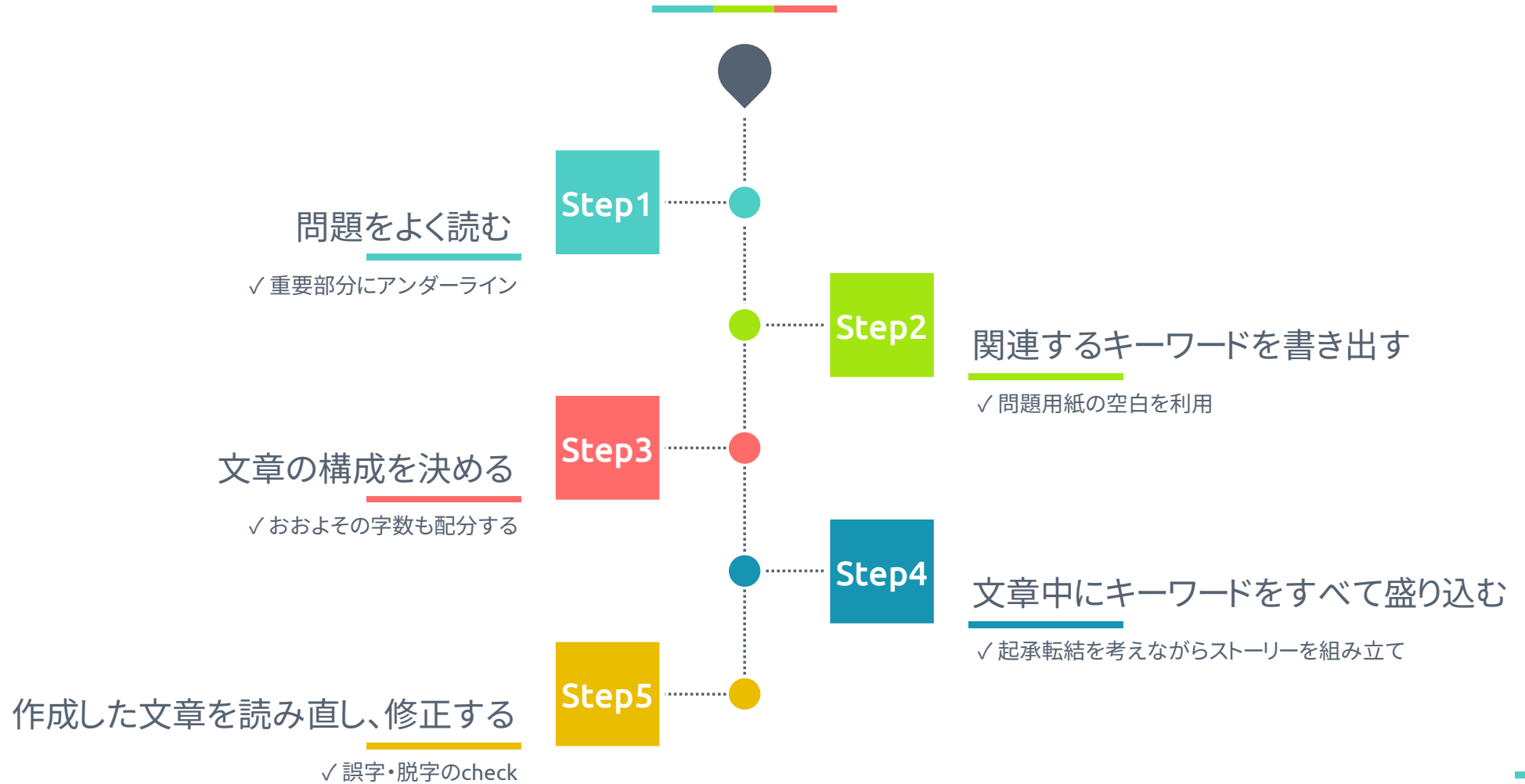
記述式問題の攻略こそ **合格への切符**

高得点を取るために...



留意点	理由
①要求された文字数の90%以上記述する	通常、1問当たり1000字程度での解答を求められます。 解答の文字数が半分程度と少ない場合は、大きな減点の対象になると思われます。
②なるべく漢字を使う	漢字を正確に書くことに不安があると、多くをひらがなで書きたくなりますが、ひらがなばかりの文章は読みにくいため、採点者の印象が悪くなると思われます。
③丁寧な文字で書く	書きなぐったり、枠をはみ出すような大きな文字や、極端に小さな文字の場合は非常に読みにくくなります
④過剰な箇条書きは避ける	記述式問題は、受験者の論理立った文章構成能力や表現力を採点するのが目的です。 事実のみを羅列した箇条書きでは、その能力があるか判定できません。
⑤起承転結を考える	文章構成は、起承転結によるストーリーを持たせましょう。 文章に流れができて読みやすくなります。
⑥一つの文章は短めに	文章を読点「、」でつないで長文にすると、非常に理解しにくく、読みにくい文章となります。 的確な位置に句点「。」を打ち、短い文にすると、読みやすくなります。 「私は図書館で本を読むのが趣味です」→「私の趣味は図書館で本を読むことです」(主述のねじれ)
⑦接続詞を有効に使う	文章と文章の関係が明確になり、読みやすくなります。 並立(および、また)、添加(さらに、しかも、なお)、選択(または、それとも)、順接(したがって、そのため)、逆接(しかし、けれども)
⑧関連キーワードを漏れなく盛り込む	関連したキーワードが順序よく配列され、文章がすっきり記述されていると、ポイントが高くなると考えられます。 書こうと思ったキーワードは、漏れなく文章に盛り込みます。
⑨問に対して文章量を均等に する	例えば、問1で「変状の原因とその推定理由を述べよ」、問2で「調査方法と補修方法を述べよ」と問われた場合は、問1で原稿の半分を使用して記述し、問2で残りの半分を使います。三つの問がある場合は、3分の1ずつ記述します。 記述する文字数が、どちらかの項目に偏らないように配慮します。

答案作成のステップ



<Step1> 問題をよく読む

問題1

竣工後45年経過したピロティを有するRC造建築物において、写真1～4に示す変状が生じている。表1にはこの建築物の概要、図1には外部柱および内部壁のコンクリートに含まれる全塩化物イオン量分布と中性化深さの調査結果を示す。これらの変状に関する以下の問2合計1000字以内で答えなさい。

[問1]

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。

②

[問2]

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。

②

[問3]

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。

①

②

③

- まず問題をよく読みましょう
- いきなり記述を始めず、重要部分にアンダーラインを引きましょう
- 求められた文字数の原稿に対して、いくつかの項目を解答するのか把握しましょう

この問題は、大きく **3問** から構成されており...

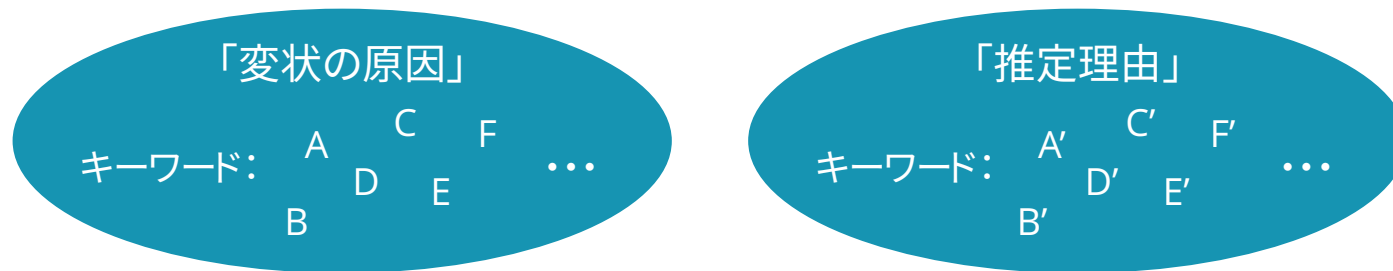
問1では **2項目**

問2では **2項目**

問3では **3項目** が問われています

何が何項目問われているのかを問題文から判読しましょう

<Step2> 関係するキーワードを書き出す



- 配布された問題用紙には、ページ下にメモを取るための空白があります
- この空白を利用して、「変状の原因」、「その推定理由」に関連するキーワードを書き出します
- ここでは、思いついたキーワードをランダムに書き出します

<Step3> 文章の構成を決める

問1

変状の原因
150字程度

推定理由
150字程度

問2

分布の理由
180字程度

問3

相違の理由
180字程度

必要な調査の項目
120字程度

劣化対策
120字程度

対策後の維持管理計画
120字程度

← 原稿の構成イメージはこんな感じ

問1 300字程度

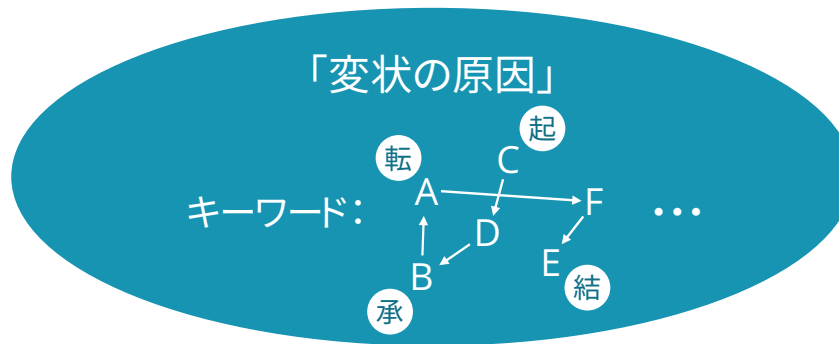
問2 350字程度

問3 350字程度

合計1000字

- 多少の文字数の増減は問題ありません
問われている項目に対しておおまかに割り振りましょう
- どの項目をどの程度の文字数で原稿用紙に書けばよいのかイメージできれば、あとは機械的に作業を進めるだけです

<Step4> 文章中にキーワードを盛り込む



起：変状の原因は、...

承：また、さらに、...

転：一方、しかし、...

結：したがって、そこで、...

- 抜き出したキーワードを用いて「起承転結」を考えながらストーリーを組み立てます
- 起承転結の文章の節目では、「接続詞」を用いて、ストーリーにメリハリを付けます

「起・承・転・結」とは

- もともと、「起承転結」とは、漢詩の絶句（4句からなる詩）に用いられたスタイルとのこと

- ・「起」：事実や出来事を述べる
- ・「承」：「起」で述べたことに関することを述べる
- ・「転」：「起承」とは関係ない別のことがらをもち出す
- ・「結」：全体を関連づけてしめくくる

- 「転」で意表を突く展開を提示し、「結」ですべてをまとめるところがポイント

- ・「転」：ドンデン返し → 「結」：オチ
- ・「転」：ボケ → 「結」：ツッコミ

- 小説、映画、漫画などのストーリーに予測できないスリリングな展開を与える作法

しゅんぎよう もうこうねん
春曉（孟浩然）
（起句） しゅんみんあかつきをおほえず
春眠不覺曉
しよしよていちようをきく
（承句） 処処聞啼鳥
やらいふうのこえ
（転句） 夜来風雨聲
はなおつることしるたしようにぞ
（結句） 花落知多少

論文は「起・承・結」のいい説

- 結論がわかっている（論理の流れが求められる）論文に「転」ってどう？！
- 論文の場合は、文学や詩と違い、クライマックスに向かう前の一波乱「転」は必要ない説
- 「転」は「話を展開する」、「テーマを別の角度から検討する」パートと捉えた方が良いでしょう
- 「起承結」の組立を意識した構成のが記述しやすい説もあります
 - ・「起」：与えられた問題のテーマに対して、あなたがこれから論じていくことを明確にします
 - ・「承」：事実を客観的な視点で分析し、データに裏付けられたあなたの見解を示します
 - ・「結」：「承」の分析結果から結論を導き出します。このとき、「起」に明示したテーマと「結」で述べた結論が対応していることが重要です

<Step5> 作成した文章を読み直し、修正する



文章を書き終えたら、最後に文章をもう一度 **読み直し**、誤字や脱字がないかを **チェック** します

やってはいけない解答作成の悪い例

✖ 文章の書き出しを字下げしない → 文章構成を一目で見極められず、採点者のストレスに...

(悪い例)

問1について

変状Aは窓枠の下部を接点としてなだらかな勾配で一方向に補修が施されている。これは、コンクリートを打ち込むときに生じたコールドジョイントの可能性が高い。窓枠の下を充填するときに、いったん打ち止めて反対側からコンクリートを打ち込んだ折に時間が経過してコールドジョイントとなったものと推察される。コールドジョイントは壁を貫通するため、漏水の原因となり、補修をしたものと考えられる。

変状Bは窓枠のコーナー部分からひび割れが進展したものと見られ、コンクリートの乾燥収縮が原因となったものと推察される。開口部には、生じやすいひび割れである。漏水の可能性があり、補修をしたものと考えられる。

変状Cは点状の補修跡で、セパレーターの下部にブリーディング水が残されると、水隙となって硬化後に水路ができることが多く、これを補修した跡と推察される。この構造物のように乾燥収縮ひび割れが多いコンクリートでは、ブリーディングも多いことが考えられる。

文章の区切りが分からず、読みにくく、内容も把握しにくい

(良い例)

問1について

変状Aは窓枠の下部を接点としてなだらかな勾配で一方向に補修が施されている。これは、コンクリートを打ち込むときに生じたコールドジョイントの可能性が高い。窓枠の下を充填するときに、いったん打ち止めて反対側からコンクリートを打ち込んだ折に時間が経過してコールドジョイントとなったものと推察される。コールドジョイントは壁を貫通するため、漏水の原因となり、補修をしたものと考えられる。

変状Bは窓枠のコーナー部分からひび割れが進展したものと見られ、コンクリートの乾燥収縮が原因となったものと推察される。開口部には、生じやすいひび割れである。漏水の可能性があり、補修をしたものと考えられる。

変状Cは点状の補修跡で、セパレーターの下部にブリーディング水が残されると、水隙となって硬化後に水路ができることが多く、これを補修した跡と推察される。この構造物のように乾燥収縮ひび割れが多いコンクリートでは、ブリーディングも多いことが考えられる。

やってはいけない解答作成の悪い例

記述式問題とは、構造物の状態をみて **判断** し、それを **説明できる能力** を測る試験

× 箇条書きにする → 説得性に欠ける、説明能力がないと採点者に判断されてしまいます

(悪い例)

主な調査項目と調査方法は次のとおりである。

- (1) 調査項目 : ひび割れ状況
調査方法 : 目視調査、超音波試験
- (2) 調査項目 : 鉄筋の腐食調査
調査方法 : はつり調査、自然電位法、中性化試験
- (3) 調査項目 : かぶり深さ
調査方法 : 電磁波反射方式

羅列しているだけで、
文章になっていない

(良い例)

この建物を今後20年間供用するためには、現時点で生じているひび割れを補修するだけでなく、ひび割れの影響や現状の腐食状態を把握し、今後の腐食進行を予測しなければならない。そのためには、(1) **ひび割れ状況**、(2) **鉄筋の腐食調査**、(3) **かぶり深さ**などの調査が必要である。

ひび割れ状況の調査では、**目視調査**によりひび割れ分布を、**超音波試験**によりひび割れ深さを調べる。鉄筋の腐食調査では、かぶりの**はつり調査**による方法が確実であるが、腐食予備軍の調査には**自然電位法**が望ましい。同時に**中性化試験**を実施し、今後20年に達する中性化深さを推定する。このため、**電磁波反射法**などの非破壊試験により、かぶり深さを把握する必要がある。

やってはいけない解答作成の悪い例

✕ ひらがな(表音文字)が多い → 漢字(表語文字)の使用は読み手の理解を後押しします

(悪い例)

常時外気が流入する環境であることから、**かんそう**によるひび割れの拡幅が考えられる。壁の厚さが50cmであることは、外部**こうそく**温度ひび割れと見られ、**かんつう**していると**すいさつ**される。**ろうすい**が生じていることからこれが裏付けられる。

変状Bは、**はくらく**の中に鋼材が見られることから、鉄筋の**ふしょく****ばうちょう**による表面**はくり**と考えられる。鋼材が**ふしょく**したのは、コアの塩化物イオンの調査結果にあるように、塩化物イオンの量が**ふしょく**限界を超えていることと...

平仮名が多いため、
読みにくく、文章の意味を把握しにくい

(良い例)

常時外気が流入する環境であることから、**乾燥**によるひび割れの拡幅が考えられる。壁の厚さが50cmであることは、外部**拘束**温度ひび割れと見られ、**貫通**していると**推察**される。**漏水**が生じていることからこれが裏付けられる。

変状Bは、**剥落**の中に鋼材が見られることから、鉄筋の**腐食膨張**による表面**剥離**と考えられる。鋼材が**腐食**したのは、コアの塩化物イオンの調査結果にあるように、塩化物イオンの量が**腐食**限界を超えていることと...

やってはいけない解答作成の悪い例

- ✕ 専門用語を不正確に使う → 専門用語を理解していない、知識不足と評価されてしまう場合があります
 - ✓ (誤) 打ち込み → (正) 打込み / (誤) 打込む → (正) 打ち込む
 - ✓ (誤) 締め固め → (正) 締固め / (誤) 締固める → (正) 締め固める
- ✕ 最後まで書いていない → 専門家としての責任を果たしていないと判断する採点者もいます
- ✕ 文章の量が足りない → 文字数は90%程度まで埋めることをお勧めします
- ✕ 行間を空けすぎる → 数行入れると意図的に文字数を稼いでいると判断され、印象を悪くします
- ✕ 偏った見解や決めつけた判断 → 明らかな判定基準がある場合以外は用いない方が無難です
 - ✓ 外観からの判断では専門家でも意見が分かれる場合があります
 - ✓ 明らかに「・・・である」場合であっても、「・・・と推察される」と、他の可能性も残した表現としましょう

問題Ⅰ（建築分野）の出題傾向

的中率
↓
1/2
1/2
2/2
0/2
0/2
2/2
0/2
予想→

年度	中性化	塩害	ASR	凍害	化学的腐食	疲労	材料劣化	火災	温度乾燥収縮変化	構造物	備考
2014	●								●	RC校舎	原因推定／調査／補修
2015	●								●	RC実験施設	原因推定／調査／補修
2016					●				●	RC集合住宅	原因推定／調査／補修
2017	●				●				●	煙突	原因推定／調査／補修
2018							●		●	RC事務所	原因推定／調査／補修
2019	●	●								RC公共施設	原因推定／分析・補修
2020				●					●	RC建物	原因推定／調査／補修
2021								●		RC造建築物	火害等級／調査／補修
2022					●		●			RC構造物	原因推定／調査／補修
2023			●							RC構造物	原因推定／調査／補修
2024	●							●			

問題Ⅱ（土木分野）の出題傾向

的中率
↓
0/2
1/2
2/2
0/2
1/2
1/2
0/2
予想 →

年度	中性化	塩害	A S R	凍害	化学的腐食	疲労	外力	火災	構造物	備考
2014	●	●							PC桁	調査／対策
2015			●						橋脚	メカニズム・対策
2016							●		道路トンネル	調査／対策
2017		●							橋梁（PC／RC）	原因調査／対策
2018			●						PC桁橋	原因調査／対策
2019		●		●					非合成鈹桁橋	原因／調査／対策
2020	●	●							スノーシェッド	原因／対策
2021		●		●		●			橋梁床版	原因／調査／対策
2022	●	●							鉄道構造物	原因／調査／対策
2023		●							橋梁床版	原因／調査／対策
2024					●					

構造物別のキーワード

種類	キーワード
集合住宅	ひび割れ/漏水/温度変化/中性化/乾燥収縮/浮き/剥離/鉄筋腐食/振動/火害
RC構造物	ひび割れ/温度変化/中性化/乾燥収縮/浮き/剥離/鉄筋腐食
ダム	凍害/摩耗/スケーリング/漏水/ひび割れ/アルカリシリカ反応/膨張量
トンネル	ひび割れ/中性化/鋼材腐食/浮き/剥離/第三者被害/地山背面の空洞/火害
橋梁(橋脚)	中性化/塩害/塩化物イオン濃度/鋼材腐食/アルカリシリカ反応/膨張量
橋梁(床版)	疲労/ひび割れパターン/ひび割れ密度/たわみ/浮き/剥離/第三者被害/塩害/塩化物イオン濃度/鋼材腐食/累積損傷度
栈橋	塩害/塩化物イオン濃度/鋼材腐食/アルカリシリカ反応/膨張量
ボックスカルバート	ひび割れ/中性化/乾燥収縮/浮き/剥離/鉄筋腐食/漏水
下水道管路	化学的侵食/硫酸イオン/劣化因子の浸透深さ/鋼材腐食

劣化要因別のキーワード

劣化要因	項目	調査項目	調査方法	判断基準	補修の要点
アルカリシリカ反応		ひび割れのパターン 骨材の調査 強度、弾性係数 残存膨張量 アルカリ量分析	外観調査 コア観察・鑑定 コア試験 コア分析 超音波法	劣化の段階 残存膨張量 構造物の機能 耐久性能	遮水対策 補修後の膨張も考慮
塩化物イオン (塩害)		塩化物イオン濃度分布 コアの配合分析 鋼材の腐食状況 周囲の自然環境 中性化深さ	外観調査 鋼材の位置 塩化物イオン量 自然電位法 分極抵抗法 中性化深さ測定	鋼材位置における塩化物イオンの量 塩化物イオンの浸入速度 鉄筋の腐食状況	耐力低下の程度に応じた補強 塩化物イオンの浸入抑制 脱塩処理
凍結融解作用 (凍害)		周囲の自然環境 (特に温度と水分) 劣化箇所の分布 コンクリートの気泡分布と間隔 コアの強度	外観調査 コアの気泡分布 細孔径分布 弾性波法	ひび割れの状態 気泡間隔係数 強度 弾性係数	スケーリングの補修 凍害部分の除去 断面修復工法 遮水対策
中性化作用		鉄筋のかぶり厚さ 中性化測定 ひび割れの状態	フェノールフタレイン溶液法 熱分析(TG、DTA) 鋼材の位置	中性化残り 鋼材の腐食状況	表面被覆工法 ひび割れ注入

2

Practice

- 以降のスライドは、
「十河茂幸, 平田隆祥 著／日経コンストラクション 編
2024年版 コンクリート診断士試験合格指南」
に基づき作成しております。

<演習1> 2019年度 問題 I

問題

竣工後45年経過したピロティを有するRC造建築物において、写真1～4に示す変状が生じている。表1にはこの建築物の概要、図1には外部柱および内部壁のコンクリートに含まれる全塩化物イオン量分布と中性化深さの調査結果を示す。これらの変状に関する以下の問に合計1000字以内で答えなさい。

[問1]

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。

[問2]

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。

[問3]

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。

表1 建築物の概要

竣工年および用途	1974 年竣工 公共施設（市役所）
立地および周辺環境	沖縄県 海岸から 0.5 km 離れた市街地
コンクリートの使用材料 および配（調）合	粗骨材：石灰石碎石 細骨材：石灰石砕砂および海砂の混合砂 （混合質量比 55：45） セメント種類：普通ポルトランドセメント 設計基準強度：21 N/mm ² 水セメント比：60% スランプ：18 cm
設計かぶり（厚さ）	床スラブ下面 30 mm（写真 1） 内部壁 30 mm（写真 2） 外部柱 40 mm（写真 3） 外部壁 40 mm（写真 4）

＜演習1＞ 2019年度 問題 I

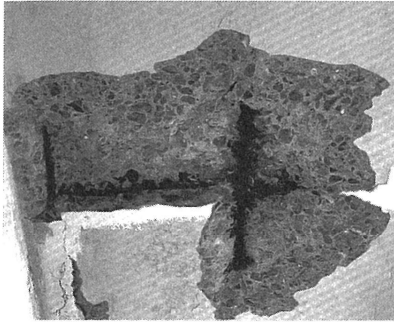


写真1 1階ビロティ部直上の2階床スラブ下面の変状

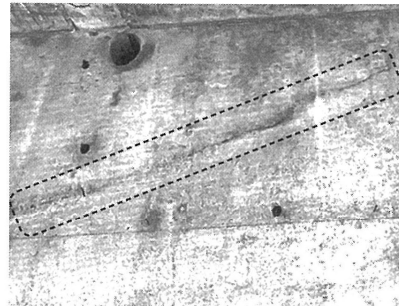


写真2 内部壁（屋内）表面の変状



写真3 1階ビロティ部にある外部柱表面の変状

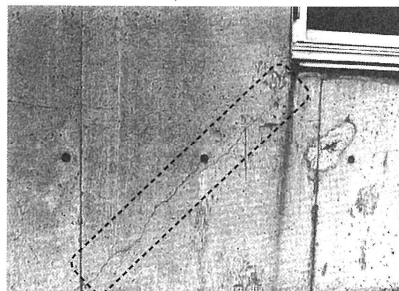


写真4 外部壁表面の変状

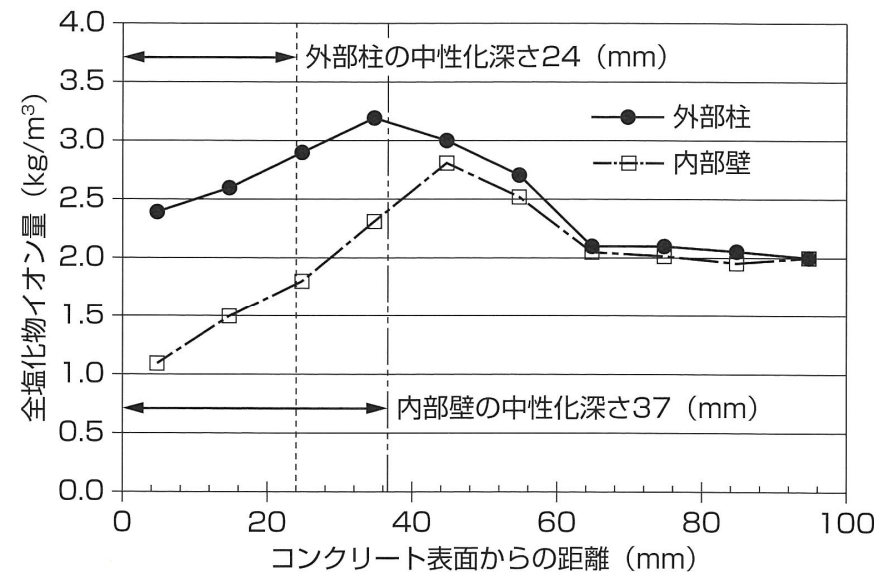


図1 内部壁および外部柱の全塩化物イオン量分布および中性化深さ

『問題文』・『構造物の概要』からの“気づき”

問題

竣工後45年経過したピロティを有するRC造建築物において、写真1～4に示す変状が生じている。表1にはこの建築物の概要、図1には外部柱および内部壁のコンクリートに含まれる全塩化物イオン量分布と中性化深さの調査結果を示す。これらの変状に関する以下の問2合計1000字以内で答えなさい。

表1 建築物の概要

竣工年および用途	① 1974年竣工 公共施設（市役所）
立地および周辺環境	② 沖縄県 ③ 海岸から0.5 km 離れた市街地
コンクリートの使用材料 および配（調）合	粗骨材：石灰石碎石 細骨材：石灰石砕砂および海砂の混合砂 （混合質量比 55：45） ④ セメント種類：普通ポルトランドセメント 設計基準強度：21 N/mm ² ⑥ 水セメント比：60% スランプ：18 cm
設計かぶり（厚さ）	床スラブ下面 30 mm（写真1） 内部壁 30 mm（写真2） 外部柱 40 mm（写真3） 外部壁 40 mm（写真4） ⑥

構造物の概要

● 提示される情報の種類

- ✓ 構造物の概要
- ✓ 劣化した構造物の写真や拡大写真
- ✓ 調査結果を示した図表
- ✓ 数値情報 など

● 問題文・構造物の概要からの“気づき”を抽出しましょう

- ① 1974年竣工 → 塩化物総量規制（1986年）前の施設か...
- ② 沖縄県 → 年中温暖だし凍害は関係なさそう...
- ③ 海岸から0.5km離れた市街地 → 海から飛来塩分がきそう...
- ④ 細骨材に海砂使用 & 塩分分布の調査結果 → この問題塩害よ...
- ⑤ 中性化深さの調査結果 → 中性化も関与してるってこと？
- ⑥ 配合や設計かぶりには特段問題なさそう...

劣化した
構造物の写真

『写真』からの“気づき”

- 写真をよく観察して“気づき”を抽出しましょう

＜写真1＞・鉄筋が腐食してかぶりコンクリートが剥離したっぽい...
・鉄筋もかなり断面減少してそう...
・てか、かぶり厚ホントに30mmある...?!

＜写真2＞・斜めに入ってるし鉄筋腐食とは関係なさそう...
・コールドジョイントっぽいけど勾配はげしすぎ...
・ちゃんと締め固めたのか...?!

＜写真3＞・結構太めのひび割れが発生してるな...
・位置的に柱の主鉄筋に沿ってそう...鉄筋腐食かな...?
・ASRでもこんな入るよね...?

＜写真4＞・窓枠の角からひび割れが進展してるな...
・これも斜めひび割れなので鉄筋には沿ってなさそう...
・ってか、これ択一式でよくみるヤツよ

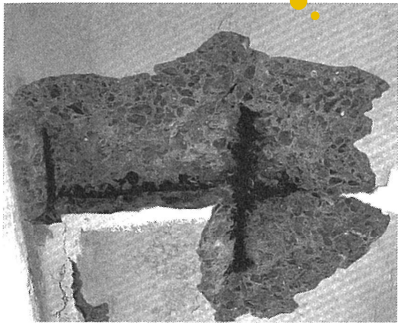


写真1 1階ピロティ部直上の2階床スラブ下面の変状

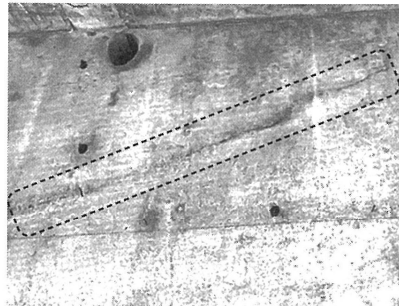


写真2 内部壁（屋内）表面の変状



写真3 1階ピロティ部にある外部柱表面の変状

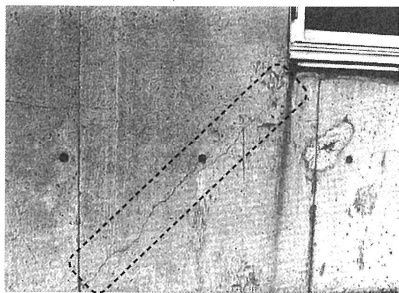


写真4 外部壁表面の変状

『図表』からの“気づき”

調査結果を示した図表

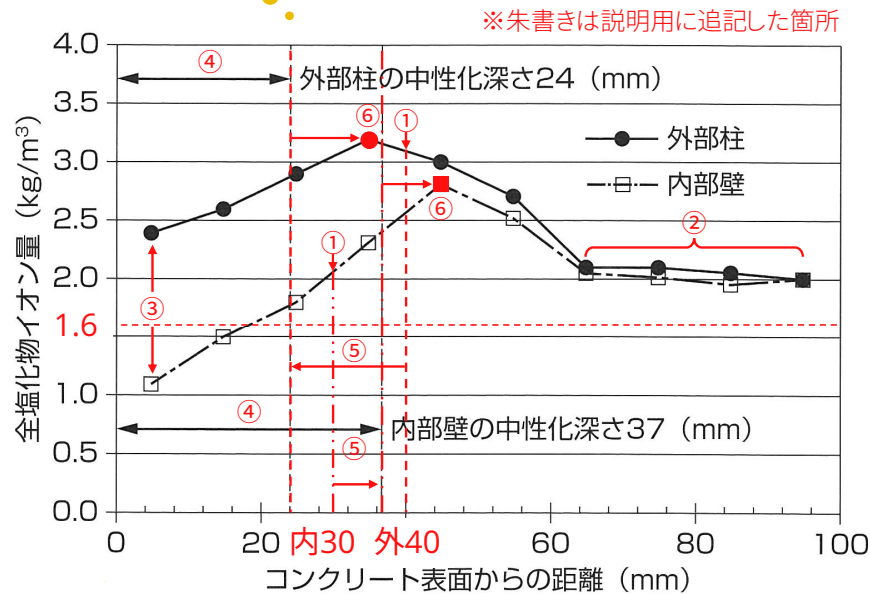


図1 内部壁および外部柱の全塩化物イオン量分布および中性化深さ

- 択一式対策で蓄積した知識を総動員して“気づき”を抽出しましょう
 - 鉄筋位置の塩分量は内・外部ともに腐食限界を超えているな...
→ 塩害が生じていることは間違いなさそう...
 - 壁厚中央の塩分量がめちゃ多い...深さによる差はほとんどない...
→ やっぱり海砂由来の塩分が関係してそう...
 - 表面側は内部より外部のが塩分量が多い...
→ やっぱり海からの飛来塩分もありそう...
 - 中性化は外部より内部のが進行してるな...
→ 択一式で勉強したとおりの傾向だ...
 - 外部の中性化は鉄筋の手前...内部は鉄筋の7mmほど奥までか...
→ 中性化による鉄筋腐食は心配はさほどなさそう
 - 塩分量のピークは表面ではなく中性化深さの先(奥)にあるな...
→ 中性化による塩分濃縮か...択一式で勉強したとおりの傾向だ...

文章構成のイメージ・キーワードの盛り込み

問1

変状の原因:66文字(残84文字)

- 写真1:鉄筋腐食に伴うかぶりコンクリートの剥離
- 写真2:コールドジョイント
- 写真3:鉄筋腐食に伴うひび割れ
- 写真4:乾燥収縮に伴うひび割れ

推定理由:80文字(残70文字)

- 写真1:鉄筋位置の塩分量が腐食限界以上
- 写真2:斜めひび割れなので鉄筋腐食は無関係
- 写真3:鉄筋位置の塩分量が腐食限界以上
- 写真4:斜めひび割れなので鉄筋腐食は無関係

問2

分布の理由:77文字(残98文字)

- 海砂を使用しているため壁厚中央付近の塩分量が多く、深度にかかわらず一定量で推移
- 中性化による塩分濃縮により、塩分量のピークは表面から中性化深さの先に移動

相違の理由:44文字(残131文字)

- 沖縄の海岸から0.5km離れた市街地という地理的条件から、外部には飛来塩分が到来するため

問3

必要な調査の項目

- <調査項目> 鋼材の腐食状況
- <調査方法> 自然電位法／分極抵抗法

劣化対策

- <補修の要点>塩化物イオンの浸入抑制
- ※内在塩分が問題となるため、浸入抑制より脱塩や防食措置のが有効?

対策後の維持管理計画

- 再劣化の有無を確認するため...
- 定期点検の計画／モニタリングの計画／経過観察の計画／点検間隔の検討／

	塩化物イオン (塩害)
調査項目	塩化物イオン濃度分布 コアの配合分析 鋼材の腐食状況 周囲の自然環境 中性化深さ
調査方法	外観調査 鋼材の位置 塩化物イオン量 自然電位法 分極抵抗法 中性化深さ測定
判断基準	鋼材位置における塩化物イオンの量 塩化物イオンの浸入速度 鉄筋の腐食状況
補修の要点	耐力低下の程度に応じた補強 塩化物イオンの浸入抑制 脱塩処理

解答例

問1 350字
問2 300字
問3 350字

合計1000字

問1 変状の原因および推定理由

このピロティを有するRC造建築物は、1974年に建設され、既に45年が経過している。建築物の概要では海砂の使用が確認され、全塩化物イオンの分布を見ると内部鉄筋の塩害による腐食が容易に推定できる。

写真1は、鉄筋の腐食膨張によりかぶり部分が剥落し、写真3は、柱の主鉄筋に沿ったひび割れと推察される。鉄筋位置における塩化物イオン量は $2.0 \sim 3.0 \text{ kg/m}^3$ となり、腐食限界濃度に達していることから塩害が主要因と判断できる。

写真2および写真4は、斜めひび割れであり、鉄筋の腐食の影響が考えにくく、写真3は施工時のコールドジョイントが疑われ、写真4は初期に生じる収縮ひび割れと推察される。

問2 ①分布の理由

全体的に塩化物イオン量が多いのは、海砂の使用のためと考えられる。1974年当時は海砂の塩分を除去していない可能性が高い。

分布の形状が表面よりも内部の方で塩化物イオン量が多くなっているのは、表面部分の中性化に伴い、固定化されていたフリーデル氏塩が内部に移動する塩分濃縮が生じたためと考えられる。

②相違の理由

外部の方が相対的に塩化物イオン量が多いのは、沖縄の海岸から0.5kmという地理的条件のため、外部からの飛来塩分と推察される。

問3 ①必要な調査の項目

今後20年間供用するためには、既に腐食している鉄筋を防錆し、今後腐食が進行すると考えられる鉄筋の存在を把握する必要がある。そのために、自然電位法などを用いて鉄筋の腐食状況の把握とともに、分極抵抗法により腐食の進行リスクを調査することが望ましい。

②劣化対策

鉄筋の防食に対しては、腐食が顕著でない箇所は亜硝酸リチウムの塗膜、腐食が認められる箇所は亜硝酸リチウムの注入が望ましい。

③対策後の維持管理計画

補修後の維持管理計画では、既に劣化が顕在化しているため、点検頻度を短くし、必要に応じてモニタリングを行うとよい。

<演習2> 2020年度 問題 II

表1 スノーシェッドの概要

問題 写真1は、海岸沿いの鉄道上に設置されたスノーシェッドである。このスノーシェッドは別々の年代に建設されたA区間とB区間が連続している。その概要を表1に、断面図と側面図を図1に示す。 スノーシェッドのA区間には変状が認められず、補修の履歴もない。一方、B区間では1990年に梁部に鉄筋腐食に起因するコンクリートのひび割れや剥離、剥落が発生していたため、図2のような補修を実施した。しかし現在は写真2に示すように、補修箇所およびその周辺に劣化が生じている。 A区間の梁部のコンクリート、B区間の梁部の補修箇所近傍のコンクリートにおける現在の全塩化物イオン濃度の深さ方向の分布を図3に示す。 以下の問に合計1000字以内で答えなさい。 [問1] 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 [問2] 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。 [問3] 問2を踏まえて、この構造物を今後30年供用する場合、B区間に必要な対策とその選定理由について述べなさい。	A 区間		B 区間	
	海岸からの距離		約 30 m でほぼ一定	
	竣工年		1930 年頃	1970 年頃
	構 造		RC 構造	RC 構造
	コンクリートの骨材		川砂利、川砂	川砂利、海砂
	反発硬度から推定したコンクリートの強度の平均値		35 N/mm ²	26 N/mm ²
	梁部のかぶりの実測値		スターラップ：30～32 mm 主鉄筋：40～43 mm	スターラップ：20～28 mm 主鉄筋：30～37 mm
	現在のコンクリートの中性化深さ		3 mm	15 mm
	備 考		・ 海岸の斜面沿いに位置するため、資材搬入が容易でない ・ 工事可能時間は列車の運行のない夜間の約 3 時間	
			・ 1990 年に腐食ひび割れに起因するかぶりの浮きは全て叩き落とし、主鉄筋を露出させた上で、図 2 のような断面修復を行なった ・ 補修箇所における断面修復材の現在中性化深さは 0 mm で、同じく全塩化物イオン濃度は 0.1 kg/m³ 以下である	

＜演習2＞ 2020年度 問題 II

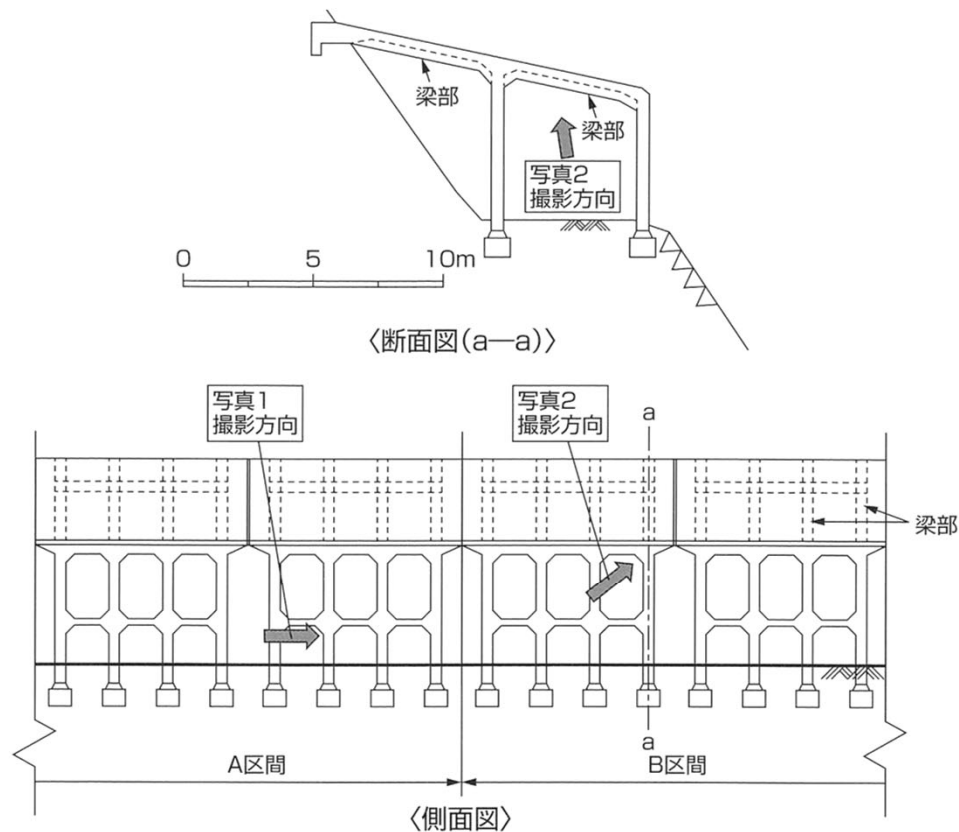


図1 スノーシェッドの断面図と側面図

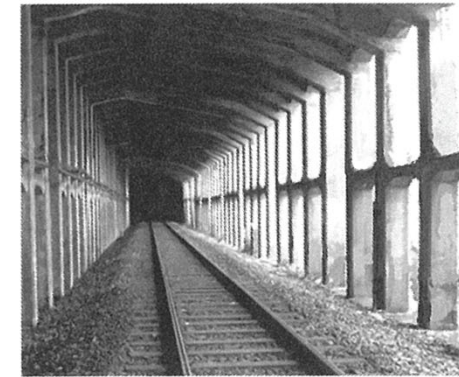


写真1 スノーシェッドの現況

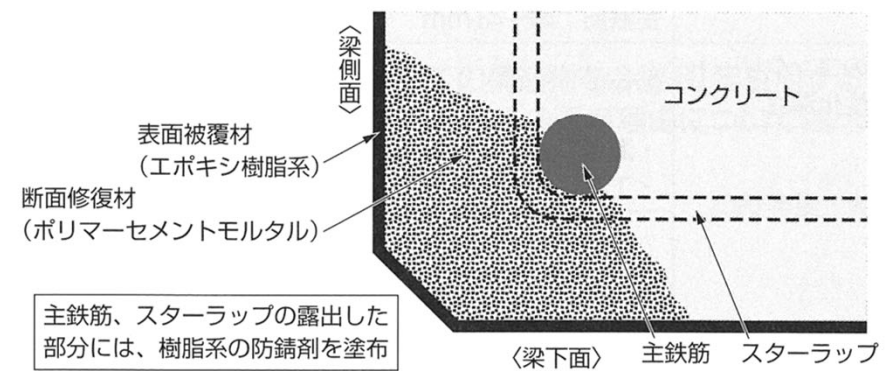
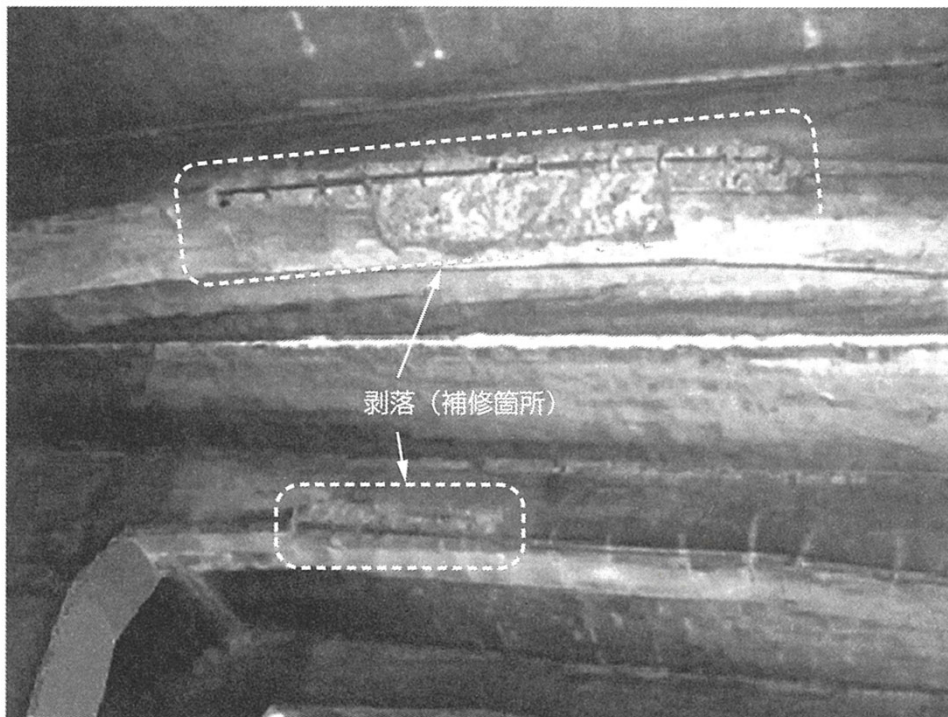


図2 1990年に実施したB区間の梁部に対する補修の概念図

＜演習2＞ 2020年度 問題 II



(現在、補修箇所以外では剥落は認められない)

写真2 B区間の梁部の補修箇所およびその周辺における劣化の代表的な例

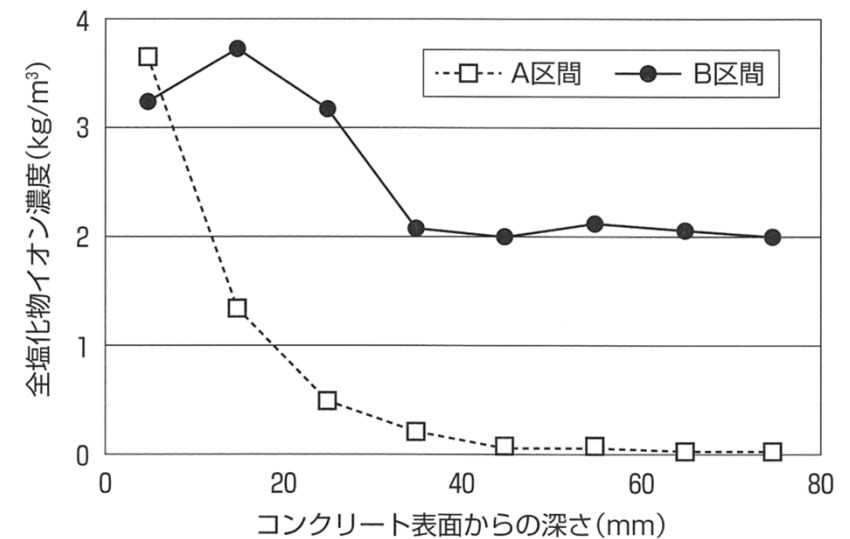


図3 現在の梁部におけるコンクリート中の全塩化物イオン濃度分布の測定結果の一例

『問題文』からの“気づき”

問題

写真1は、① 海岸沿いの鉄道上に設置されたスノーシェッドである。このスノーシェッドは別々の年代に建設されたA区間とB区間が連続している。その概要を表1に、断面図と側面図を図1に示す。

スノーシェッドのA区間には変状が認められず、補修の履歴もない。一方、B区間では1990年に梁部に鉄筋腐食に起因する⑤ コンクリートのひび割れや剥離、剥落が発生していたため、図2のような補修を実施した。しかし現在は写真2に示すように、⑥ 補修箇所およびその周辺に劣化が生じている。

A区間の梁部のコンクリート、B区間の梁部の補修箇所近傍のコンクリートにおける現在の全塩化物イオン濃度の深さ方向の分布を図3に示す。

以下の問に合計1000字以内で答えなさい。

● 問題文からの“気づき”を抽出しましょう

- ① 海岸沿い → 飛来塩分による塩害の可能性がありそう...
- ② スノーシェッド → 積雪寒冷地なので凍害劣化の可能性もありそう...
- ③ 別々の年代に建設 → コンクリートの品質が違う？
適用された規定や規制にも差異がありそう...
- ④ A区間：変状&補修履歴なし → 環境は同じなので品質良ってこと?!
- ⑤ B区間：変状&補修履歴あり → 環境は同じなので品質悪ってこと?!
- ⑥ 劣化が生じている → 補修箇所周辺の劣化ときたらマクロセルよw
でも、補修箇所も再劣化してるのはなぜ？
- ⑦ 塩分分布の調査結果 → この問題塩害よw でも、凍害との複合劣化も否定できないな...

『構造物の概要』からの“気づき”

表1 スノーシェッドの概要

	A 区間	B 区間
海岸からの距離	約 30 m でほぼ一定	
竣工年	1930 年頃	1970 年頃
構 造	RC 構造	RC 構造
コンクリートの骨材	川砂利、川砂	川砂利、海砂
反発硬度から推定したコンクリートの強度の平均値	35 N/mm ²	26 N/mm ²
梁部のかぶりの実測値	スターラップ：30～32 mm 主鉄筋：40～43 mm	スターラップ：20～28 mm 主鉄筋：30～37 mm
現在のコンクリート の中性化深さ	3 mm	15 mm
備 考	・ 海岸の斜面沿いに位置するため、資材搬入が容易でない ・ 工事可能時間は列車の運行のない夜間の約 3 時間	
	—	・ 1990 年に腐食ひび割れに起因するかぶりの浮きは全て叩き落とし、主鉄筋を露出させた上で、図 2 のような断面修復を行なった ・ 補修箇所における断面修復材の現在の中性化深さは 0 mm で、同じく全塩化物イオン濃度は 0.1 kg/m ³ 以下である

● 構造物の概要からの“気づき”を抽出しましょう

- ① 海岸からの距離 → 飛来塩分が間違いなく飛んでくるな...
- ② 竣工年 → A・B区間ともに塩化物総量規制(1986年)前の施設か...
- ③ 構造 → A・B区間ともにRC構造なので鉄筋腐食が問題になるな...
- ④ 骨材 → B区間だけ海砂を使ってるな...これかw?
- ⑤ 強度 → 設計基準強度が同じだとしたらB区間の強度が下がってる?!
- ⑥ かぶり厚 → スターラップ&主鉄筋ともにB区間のが小さいな...
- ⑦ 中性化深さ → 90年経ってるのに3mmってめちゃ小さいよな...
35N/mm²もあるしめっちゃ密実なコンクリートっぽい...
A区間より新しいのに(相対的に)中性化が進んでるな...
強度もA区間より低いし品質が低いということ...?
- ⑧ 補修年 → 竣工後20年で補修したんだ...早いな...
- ⑨ 断面修復材の現状 → 中性化も塩分も再劣化とは関係なさそう...

『図』・『写真』からの“気づき” ①

調査結果を示した図表

劣化した構造物の写真

※朱書きは説明用に追記した箇所

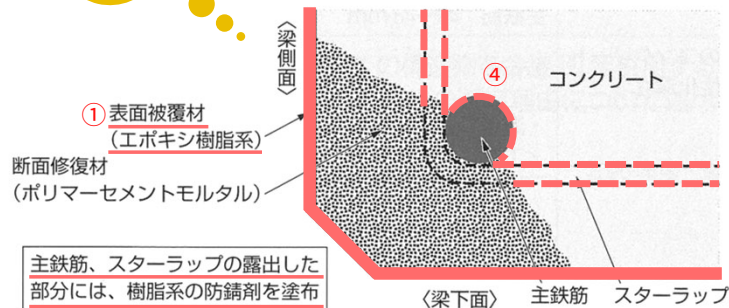


図2 1990年に実施したB区間の梁部に対する補修の概念図

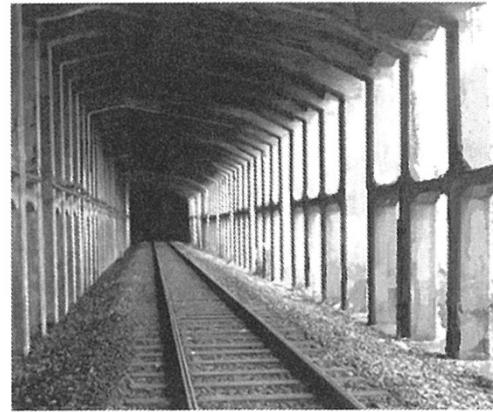
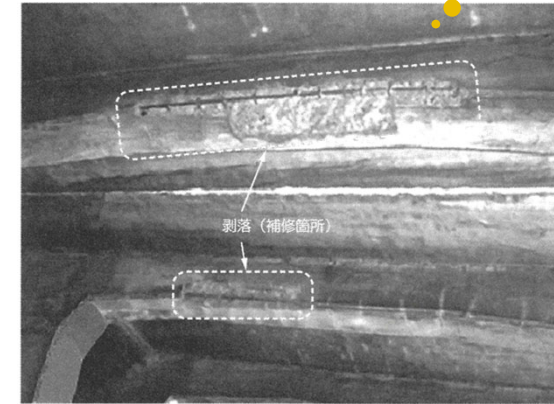


写真1 スノーシェッドの現況



(現在、補修箇所以外では剥落は認められない)

写真2 B区間の梁部の補修箇所およびその周辺における劣化の代表的な例

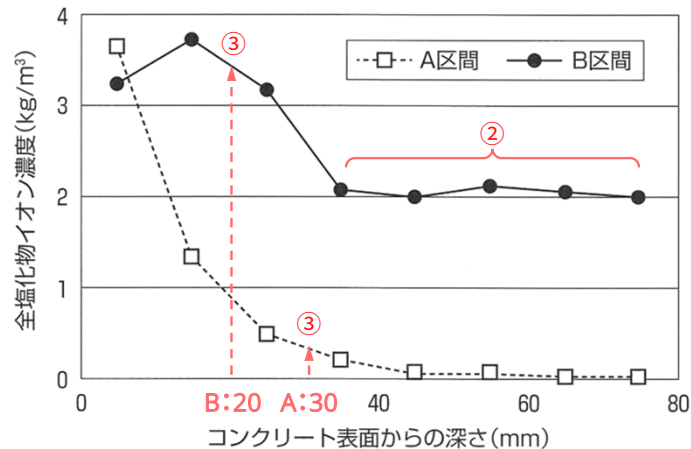


図3 現在の梁部におけるコンクリート中の全塩化物イオン濃度分布の測定結果の一例

● 択一式対策で蓄積した知識を総動員して“気づき”を抽出しましょう

- ① エポキシ樹脂系で被覆してるので補修後の塩分浸透は抑制されている...
- ② B区間の深部の塩分量が腐食限界を超えてるな...
深さによる差はほとんどなく一定だ...やっぱり海砂由来の塩分が関係してそう...
- ③ B区間は鉄筋位置の塩分量が腐食限界を超えてるな...ってか、断面全部が超えてるヤツ...A区間は問題なさそう...
- ④ てことは、無補修部の鉄筋は防錆処理もされていないし、腐食限界以上の塩分量に曝されて不動態皮膜が破壊されているということか...

『図』・『写真』からの“気づき” ②

調査結果を示した図表

※朱書きは説明用に追記した箇所

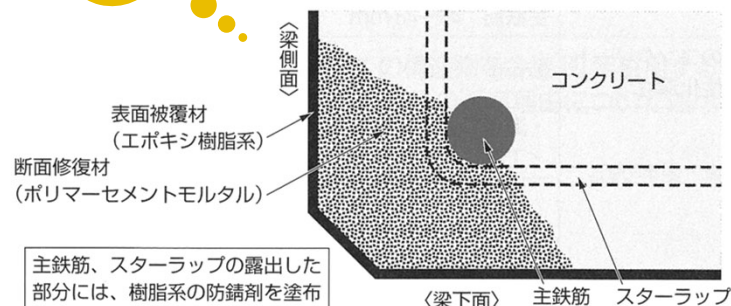


図2 1990年に実施したB区間の梁部に対する補修の概念図

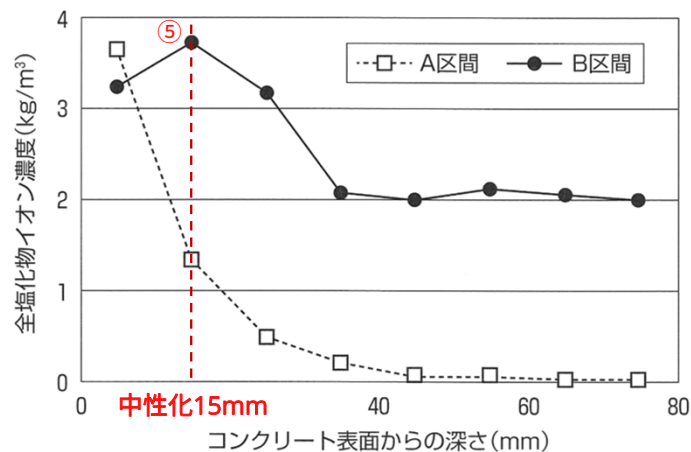
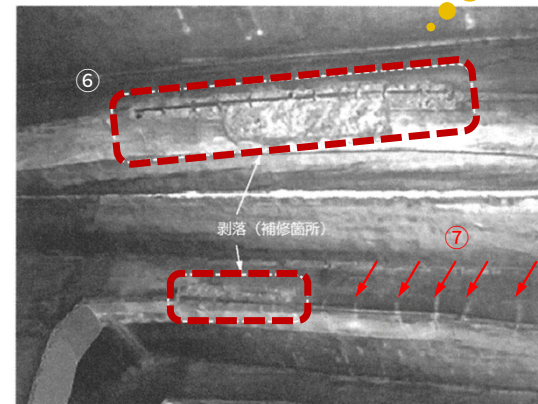


図3 現在の梁部におけるコンクリート中の全塩化物イオン濃度分布の測定結果の一例



写真1 スノーシェッドの現況



(現在、補修箇所以外では剥落は認められない)

写真2 B区間の梁部の補修箇所およびその周辺における劣化の代表的な例

劣化した
構造物の写真

- 択一式対策で蓄積した知識を総動員して“気づき”を抽出しましょう
- ⑤ B区間の塩分量のピークは表面ではなく中性化位置に対応してるな...鉄筋位置付近(20mm)で中性化による塩分濃縮が進行している...
- ⑥ 鉄筋が露出してる...剥離したということは腐食してるということか...
- ⑦ 補修箇所だけでなく周辺にもひび割れらしきものが...スターラップの位置に対応してるっぽいので鉄筋が腐食してそう...マクロセルだけじゃない!?

文章構成のイメージ・キーワードの盛り込み

問1

変状原因・推定理由:178文字(残122文字)

<変状原因>

- ・塩害劣化

<推定理由>

- ・A区間は細骨材に川砂を使用。B区間は海砂を使用しており全断面で腐食限界を超過
- ・A区間は中性化の進行が遅くコンクリートが緻密。B区間はA区間に比して進行が早く強度も低いことから相対的に品質が低いと推定
- ・A、B区間ともに外部からの塩分供給があるが、B区間はかぶり厚が小さく中性化も進行しており鉄筋位置付近での濃縮も認められる

問2

劣化原因・推定理由:169文字(残181文字)

<劣化原因>

- ・補修箇所:塩害劣化
- ・補修箇所周辺:マクロセル腐食

<推定理由>

- ・鉄筋背面までコンクリートがはつき取られてお

らず防錆剤が塗布されていない

- ・鉄筋背面の塩分量は補修後も腐食限界を超過しており不動態皮膜が破壊されている
- ・鉄筋の腐食膨張により断面修復材が剥落
- ・補修箇所と補修箇所周辺に塩分量の差が生じマクロセルを形成、周辺の劣化を招いた

問3

必要な対策

- ・鉄筋全周に対する脱塩処理
- ・防錆処理
- ・耐力低下の程度に応じた補強

選定理由

- ・内在塩分量が多いことから再劣化のリスクを払拭できないため
- ・鉄筋腐食による耐力低下が懸念されるため

	塩化物イオン (塩害)
調査項目	塩化物イオン濃度分布 コアの配合分析 鋼材の腐食状況 周囲の自然環境 中性化深さ
調査方法	外観調査 鋼材の位置 塩化物イオン量 自然電位法 分極抵抗法 中性化深さ測定
判断基準	鋼材位置における塩化物イオンの量 塩化物イオンの浸入速度 鉄筋の腐食状況
補修の要点	耐力低下の程度に応じた補強 塩化物イオンの浸入抑制 脱塩処理

解答例

問1 325字
問2 275字
問3 375字

合計975字

問1 変状の原因およびその理由

1990年時点で、A区間とB区間の変状の状態が異なることの原因を推定する。

1990年までにA区間で変状が生じなかったのは、使用材料が川砂、川砂利を用いており、緻密なコンクリートを製造したためだと考えられる。これに対して、B区間は20年しか経過していないのに変状が進行した。海砂を用いて内在塩分が多いうえに、海岸沿いで外部からの塩化物イオンの浸入も多いと考ええる。さらに強度の低さから裏付けられるように中性化が進んでおり、塩分濃縮が生じ、腐食に必要な酸素と水が存在することから鉄筋の腐食が進行し、腐食膨張によりかぶりが剥離したものと考えられる。

問2 劣化の原因およびその理由

写真2に見られる再劣化の原因を推定する。

現状の梁部の補修箇所は、鉄筋の腐食膨張から剥離が進行し、既に鉄筋の減肉が進んでいるとみられる。1990年に断面修復を行って補修をしたようであるが、鉄筋の背面まで防錆せずに措置をしていることから、断面修復剤は保護効果を有していたものの、内在塩分が

鉄筋に作用し、不動態皮膜が再生されず、腐食膨張がさらに進行して再劣化したものと考えられる。また、断面修復した箇所の周辺も剥離が進んでいる点を見ると、マクロセル腐食が生じた可能性がある。

問3 必要な対策およびその選定理由

今後30年供用する場合のB区間の補修対策について提案する。

今後30年の供用を考えた場合、このまま放置するのは危険である。B区間の劣化部分に必要な対策としては、海岸からしか作業のためのアプローチができないという状況を考慮すると、短時間で足場の組みばらしが困難であり、作業車両を用いた部分的な補修を繰り返すしかないを考える。まずは鉄筋の背面まではつり出し、鉄筋の健全性を確認後に必要であれば鉄筋を補強する。さらに、既存の鉄筋は亜硝酸イオンで防食し、断面修復剤には亜硝酸イオンを含むポリマーセメントモルタルを採用する。

なお、補修が適切に行われていても再劣化のリスクがあるため、定期的な点検を行うことを計画しておくことよい。

<演習3> 2018年度 問題B-2

問題

温暖な内陸部にあるPC単純プレテンションホロー桁橋に、写真1～写真5に示す変状が認められた。この橋梁の側断面を図1に、断面図を図2に、諸元を表1にそれぞれ示す。

この橋梁の変状に関して、以下の問いに合計1000字以内で答えなさい。

[問1]

桁コンクリートの変状の原因およびその原因を推定した理由を述べなさい。

[問2]

問1を踏まえて、この橋梁を今後50年間供用するために必要な調査項目と対策について述べなさい。

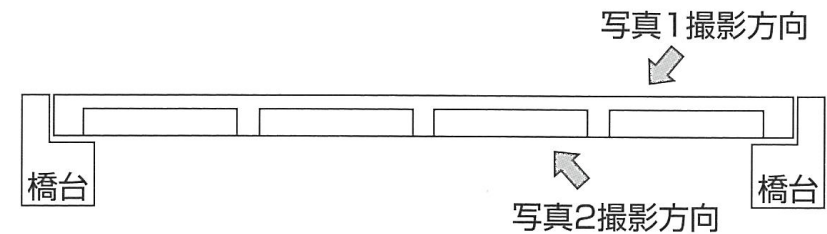


図1 橋梁の側断面

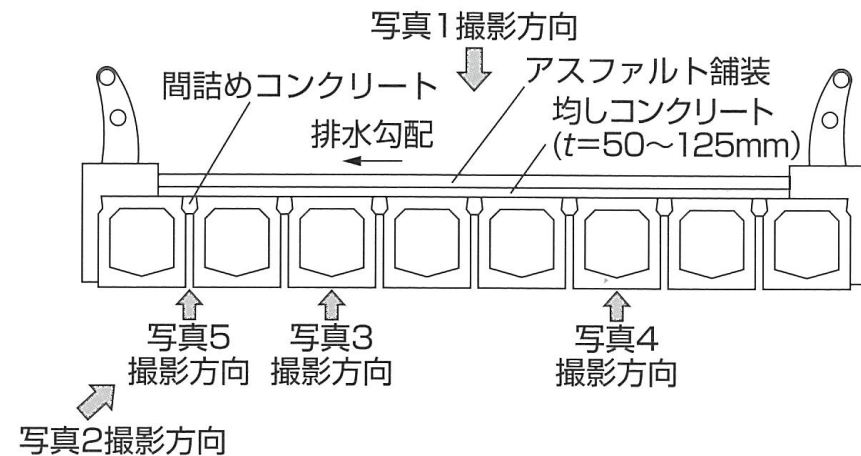


図2 橋梁の断面図

＜演習3＞ 2018年度 問題B-2

表1 橋梁の諸元

形 式		PC 単純プレテンションホロー桁橋
橋 長		18.0 m
設計活荷重		T20 (1 等橋)
プレキャストコンクリートの設計基準強度		500 kgf/cm ²
骨材の種類 (桁コンクリート)		細骨材：山砂、粗骨材：川砂利
PC 鋼材	主方向	1T12.4 mm
	横方向	1T21.8 mm
完成年		1975 年



写真1 路面のひび割れ



写真2 桁下面の状況

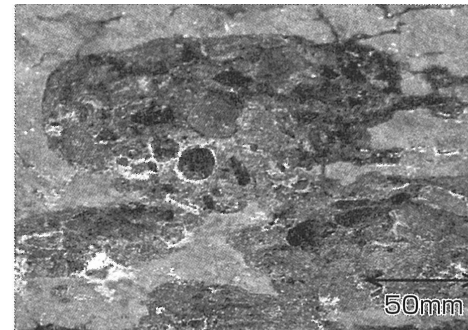


写真3 剥落箇所の状況

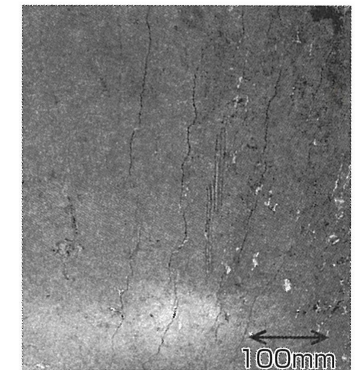


写真4 桁下面の橋軸方向のひび割れ

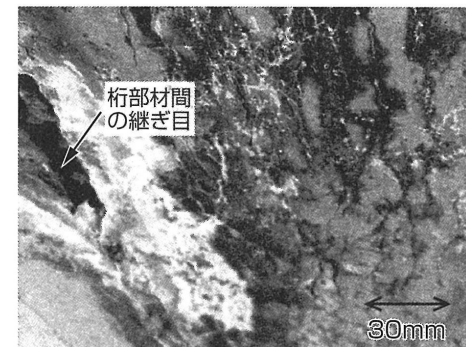


写真5 隣接桁部材との継ぎ目周辺の状況

『問題文』・『構造物の概要』・『図表』からの“気づき”

問題

① 温暖な内陸部にあるPC単純プレテンションホロー桁橋に、写真1～写真5に示す変状が認められた。この橋梁の側断面を図1に、断面図を図2に、諸元を表1にそれぞれ示す。

この橋梁の変状に関して、以下の問いに合計1000字以内で答えなさい。

構造物の概要

表1 橋梁の諸元

形 式	PC単純プレテンションホロー桁橋	
橋 長	18.0 m	
設計活荷重	T20 (1等橋)	
プレキャストコンクリートの設計基準強度	500 kgf/cm ²	
骨材の種類 (桁コンクリート)	細骨材：山砂、粗骨材：川砂利	
PC 鋼材	主方向	1T12.4 mm
	横方向	1T21.8 mm
完成年	1975 年	

● 問題文・構造物の概要からの“気づき”を抽出しましょう

- ① 温暖な内陸部 → 凍害や凍結防止剤由来の塩害はなさそう...
- ② プレテンション → エトリンガイトの遅延生成(DEF)もある..?
- ③ T20(1等橋) → 大型車交通量が多いと疲労劣化もあり得るかも...
- ④ 山砂、川砂利 → 海砂じゃないので内在塩分による塩害もなさそう...
- ⑤ 完成年1975年 → ASR抑制対策基準(1986年)前の施設か...
- ⑥ 図2 橋梁の断面図 → 橋面防水はしてないな...
排水勾配の向きから水はL側に流れることになるな...

調査結果を示した図表

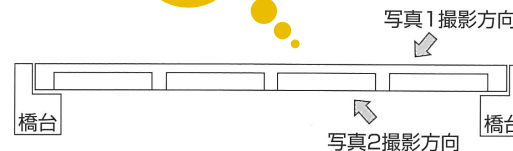


図1 橋梁の側断面

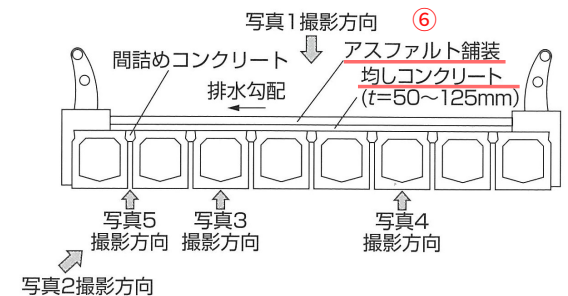


図2 橋梁の断面図

劣化した
構造物の写真

『写真』からの“気づき”

- 写真をよく観察して“気づき”を抽出しましょう

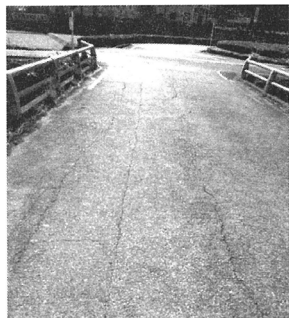


写真1 路面のひび割れ

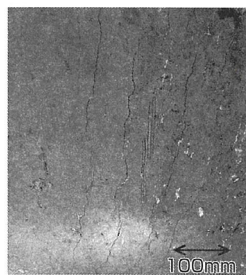


写真4 桁下面の橋軸方向のひび割れ



写真2 桁下面の状況

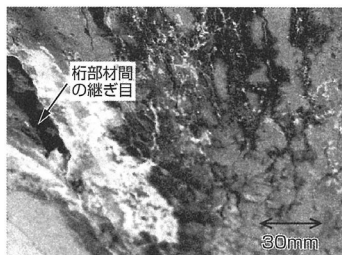


写真5 隣接桁部材との継ぎ目周辺の状況

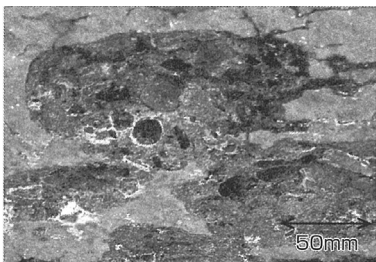


写真3 剥落箇所の状況

- ＜写真1＞ ・ 橋軸方向に等間隔でひび割れが発生してるな...
・ 排水勾配の下流側(L側)にしか入ってない...?
- ＜写真2＞ ・ なんやようわからん...
・ 桁の継ぎ目付近の黒っぽいのが異状か...?
・ 桁下面に一部剥離が生じてる...?
- ＜写真3＞ ・ 白い析出物が認められるな...エフロ? シリカゲル??
・ 粗骨材周辺に反応リム...? てことはASRか?
- ＜写真4＞ ・ 橋軸方向に卓越してるということは膨張性のひび割れか...
・ 橋軸直角方向のひび割れはなさそう...疲労はないかな...
・ この写真にも白い析出物が認められるな...
- ＜写真5＞ ・ 継ぎ目付近の変状が激しい...水が関与してるとか...?
・ ここにもひび割れと白い析出物が発生しているな...

文章構成のイメージ・キーワードの盛り込み

問1

変状の原因:130文字(残120文字)

- ・ 橋軸方向に卓越してるため、アルカリシリカ反応、鉄筋腐食、凍害劣化などに起因する膨張性のひび割れと考えられる
- ・ 架橋位置は温暖な内陸部であるため、凍害や凍結防止剤由来の塩害(鉄筋腐食)は否定できる
- ・ 橋軸直角方向のひび割れは認められないため、疲労によるひび割れとも異なる

推定理由:130文字(残120文字)

- ・ アルカリシリカゲルと考えられる白い析出物の発生が認められる
- ・ 剥離箇所の骨材周辺に反応リムが認められる
- ・ 橋面防水が施されていないため、桁上面や下面に漏水(水の供給)が発生
- ・ 漏水が多い継ぎ目付近の変状が激しい
- ・ アルカリシリカ反応抑制対策基準制定前に建設された橋梁

問2

必要な調査項目

<調査項目>

骨材の調査／強度／弾性係数／残存膨張量／アルカリ量分析

<調査方法>

コア観察・鑑定／コア試験／コア分析／超音波法

対策

<補修の要点>

- ・ 遮水対策
- ・ 補修後の膨張も考慮

	アルカリシリカ反応
調査項目	ひび割れのパターン 骨材の調査 強度、弾性係数 残存膨張量 アルカリ量分析
調査方法	外観調査 コア観察・鑑定 コア試験 コア分析 超音波法
判断基準	劣化段階 残存膨張量 構造物の機能 耐久性能
補修の要点	遮水対策 補修後の膨張も考慮

解答例

問1 475字

問2 575字

合計1050字

問1 変状の原因およびその推定理由

工場において製作されたホロータイプのプレテンション方式のPC単純桁を現場に運搬し、設置したPC桁橋で、置かれる環境が温暖な内陸部であることから、凍害や外部から浸入する塩害は考えにくい。また、変状が橋軸方向のひび割れであり、橋軸直角方向のひび割れが見られないことから、疲労による劣化は小さいものと考えられる。

橋軸方向に生じるひび割れは一般的に膨張性のひび割れであり、原因としてはアルカリシリカ反応(ASR)、鉄筋の腐食膨張、凍害などが考えられる。ただし、環境条件、使用条件、使用材料から塩害と凍害の可能性は低く、ASRの可能性が高い。このことは、写真3の剥離箇所の骨材の周辺に見られる反応リムや、写真5の継ぎ目周辺の漏水が多い箇所にひび割れが著しいことから裏付けられる。なお、この橋梁の完成年度が1975年度であり、当時はASR対策の基準がなかったこともあり、川砂利や山砂はASRの可能性が低いと考えられていた点も、ASRが見逃された背景にある。

問2 ①必要な調査項目

今後50年間この橋梁を供用するためには、損傷の原

因を特定し、今後の劣化の進行を抑制するための補修・補強の検討が必要となる。損傷の原因を特定するためには、考えられるすべての要因に対して必要な調査を行わなければならない。

可能性が高いASRに対しては、コアあるいは剥落した箇所から骨材を採取し、鉱物顕微鏡により反応性鉱物の存在を確認し、コアによる残存膨張量測定により今後の劣化の進行を予測する。ASR以外の劣化原因の可能性は低いが、中性化の程度、塩化物イオン量、さらに強度の確認を行う。また、鉄筋腐食の状況を自然電位法により把握する。

②対策

今後50年供用するための対策工法としては、まず、劣化を進めないように防水工を行う。防水によりASRであれば吸水膨張が抑制される。また、亜硝酸リチウムを浸透させると、リチウムイオンによりASRで生じたシリカゲルの吸水膨張が抑制されるため、床版上面から溶液を浸透させる。強度低下が著しい場合は下面に対して繊維補強あるいは鋼材補強を検討する。なお、50年の供用を考えるならば、定期的な点検により再劣化していないことを確認することが重要である。

模範解答の比較

供用開始から 53 年経過した中国地方山間部に位置する PC ポストテンション単純 T 桁橋（PCT 桁橋）の図面を図 1～4 に、橋梁諸元などの概要を表 1 に示す。

本橋梁には、主桁の A 部で写真 1 に示す変状が、床版下面の B 部で写真 2、図 5 に示す変状が確認された。また、一部の床版横締めメーシス内は写真 3 に示す状況であった。

以下の問いに合計 1000 字以内で答えなさい。

[問 1] 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] 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] 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。

2023 年度・問題Ⅱ

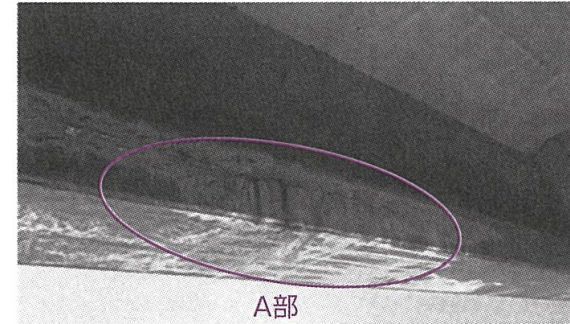


写真1 A 部の変状（外観）

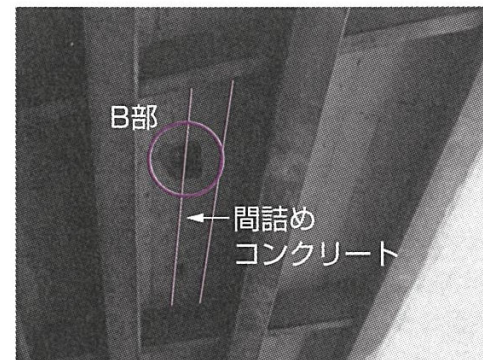


写真2 B 部の変状（外観）

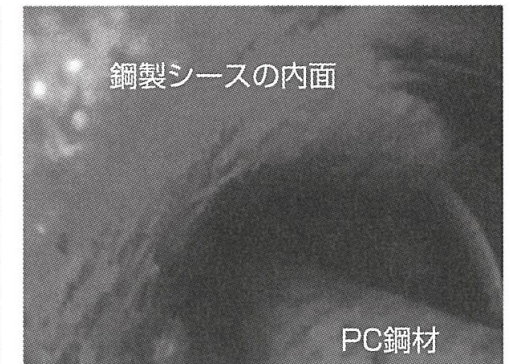


写真3 床版横締めメーシス内の状況
(PC 鋼材の断面欠損は生じていない)

模範解答の比較

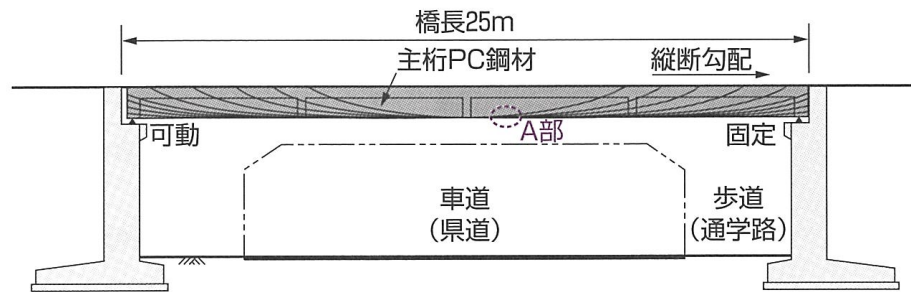


図1 橋梁側面図

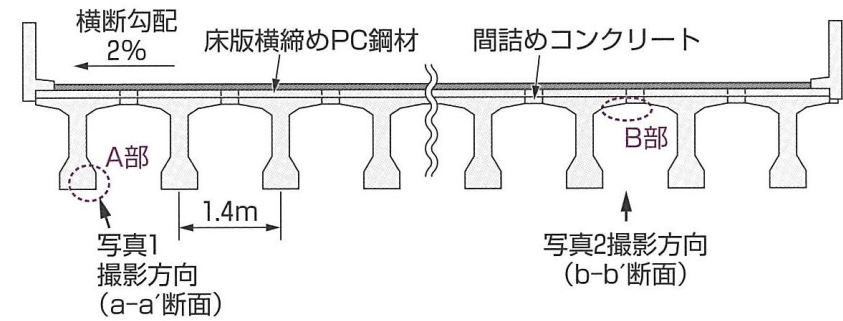


図3 橋梁（桁部）断面図

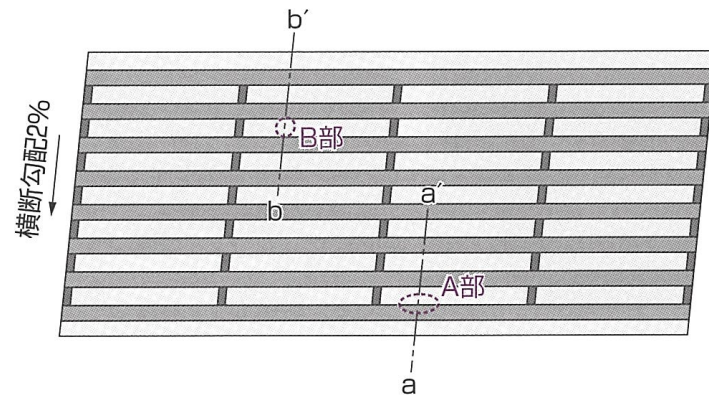


図2 橋梁（上部工）平面図

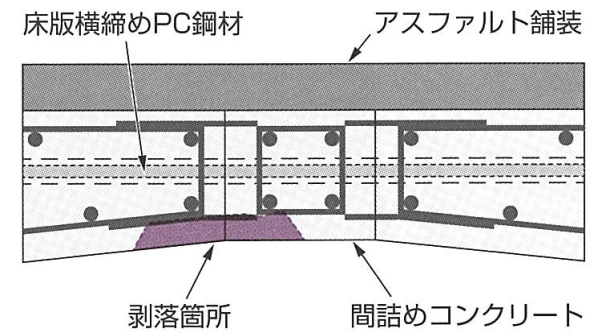


図5 B部の断面図（b-b'断面）

模範解答の比較

▼ コンクリート診断士試験 合格指南

問1

A部では鉄筋の腐食により錆汁が出ているが、PC鋼材の腐食は認められない。路面の横断勾配が2%あり、冬季に凍結防止剤を散布されていることから、A部での鉄筋腐食による変状は床版からの漏水で塩化物イオンがもたらされたために生じた塩害が原因と考えられる。

B部の変状は、間詰めコンクリート部の打ち継ぎ目からの漏水と冬季の凍結防止剤の塩化物イオンが影響した塩害が主原因となる鉄筋の腐食膨張がもたらした剥落だと推察される。なお、B部には床版の横締め用のPC鋼材が存在し、この部位でPCグラウトの充填不良が認められるものの、断面欠損は生じていない。

▼ 試験対策標準テキスト+最新過去問と詳細解説5年分

問1

A部は、主桁PC鋼材の床版定着部等から凍結防止剤を含む水が浸入してシース内を伝い、PC鋼材の腐食によりプレストレスが低減して発生した曲げひび割れと推定する。理由は、床版に防水層がなく、A部に錆汁やエフロレッセンスの惨出が、また主桁下端にはこれと直行するひび割れが認められるためである。

B部は、塩分を含んだ水が長年の車両走行により緩んだ床版と間詰めコンクリートとの継目から浸入し、鉄筋の腐食による体積膨張でかぶりコンクリートが剥落したものと推定する。理由は、床版に防水層がなく、剥落が継目部の鉄筋を起点にして発生しているためである。

模範解答の比較

▼ コンクリート診断士試験 合格指南

問2

A部の変状を回復させる対策の立案に必要な調査項目として、次の4つを提案する。

- ①PCグラウトの未充填を確認するための衝撃弾性波法による調査、
- ②床版からの凍結防止剤を含んだ水掛かりがもたらす鉄筋の腐食状況を調べるための塩化物イオン量の調査、
- ③鉄筋の腐食状況を把握するための自然電位法による調査、
- ④鉄筋の今後の腐食進行を予測するための分離抵抗法による調査。

▼ 試験対策標準テキスト+最新過去問と詳細解説5年分

問2

調査①：PC定着部からの水の浸入状況の確認を目的として、定着部近傍の舗装及び保護コンクリートを除去して定着部を露出させ、水の浸入の有無や錆の状況を目視調査する。

調査②：グラウトの充填状況とPC鋼材の腐食状況の確認を目的として、A部近傍を削孔しファイバースコープ又はCCDカメラを差し込んで目視調査する。

調査③：プレストレス力低下度合いの把握を目的として、静的載荷試験によるたわみ又は衝撃振動試験による固有振動数を測定する。

調査④：補強・補修の設計クライテリア設定と補強設計のための資料収集を目的として、現時点での交通量と設計図書を調査する。

模範解答の比較

▼ コンクリート診断士試験 合格指南

問3

この橋梁を今後50年間供用するために、主桁と床版の対策とその選定理由について、重要な順に3つ提案する。なお、今後50年という長期にわたる検討なので、ライフサイクルコストで検討することが望ましく、架け替えも想定しなければならないが、架け替えは除外とする。

まず主桁については、

- ①PC鋼材の腐食防止を目的としたグラウトの充填、
- ②剥落防止を目的とした鉄筋の防食については、既に鉄筋の腐食が認められるので、亜硝酸リチウムによる断面修復工、
- ③さらなる腐食の影響因子を防止するための路面からの防水工の3つが提案できる。

床版の対策としては、

- ①PC鋼材の防食を目的としたグラウトの充填、
 - ②剥落対策を目的とした鉄筋の断面修復による防食工、
 - ③鉄筋の腐食対策を目的とした床版の防水工
- が提案できる。

なお、架け替えを行わずに延命化策を採用するので、今後の維持管理は欠かせない。そのための点検を怠らないことも付記しておきたい。

▼ 試験対策標準テキスト+最新過去問と詳細解説5年分

問3

主桁に対して以下の対策を行う。

対策①：プレストレスの不足を補い、かつ今後50年の供用に対応するため、外ケーブル工法による追加補強を行う。

対策②：塩分を含む水の浸入を防止するため、舗装を撤去して防水を施し、排水勾配やドレンを再整備する。

対策③：超音波法でPCグラウト充填不良部を特定し、亜硝酸リチウム系防錆剤注入後、グラウトを再注入する。

床版に対して以下の対策を行う。

対策①：床版と間詰めコンクリートの継目への水の再浸入を防止するため、舗装の撤去時に継目部分を点検し、劣化した部分の撤去・再打設、隙間充填等を行う。

対策②：剥落の危険性を低減するため、間詰めコンクリート部分の目視点検及び打音検査を行い、浮きの生じている部分を撤去した上で鉄筋の錆除去・防錆処理の後、ポリマーセメントモルタル等で断面修復する。

対策③：腐食による横締めPC鋼材の断面欠損を防止するため、グラウト充填不良箇所を特定のうえ、亜硝酸リチウム系防錆剤注入後、グラウトを再注入する。

コンクリート構造物に関連する主な規格や基準の変遷

資料5 ■ 規格や基準の変遷を学ぶ

制定年	基準などの内容
1941	ポルトランドセメントと高炉セメント、シリカセメントのJIS制定
53	レディーミクストコンクリートのJIS制定
64	鉄筋コンクリート用棒鋼のJIS制定
78	レディーミクストコンクリートのJIS改正(呼び強度)
81	建築基準法施行令改正(新耐震設計法)
82	化学混和剤のJIS制定
86	塩化物総量規制
	レディーミクストコンクリートのJIS改正(アルカリシリカ反応抑制方法)
87	コンクリート用化学混和剤(全アルカリ量)規定追加
89	アルカリシリカ反応抑制対策(旧建設省通達)
92	アルカリシリカ反応性試験方法(迅速法)制定
93	レディーミクストコンクリートのJIS改正(単位水量の上限値)
95	高炉スラグ微粉末のJIS制定
2002	アルカリシリカ反応抑制対策(国土交通省による優先順位の変更)
03	レディーミクストコンクリートのJIS改正(低アルカリ形削除)

<出展>

日経BP;日経コンストラクション,2023.2,p.49

Good Luck!

Any questions?

Contact us

■ **NDS** 日本データサービス株式会社 設計診断部 内

TEL : 011-780-1116 (直通)

Mail : h-kimura@ndsinc.co.jp (担当 : 木村)

■ HP : <https://www.ndsinc.co.jp/>

