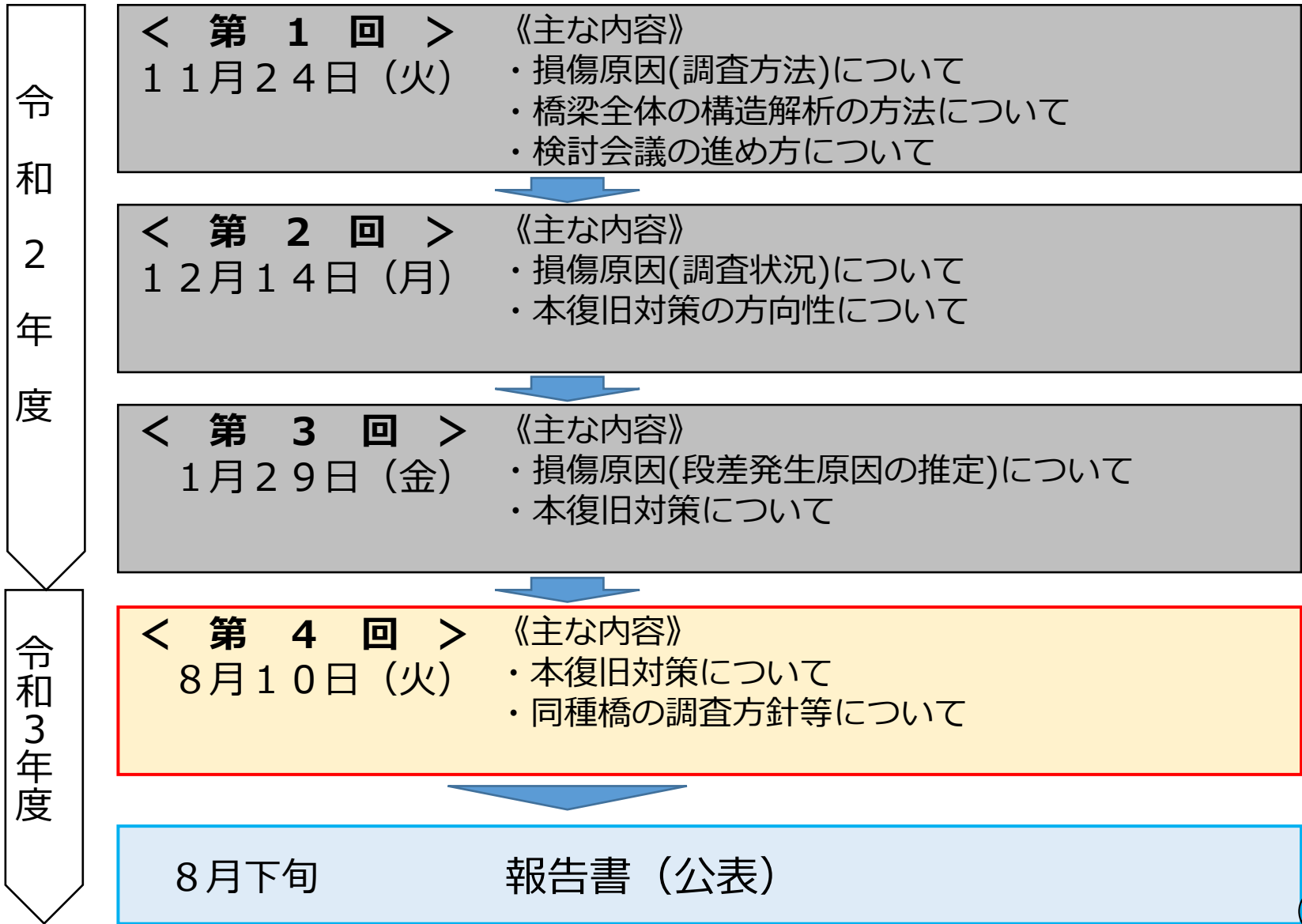


上関大橋復旧検討会議(第4回)

令和3年8月10日 (火)

上関大橋復旧検討会議

■経緯・内容



上関大橋復旧検討会議 (第4回)

1) 鉛直PC鋼棒の破断原因について

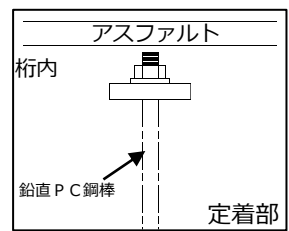
【主な調査】

○破断箇所の調査

- ・全18本のうち13本の破断を確認
 - ・残る5本は超音波探傷試験により異状を確認
 - ・桁全体が均一に浮き上がっている
- ⇒全18本が破断していると推定

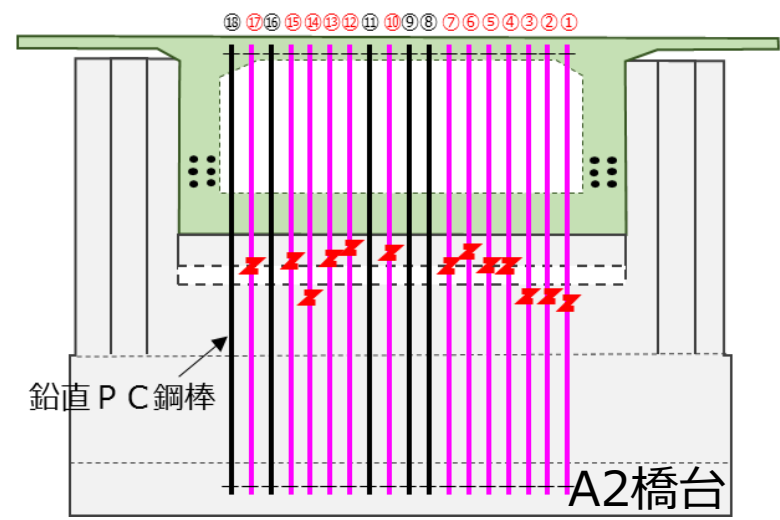
○水の浸入経路に関する調査

- ・鉛直PC鋼棒の防錆処理材が劣化・橋座部（土砂）に滞水あり
- ⇒雨水等が2つの経路で浸入したと推定
- ⇒橋座部は厳しい腐食環境

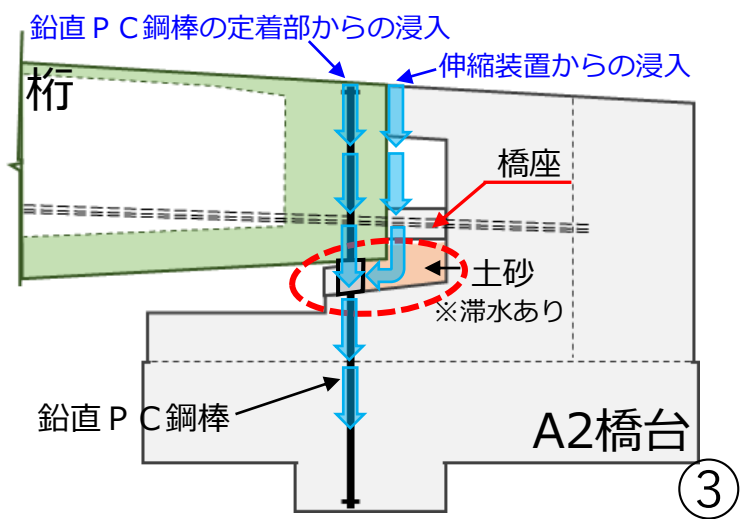


<正面図>

○赤色は目視により破断を確認した鉛直PC鋼棒(13本)



<側面図>



上関大橋復旧検討会議（第4回）

1) 鉛直PC鋼棒の破断原因について

○破断面・外観の観察

- 鋼棒全面に錆が発生していることを確認
⇒腐食による破断と推定
- 破断を確認した13本について、外縁の一点を起点に放射状の模様を確認
⇒全面的に腐食している中で、一部の減肉部（孔食と推定）を起点に、脆性破断した可能性があると推定



採取した鋼棒の状況



今回確認した破断面の観察結果

走査型電子顕微鏡（SEM）による破面観察

○室内試験

- 鋼棒の材質に関する化学成分分析等で確認
⇒鋼棒の材料品質はJIS規格を満足
⇒水素脆化の可能性は低い

化学成分分析結果（代表的な成分結果） (%)

	P (リン)	S (硫黄)	Cu (銅)
JIS規格	≤0.03	≤0.035	≤0.3
今回採取した鋼棒④	0.012	0.013	0.07

水素含有量測定試験結果は検出可能下限値を下回る数値であった

孔食：局所的に点、または孔状に深く浸食され腐食の形態

脆性破断：加わる力がある限界値に達すると、まず微小な亀裂が生じ、それが音速と同じくらいの速度で伝播して破断に至るもの

水素脆化：鋼材中に水素が吸収されることによって、鋼材が脆くなる現象

上関大橋復旧検討会議（第4回）

1) 鉛直PC鋼棒の破断原因について

破断したPC鋼棒の破断面・外観の観察、室内試験などの結果から、高い引張応力が加わった状態で、腐食環境に置かれているとき、全面的に腐食している中の孔食を起点に、急速に割れが広がるという、「応力腐食割れ」と呼ばれる現象が生じた可能性が疑われる

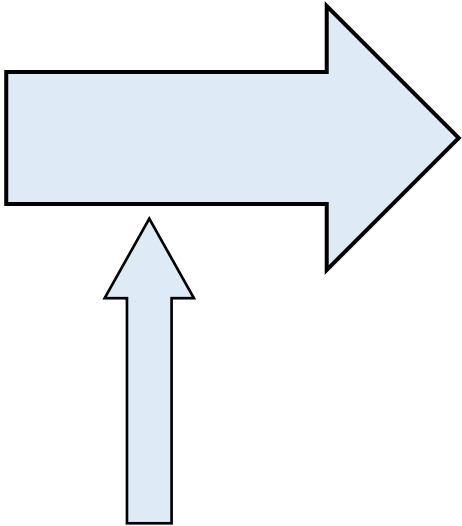
【主な要因】

【鋼棒の破断】

厳しい腐食環境下

- ・ 桁と橋台の界面（橋座部）やPC鋼棒を通じた水の浸入
- ・ 鋼棒長さ方向の腐食環境が一様でない

桁を固定し続けるために常に受ける大きな引張力



ある時点で急速に破面が広がる脆性的な破壊

※時期は鋼棒ごとに異なると推定

【その他影響を及ぼしたと考えられる要因】

- ・ 日々生じる応力の変動
- ・ 他の鋼棒の破断による負担の増加

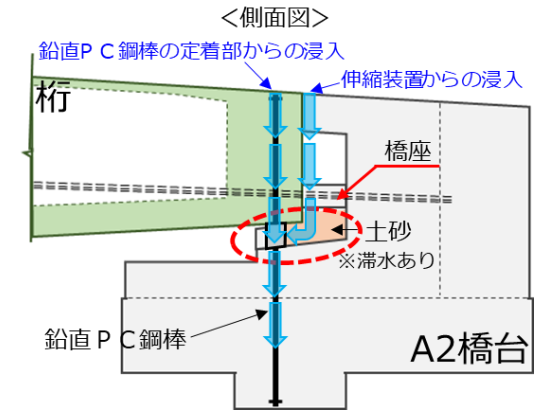
上関大橋復旧検討会議（第4回）

2) 破断に至った要因について

構造に係わる事項、点検に係わる事項として、以下の2点が考えられる

構造に係わる事項

- 構造上重要な部材となる鉛直・水平PC鋼棒の状態や水の浸入状況が直接目視できない構造であった
- 橋座部は、浸入した水の処理（排水）ができない構造であった



点検に係わる事項

- 構造上重要な部位となるPC鋼棒を目視できない構造について、長島側の損傷履歴を反映した点検方法の選定につなげられていなかった

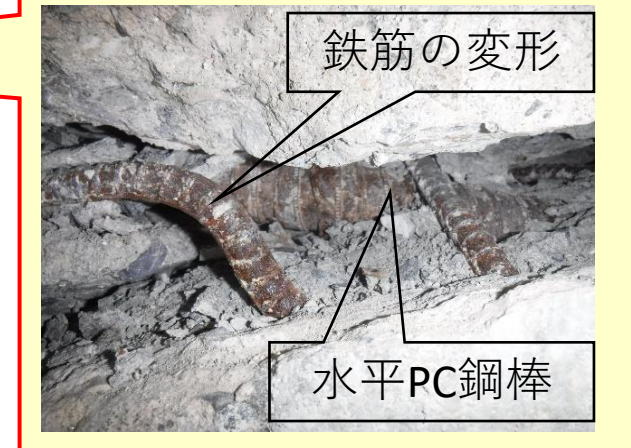
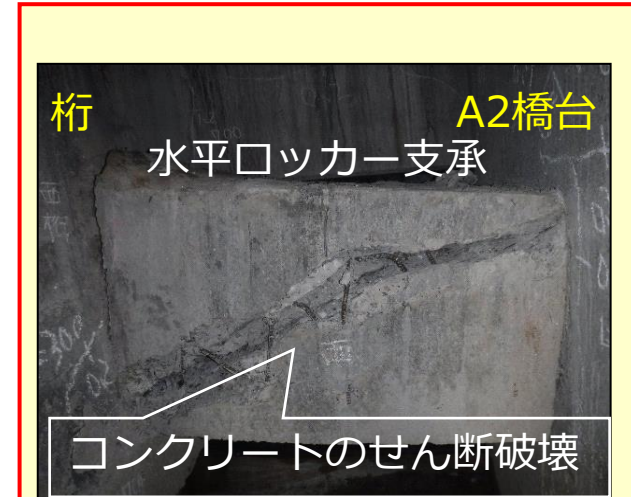
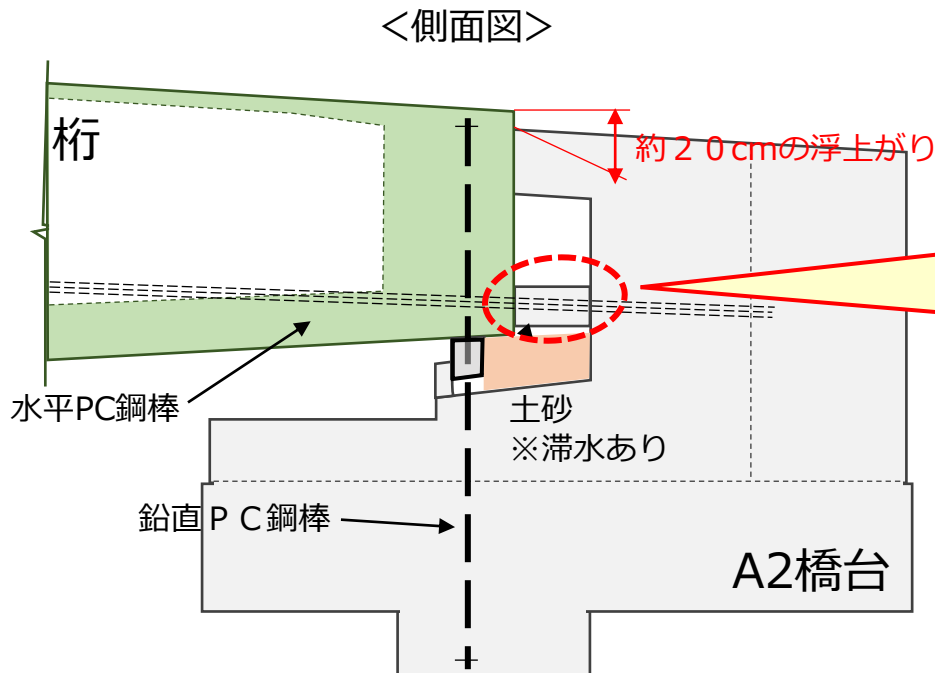
上関大橋復旧検討会議（第4回）

3) 水平ロッカー支承（水平PC鋼棒）の損傷について

【主な調査】

○水平PC鋼棒の調査

- ・水平PC鋼棒を覆うコンクリートのせん断破壊を確認
- ・コンクリート内部の鉄筋の変形を確認
⇒水平PC鋼棒に塑性変形が生じている可能性があると推定



塑性変形：外力を取り去っても残る変形

上関大橋復旧検討会議（第4回）

4) 本復旧対策について

【現状と課題】

- ・ 桁が浮き上がったことにより、A 2 橋台側の桁が A 1 橋台側の桁にモタレかかった状態では、橋全体の応力状態の推定には限界があり、応力状態の把握が困難な状況
- ・ 水平PC鋼棒が塑性変形している可能性があり、状態が把握できない

このような状態では、将来的な安全が保証されない

【復旧方針】

監視と通行規制による管理の状態から、安全性を向上させ、他の橋と同様に定期点検やパトロール等により、管理ができる状態に戻すこと

【提言】

- ・ 応力状態の不確実性を解消し、橋各部の安全性や信頼性を向上させるため、中央ヒンジ部の応力を開放するとともに可能な範囲で橋桁等の位置を是正すること
- ・ 桁位置の鉛直、水平方向の調整にあたっては、桁端部や中央ヒンジ部でできるような方法を検討すること
- ・ 応力の開放等を行ったのち、必要に応じて損傷した箇所等を補修すること
- ・ 今回の事案と同様の事態を防ぐため、新たに設置する部材については、維持管理の確実性や容易さを検討すること
- ・ 必要に応じて、モニタリング等の方法やバックアップ部材の設置を検討すること

上関大橋復旧検討会議（第4回）

5) 上関大橋及び同種橋の維持管理(調査方針等)について

今回の事案を繰り返さないよう、架橋位置や設計条件を勘案し、上下部接続部の補強対策や構造特性を踏まえた点検の実施など、様々な再発防止策を講じること

【提言】

- ・ 上下部接続部の鋼棒の腐食が進まないよう、止水・防水対策の実施を検討すること
- ・ 上部構造の落下等に対する致命的な事態を回避できるようバックアップ（フェールセーフ）構造・部材の設置を検討すること
- ・ 橋の安全性において、重要な引張材については、点検が確実にできる構造とするなど、設計段階から致命的な事態を回避するための配慮を検討すること
- ・ 架橋位置や設計条件等の特性を踏まえた適切な診断が行えるよう、橋ごとに、橋の各部の把握すべき情報や把握方法を検討し点検すること
- ・ 点検にあたっては、設計図書をはじめ、工事記録、点検結果、補修履歴等の記録を点検に携わる者で確実に共有すること

等