

十河塾

2014年記述式問題

解説メモ

2014年 問題B-2 (土木)

【問題 B-2】

写真1は供用開始後25年が経過した中部地方内陸部に位置するPC桁橋の主桁側面の状況である。写真1に見られるひび割れは図1に示すPC鋼材に沿って発生している。この橋の概要を表1に、平面図を図2に、断面図を図3および図4にそれぞれ示す。主桁端部(ジョイント部)で路面からの漏水が見られ、図2に示す横桁下面に写真2に示す変状が認められた。

以下の問に合計1000字以内で答えなさい。

[問 1]

写真1および写真2の変状の原因をそれぞれ推定し、その推定理由を述べなさい。また、推定結果を確認するために必要な調査項目を述べなさい。

[問 2]

問1の解答を踏まえて、この構造物を今後50年間供用するために必要な対策を立案しなさい。

2014年 問題B-2 (土木)



写真1 主桁側面の状況

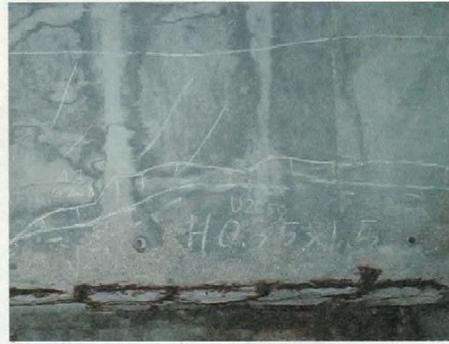
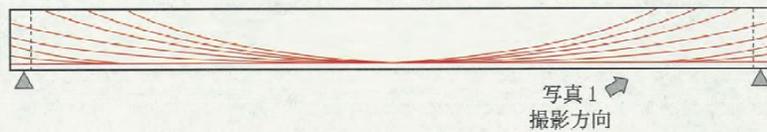


写真2 主桁端部に配置された横桁下部の状況



※図中の赤線はPC鋼材位置を示す

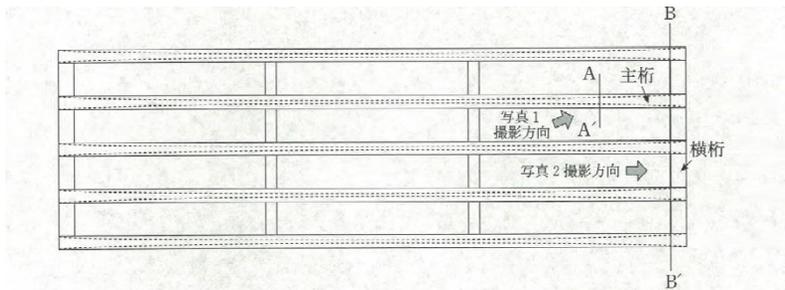
図1 PC鋼材の配置図(主桁)

2014年 問題B-2 (土木)

表1 橋梁上部工に関するデータ

橋梁概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 供用開始後 25 年が経過 ・ 中部地方内陸部に位置する ・ 形式：ポストテンション方式 PC 単純 T 桁 ・ 桁長：25 m ・ PC 鋼材：12-$\phi 7$ ・ シース：金属製シース、$\phi 45$ mm ・ グラウト材：セメント系グラウト材 ・ 橋面防水は行われていない ・ 冬季には凍結防止剤として塩化ナトリウムを散布
コンクリートの概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計基準強度：36 N/mm² ・ セメント：早強ポルトランドセメント ・ 骨材：アルカリシリカ反応性はない
かぶり	<ul style="list-style-type: none"> ・ 30～35 mm：鉄筋(主桁・横桁)

2014年 問題B-2 (土木)



※破線は主桁ウェブの断面変化を示す

図2 PC桁橋平面図

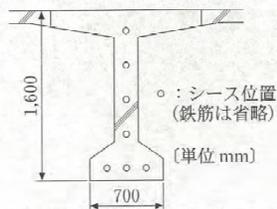


図3 A-A'断面図

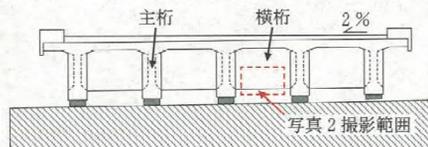


図4 B-B'断面図

2014年 問題B-2 (土木)

【キーワード】…回答作成の切り口、糸口

- ・ 供用開始後25年
- ・ 内陸部
- ・ PC箱桁（ポステンT桁）の主桁側面
- ・ PC鋼材に沿ったひび割れ発生
- ・ 凍結防止剤散布、橋面防水なし
- ・ グラウト材はセメント系、金属製シース
- ・ アルカリシリカ反応はない
- ・ 主桁端部で路面からの漏水

【設問】…聞かれたことに確実に答える

- 問1 ・ 変状の原因推定、その推定理由を述べる
- ・ 推定結果を確認するための調査項目を述べる
- 問2 ・ 今後50年供用するための対策を立案する

2014年 問題B-2 (土木)

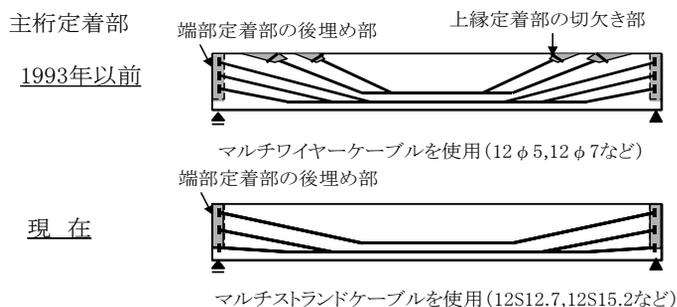
写真1の変状について

【キーワードから推察すべき項目】…解答のあらすじ

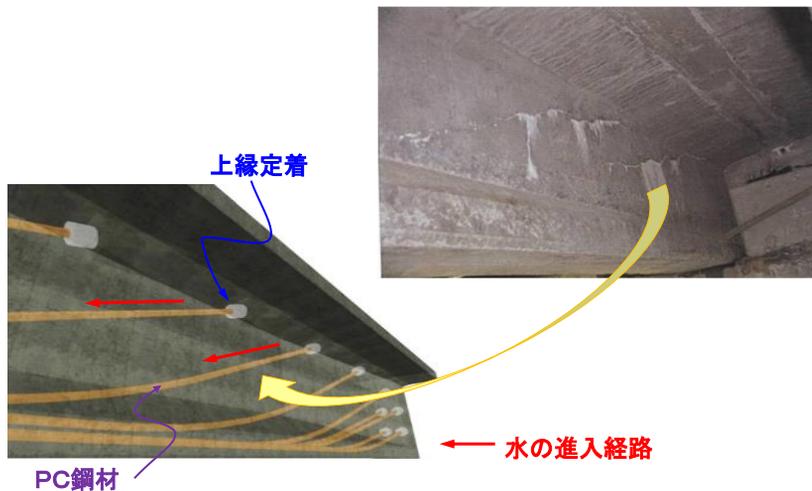
- 供用開始後25年
⇒劣化スピードが速い⇒早急な対策が必要
- PC鋼材に沿ったひび割れ発生
- 凍結防止剤散布、橋面防水なし
⇒図1より上縁定着の影響を考慮する
⇒橋面からシースとコンクリートとの間に水分侵入
⇒水分の凍結融解作用によりひび割れが発生した可能性
- さらにグラウト材はセメント系、金属製シース
⇒1999年までは低品質のグラウト材であり、グラウト充填不良が生じている可能性がある
⇒そこに塩化物イオンを含む水分が侵入
⇒PC鋼材の腐食、金属製シースの腐食の可能性

参考資料【PC鋼材の定着位置の変遷】

年代	1960	1970	1980	1990	2000	2010
基準	標準設計のない時代	●69建設省標準設計制定	●80標準設計改訂	●94標準設計改訂		
スパン27m以下	定着工法や設計法で様々	約半数が上縁定着		全て端部定着		
スパン28m以上		約半数が上縁定着	全て端部定着			



【損傷事例】上縁定着の後埋め部から浸入した水による変状



9

参考資料【PCグラウトの変遷】

昭和36年(1961)
プレストレストコンクリート設計施工指針

膨張率 0~5% を標準

昭和41年(1966)
ディビダーク工法設計施工指針(案)

フリーディング率 3% 以下
膨張率 10% 以下

平成4年: 英国「グラウトを用いるPC橋を禁止」

平成8年(1996)
コンクリート標準示方書 施工編

高性能AE減水剤などを用いたノンフリーディングタイプのPCグラウトが望ましい

平成8年: 英国「グラウトを用いるPC橋禁止令を解除」

平成14年(2002)
コンクリート標準示方書 施工編

ノンフリーディングタイプを標準
→ 現在に至る

10

2014年 問題B-2 (土木)

写真1の変状について

【変状の原因推定】

変状：PC鋼材に沿って析出物を伴うひび割れ発生

原因推定とその理由：

- ・橋面防水がないため、PC鋼材、シーズに水分が侵入
- ・シーズとコンクリートとの隙間の水分の凍結融解作用
- ・PC鋼材または金属製シーズの腐食膨張

【確認するための調査方法】

目的1：析出物の正体

⇒析出物の成分分析（遊離石灰か錆汁を含むか）

目的2：グラウト充填不良および鋼材腐食状況の確認

⇒X線透過法、CCDカメラ

2014年 問題B-2 (土木)

写真1の変状について

【50年供用するための対策】

- ・対策を立案とあるので、補修だけでなくモニタリングなども提案してよい
- ・ただし、25年で既にこれだけの変状が出ているため、本件は補修工法を提案すべき
- ・まずは**橋面防水工**、これは必須
- ・あとは調査によって明らかになった原因に応じた対策
- ・原因がシーズ周りの水分の凍結融解の場合
⇒**ひび割れ注入**により空間を塞ぐ
- ・原因がグラウト充填不良に伴う鋼材腐食の場合
⇒**PCグラウト再注入工法**によりPC鋼材を保護
⇒腐食抑制効果の高い**亜硝酸リチウム**の併用

2014年 問題B-2 (土木)

写真2の変状について

【キーワードから推察すべき項目】

- ・ 供用開始後25年
 - ⇒劣化スピードが速い⇒塩害の可能性はある
 - ⇒25年でかぶり30mmまで中性化する可能性は低い
 - ⇒ただし、中性化による塩分濃縮により塩害が助長された可能性はある
- ・ 路面からの漏水、凍結防止剤散布
 - ⇒塩化物イオンを含む水分が横桁コンクリートへ侵入
 - ⇒塩害による鉄筋腐食により浮き、剥離が発生
 - ⇒断面修復による補修をイメージ

2014年 問題B-2 (土木)

写真2の変状について

【変状の原因推定】

変状：横桁に鉄筋腐食とコンクリートの浮き、剥離
原因推定とその理由：

- ・ 伸縮継手から桁端を伝って水分が供給された
- ・ 水分には凍結防止剤由来の塩化物イオンを含む
- ・ 塩害による鉄筋腐食
- ・ 中性化による塩分濃縮

【確認するための調査方法】

目的1：鉄筋腐食の原因特定

⇒塩化物イオン含有量試験

目的2：中性化による塩分濃縮の可能性

⇒中性化深さ試験、塩化物イオンの濃度分布

2014年 問題B-2 (土木)

写真2の変状について

【50年供用するための対策】

- ・まずは橋面からの水分侵入を抑制。これは必須。
- ・**橋面防水工**に加え、伸縮装置の取替えも検討する。
- ・あとは塩害（または塩害と中性化の複合劣化）に対する**断面修復工**を提案する。
- ・浮き、剥離が生じた脆弱部を確実に除去。
- ・露出した鉄筋を確実にケレン。
- ・**ポリマーセメントモルタル**にて断面修復。
 - ⇒コンクリートとの付着性が高い
 - ⇒劣化因子の侵入阻止性がコンクリートより高い
- ・断面修復範囲以外にも塩化物イオンは進入しているはず
 - ⇒これ以上の水分侵入を防ぐために、横桁全体に**表面保護工**を適用。

2014年 問題B-1 (建築)

【問題 B-1】

鉄筋コンクリート造の校舎の改修工事において、屋根スラブ天井面に図1(写真1, 写真2)に示す変状が確認された。鉄筋が露出している箇所(写真2)周辺のかぶり厚さを測定したところ約20mmであった。また、建物概要を表1に、屋根スラブの配筋およびコンクリートの概要を表2に、屋根スラブの断面形状を図2に示す。

以下の問に合計1000字以内で答えなさい。

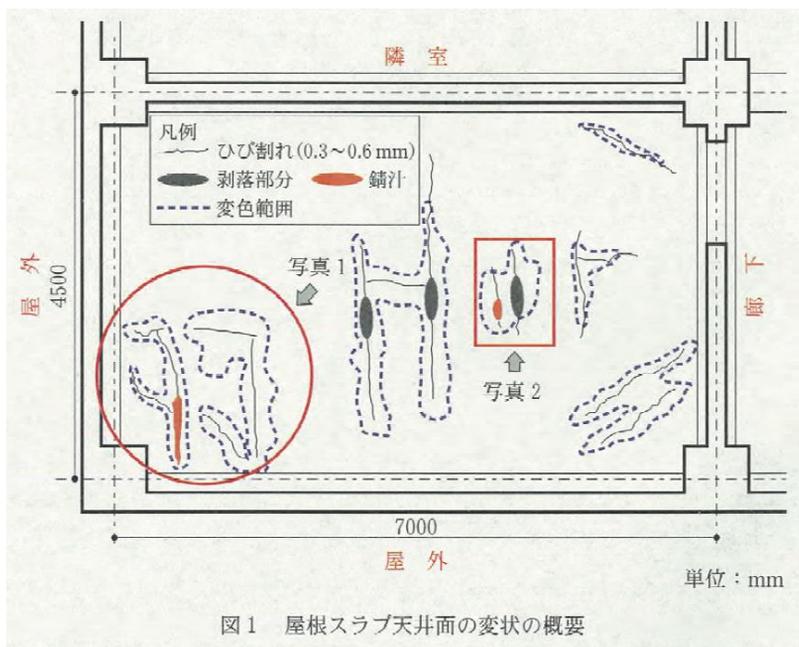
[問 1]

屋根スラブ天井面に生じた変状の原因を推定し、その推定理由を述べなさい。

[問 2]

変状に対する補修計画を立案するための調査方法を述べなさい。さらに、今後20年間使用するために必要な補修工法について提案しなさい。

2014年 問題B-1 (建築)



2014年 問題B-1 (建築)

表1 建物概要

立地	関東地方の内陸部
供用開始後の期間	40年
規模	3階建
屋根スラブのコンクリート打込み時期	8月
屋上防水の種類	アスファルト防水+シンダーコンクリート押え(供用開始後改修なし)

表2 屋根スラブの配筋およびコンクリートの概要(設計図書より)

配筋	$\phi 9 @ 200$ ダブル
設計基準強度	18 N/mm ²
スランプ	21 cm
水セメント比	64.0%
単位水量	200 kg/m ³
セメント種類	普通ポルトランドセメント
細骨材	山砂
粗骨材	硬質砂岩碎石

2014年 問題B-1 (建築)



写真1 屋根スラブ天井面の変状



写真2 屋根スラブ天井面の変状(鉄筋の露出部分)

2014年 問題B-1 (建築)

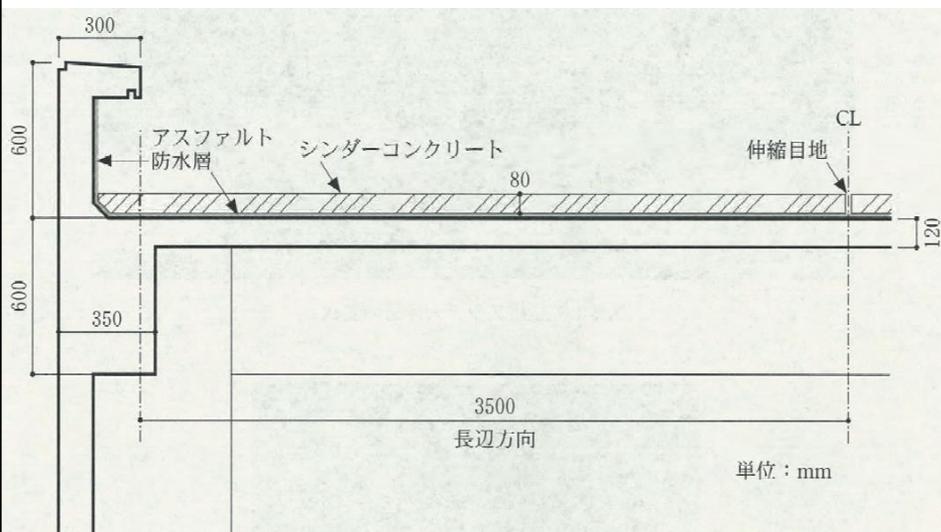


図2 屋根スラブの断面形状(設計図)

2014年 問題B-1 (建築)

【キーワード】 …回答作成の切り口、糸口

- ・ RC造の校舎、関東内陸部
- ・ 供用開始後40年経過
- ・ コンクリート打設時期8月
- ・ 屋上防水あり、ただし40年間改修なし
- ・ コンクリート強度、スランプ、W/C、単位水量
- ・ 鉄筋かぶり20mm
- ・ 屋根天井面スラブに漏水、析出物

【設問】 …聞かれたことに確実に答える

- 問1 ・ 変状の原因推定、その推定理由を述べる
問2 ・ 補修計画のための調査項目を述べる
・ 今後20年供用するための補修工法を提案

2014年 問題B-1 (建築)

【キーワードから推察すべき項目】

- ・ **コンクリート強度18N/mm²、スランプ21cm**
W/C64%、単位水量200kg/m³
⇒単位水量が大きく、強度が低いコンクリート
⇒乾燥収縮しやすく、密実性に劣る
⇒中性化が進行しやすいコンクリート
- ・ **供用開始後40年経過、かぶり20mm**
⇒中性化残りが10mmを切るまでの期間が短い
⇒既に40年経過しているため、鉄筋腐食は既に進行
- ・ **屋上防水あり、ただし40年間改修なし**
⇒屋上に溜まった雨水がコンクリートへ侵入しやすい
⇒中性化が進行したら鉄筋腐食が生じやすい
- ・ **屋根天井面スラブに漏水、析出物**
⇒四方を固定された版構造の乾燥収縮ひび割れ
⇒中性化による鉄筋腐食によりひび割れ、浮き、剥離

2014年 問題B-1 (建築)

【変状の原因推定】

変状：屋根スラブ天井面の変色、ひび割れ、錆汁、剥落
原因推定とその理由：

- ・低強度コンクリートで乾燥収縮ひび割れが生じやすい
- ・低強度コンクリートで中性化が進行しやすい
- ・屋上防水の老朽化があれば水分が侵入しやすい
- ・乾燥収縮の進行と中性化による鉄筋腐食の影響によりひび割れ、錆汁が生じている
- ・水分供給により水酸化カルシウムが炭酸カルシウムとなってエフロレッセンスとして析出
- ・鉄筋腐食の進行によりコンクリートに浮き、剥離、剥落

【確認するための調査方法】

- ・屋上防水の健全度
- ・中性化深さ、鉄筋腐食度、鉄筋断面欠損の有無
- ・スラブ部材の変位、たわみ

2014年 問題B-1 (建築)

【20年使用するための補修工法】

- ・補修計画を立案とあるので、モニタリングなどではなく補修工法を提案すべき（個人的意見）
- ・まずは**屋上防水工**、これは必須
- ・次に中性化が進行したスラブ部材の補修工法
- ・ひび割れに対して**ひび割れ注工**
- ・浮き、剥離範囲には**断面修復工**
- ・それらの工法に鉄筋腐食抑制効果のある亜硝酸リチウムを併用するのもよい
- ・鉄筋の**断面欠損**まで生じている場合、もしくはスラブ部材に過度な**変位**や**たわみ**が生じている場合には、引張補強材を追加して**耐荷性能を補うための補強**も検討
⇒連続繊維シート接着工など