

謎解き 橋の維持・補修

損傷の原因をどのように推測し、対策に結び付けていくのか？

(株)松村技術士事務所
松村英樹

1

お話する内容について

- 1.道路橋定期点検の健全度判定や対策の区分について
- 2.健全度、対策区分の判定や対策を選定するには何を
するか？
- 3.道路橋に発生する損傷の種類について
- 4.いくつかの事例を紹介し、損傷原因をどのように推測し、
その後の対応をどのように考えたかを解説

2

道路橋点検要領での健全度判定の区分

(道路橋定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局)

- I : 健全 ⇒ 構造物の機能に支障が生じていない状態
- II : 予防保全段階⇒ 構造物の機能に支障が生じていないが**予防保全の観点**から措置を講ずることが望ましい状態
- III : 早期措置段階⇒ 構造物の機能に**支障が生じる可能性があり、早期に措置**を講ずべき状態
- IV : 緊急措置段階⇒ 構造物の機能に**支障が生じている**。又は生じる可能性が著しく高く、**緊急に措置**を講ずべき状態

点検結果から**部材単位**で I ～IV の健全度判定を行い、**その結果を踏まえて橋梁ごとに I ～IV の健全度判定**を行う。一般的には橋梁ごとの健全度は構造物の性能に影響を及ぼす**主要部材に着目して、最も厳しい判定区分**とする。

3

点検結果からの対策区分の判定 (適用の範囲: 直轄国道)

(橋梁定期点検要領 平成26年6月 国土交通省道路局国道・防災課)

- A : 損傷が認められないか、**損傷が軽微**で補修を行う必要がない。
- B : **状況に応じて補修**を行う必要がある。
- C1: **予防保全の観点**から、**速やかに補修等**を行う必要がある。
- C2: 橋梁構造の安全性の観点から、**速やかに補修等**を行う必要がある。
- E1: 橋梁構造の安全性の観点から、**緊急対応**の必要がある。
- E1: その他、**緊急対応**の必要がある。
- M: **維持工事**で対応する必要がある。
- S1: **詳細調査**の必要がある。
- S2: **追跡調査**の必要がある。

点検結果から部材毎、損傷の種類毎に判定を行う。

健全度の診断と対策区分の判定は、一般的には次のような対応になる。

- I : 健全 ⇒ A,B
- II : 予防保全段階⇒ C1,M
- III : 早期措置段階⇒ C2
- IV : 緊急措置段階⇒ E1,E2

4

健全度、対策区分の判定や対策を選定するには何をするか？

- 橋梁台帳を収集し、対象橋梁の諸元等を確認すること。
⇒完成年、路線名、橋長、幅員、橋梁形式、補修・補強履歴等は基本データ。
- 架橋位置の環境、地形、地質状況や交通量等を把握する。
⇒損傷原因の究明に重要なデータとなる。
- どんな損傷であっても発生原因は明確にすること。
⇒原因が除去できない対策を選択することになり、損傷の進行はくい止められない。
- 損傷が軽微でも将来重大な損傷に進展する可能性があることを認識しておくこと。
⇒過去の事例と類似していないか確認しておく必要がある。塩害環境下の事例などがあげられる。
- 損傷は複数の原因で発生する場合もあることを認識しておくこと。
⇒複数の原因を除去できる対策を選択しないと進行はくい止められない。
- 損傷には直接的な原因だけでなく、間接的な原因もあることも認識しておくこと。
⇒直接的な原因だけを除去しても損傷の進行はくい止められない。

5

- 損傷している部材だけに着目するのではなく、橋のどこの部材であるか確認しておくこと。
⇒損傷部材が上部工、下部工、基礎工のどこにあり、どのような役割をしているのか、またどのような地形・地質および環境に置かれているのか確認しておくことは、発生原因の推定や対策の選定に重要である。
- 過去の点検結果と比較し、進行推移を確認すること。
⇒損傷の進行予測や損傷原因が推測できる。
- 過去に実施された詳細調査や追跡調査があれば実施時期、調査内容・結果を確認すること。
⇒損傷原因や進行予測(劣化予測)が推測できる。
- 設計図書・施工記録を収集すること。
⇒特に設計図や施工時の写真等は損傷原因の究明や対策の選定に重要なデータとなる。
- 既往の損傷事例を収集すること
⇒類似した損傷の原因や講じられた対策、その後の損傷の推移等は損傷原因の究明や対策の選定に重要なデータとなる。

6

道路橋に発生する損傷の原因を整理してみると！

先天的なもの:計画・設計時や施工時の不具合で将来損傷に発展するもの(例)

- ①地形状況、地質状況⇒**地すべり地形**に計画した橋台位置、**洗掘**を受けやすい河川内の橋脚位置や形状、**側方流動**の可能性のある軟弱地盤の橋台基礎の杭本数や地盤改良等の配慮不足、**液状化**対策がされていない基礎工など。
- ②構造形式、構造ディテール⇒経済設計による**軽量化**、積雪地帯での**下路橋**の採用、沿岸地域での**コンクリート桁**に**開断面**の採用、鋼橋の**疲労亀裂が発生し易いディテール**の採用等
- ③道路線形や橋面の排水計画・設計⇒降雨時に雨水が**排水しづらい道路線形**、排水桁の位置や**排水管の長さ**(主桁に水がかかるとの配慮不足)など
- ④使用材料⇒**海砂**の使用、**反応性骨材**の使用、沿岸地域や融雪剤散布地域での**耐候性鋼材**の採用など
- ⑤基礎工施工時⇒**支持層の確認不足**、支持層への**根入れ不足**など
- ⑥下部工施工時⇒**過密配筋**でのコンクリートの**締固め不足**、夏季施工時の**打ち継ぎ目の不十分な処理**、冬期施工時の**不十分な養生管理**など
- ⑦上部工施工時⇒**かぶり不足**、PC桁の**上縁定着部の防水不良**や**グラウト不足**、鋼部材の**溶接欠陥**、RC床板の防水工施工時の**床板上面の水分管理不足**など

7

道路橋に発生している損傷の原因の整理してみると！

後天的なもの:供用後に損傷が発生・進展する可能性があるもの(例)

- ① **飛来塩分**の部材での付着・浸透 ⇒ 上部工のコンクリート部材の内部鋼材腐食や鋼部材(特に耐候性鋼材)の腐食・減肉など
- ② **融雪剤**の部材への付着・浸入 ⇒ コンクリート部材の内部鋼材腐食、RC床版の上面鉄筋の腐食や鋼部材(特に耐候性鋼材)の腐食・減肉など
- ③ コンクリートの**凍結融解**の繰り返し ⇒ コンクリート部材の脆弱化、RC床版上面の土砂化など
- ④ コンクリートの**中性化**によるアルカリ度の低下 ⇒ コンクリート部材の鋼材腐食、コンクリート片のはく離・はく落による第三者被害など
- ⑤ **過積載車や大型車両**の繰り返し ⇒ RC床版の疲労耐久性の低下や鋼床版の疲労亀裂など
- ⑥ 土砂や漏水による**支承機能の低下** ⇒ 鋼桁端部の変形、疲労亀裂、コンクリート桁端部のひび割れ、沓座モルタルの破損など
- ⑦ **支承の沈下や移動・回転機能の低下** ⇒ 伸縮装置の段差など
- ⑧ 伸縮装置の**伸縮機能の低下** ⇒ 支承の移動・回転機能の低下、橋台背面土砂の移動(側方移動)など
- ⑨ 鋼部材の**塗装劣化** ⇒ 鋼部材の腐食・減肉、減肉による疲労亀裂など
- ⑩ 橋面舗装の**ひび割れやポットホール** ⇒ RC床版上面の土砂化、鋼床版のデッキプレートの亀裂など
- ⑪ コンクリート部材の**表面被覆材の劣化** ⇒ 劣化因子の再侵入など
- ⑫ **河床低下** ⇒ 基礎工の安定度低下など

8

損傷原因をどのように推測し、その後の対応をどのように考えたか？

⇒いくつかの事例紹介

9

事例－1 橋面舗装の損傷が床版の損傷に関連している場合もある。

大型車交通量の多い、完成してから15年程度経過した2つの高架橋の舗装面にひび割れやポットホールが発生している。上部工形式は双方とも鋼鈑桁でRC床版である。この原因は？



A橋: 橋面舗装のひび割れ
ひび割れから水分がしみだした跡が確認できる。舗装の補修跡も確認できる。



B橋: 橋面舗装のポットホール
ポットホールの周りに舗装を打ち換えた跡が見受けられる。また、ポットホールから水分がしみだした跡が確認できる。

10

原因の推測

- ・ひび割れやポットホールの周りから水分が滲みだしていることから、RC床版上面に水分が滞水していると考えられる。
- ・橋面舗装にこのような損傷が発生するのは、RC床版が土砂化しそこに水が滞水しているからと考えられる。
- ・舗装の補修が行われているのは該当箇所が土砂化しているからと考えられる。
- ・この直下のRC床版下面の状況は以下のようにあり、ひび割れは見られるが幅は小さいが、全体的に遊離石灰が滲みだしている。
- ・既往の事例ではこのようなRC床版下面状況は床版上面が土砂化している場合に見られる。



A橋のRC床版下面状況



B橋のRC床版下面状況

11

今後の対応策

- ・橋面舗装にひび割れやポットホールがある箇所の床版上面が土砂化しているか否かを調べる。
- ・このような土砂化の原因には、融雪剤の散布による上面鉄筋の腐食や凍害やアルカリ骨材反応(ASR)によるかぶりコンクリートの脆弱化が考えられるので、床版の塩化物イオン量の測定や採取コアの観察等により原因を調べる。
- ・塩化物イオンが鋼材腐食限界濃度を超えている場合やASRが原因と考えられる場合は、土砂化が橋梁全体に進行する可能性が高く、床版更新の検討を進める必要がある。
- ・当面は土砂化している脆弱部を撤去し断面修復して防水工を設置する。
- ・凍害の場合は凍害深さが浅い場合や限定された範囲であれば、部分的に脆弱部を撤去し断面を修復で良い場合もある。

RC床版上面が土砂化している事例



12

既設RC床版の鉄筋が腐食によりひび割れ発生している状況
(床版更新工事時にRC床版を切断した時の切断面)



13

参考

輪荷重によりRC床版の疲労耐久性が低下していく過程でのひび割れの状況



コンクリートの乾燥収縮により橋軸直角方向のひび割れが入る。
つぎに大型車の繰り返しにより橋軸方向にもひび割れが入る。
さらにひび割れはブロック化して鉄筋の錆びや土砂が滲み出し、押し抜きせん断耐力が低下して抜け落ちる。

14

RC床版が抜け落ちた状況



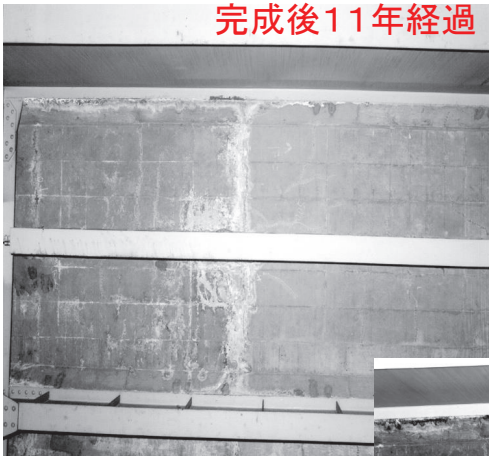
コンクリートは抜け落ちても
鉄筋は切断されていない。

鋼板の補強効果は発揮されていない。



15

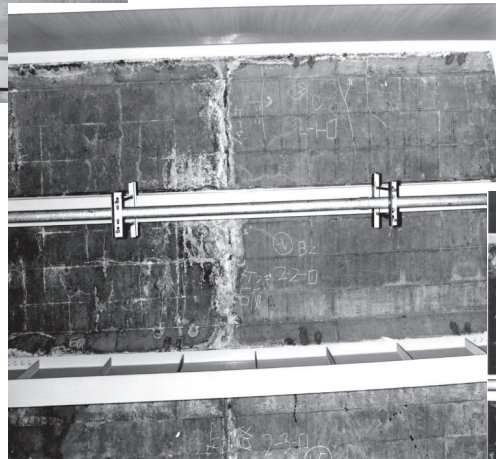
完成後11年経過



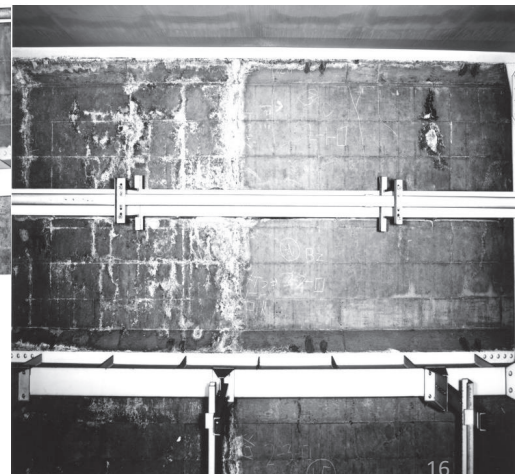
参考

RC床版の下面の損傷の変化を経時的に見ていく
ことは対策時期を判断する極めて有効なデータ
である。

完成後16年経過



完成後31年経過



1968(昭和42年)完成した鋼鈑桁のRC床版
(適用示方書:昭和39年鋼道路橋設計示方書)

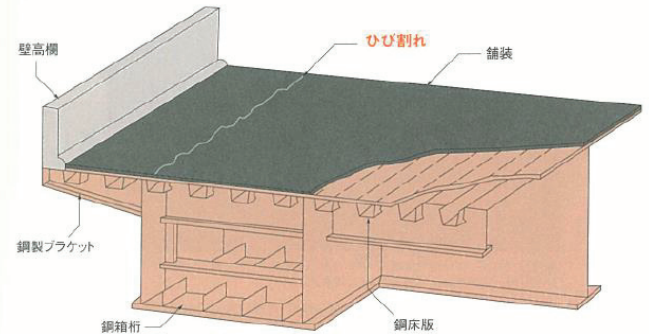
16

事例－２ 橋面舗装の損傷が橋梁本体の欠陥によるものもある。

大型車交通量の多い、完成してから10年程度経過した高架橋の舗装面に橋軸方向にひび割れが発生している。上部工形式は鋼床版箱桁である。この原因は？



● 鋼箱桁橋の舗装に生じたひび割れ



鋼床版上面の橋面舗装のひび割れ、路面上に水が滲みだしているのが確認できる。ひび割れ位置はブラケットの付け根付近である。

17

原因の推測

- ・着目するのは舗装ひび割れの発生位置で、箱桁のブラケットの付け根付近である。
- ・この位置でひび割れが発生するのは、通行車両によりブラケット鉛直方向にたわむ時であり、このとき橋面舗装には橋軸直角方向の引張力が作用してひび割れが発生すると考えられる。
- ・ブラケットが舗装にひび割れが発生するほどたわむのはブラケットの剛性が低いからと考えられる。

今後の対応策

- ・張り出し床版を支えているブラケットの剛性を上げるため、ブラケット本体の剛性上げるか、ブラケットの数を増やす必要がある。(このケースでは、ブラケットの数を増やすことにした。)
- ・ブラケットの付け根部に疲労による損傷の有無を確認し、あった場合は対策を講じる必要がある。
- ・舗装ひび割れに対してはブラケットを剛性向上や増設工事が完了した後に、ひび割れに薬液を注入し、雨水の浸入を防止する必要がある。
- ・ブラケットの増設効果を確認するため、舗装ひび割れの経過観察を行う必要である。

18

事例－3 橋梁外の損傷でも橋梁本体に原因にあることもある。

完成してから30年程度経過した道路橋の橋台背面の舗装面に発生した橋軸直角方向のひび割れがある。また、伸縮装置(可動)に遊間異常がある。この原因は？



19

原因の推測

- ・橋軸直角方向に複数のひび割れが発生している。
- ・橋台背面の裏込め土砂の沈下が原因のひとつとして考えられる。施工時の裏込め土砂の締固め不足によるものである。この場合は伸縮装置の遊間異常は生じない。
- ・もう一つの原因として側方流動が考えられる。背面土砂の沈下により土砂の下の軟弱層が流動する現象で、橋台全体が傾斜、移動する。これにより、伸縮装置の遊間異常が生じ、背面土砂の沈下により舗装にはひび割れが発生する。
- ・点検結果から伸縮装置の遊間異常とともに、桁とパラペットにも遊間異常があることが分かった。
- ・以上から側方流動により橋台全体が傾斜、移動したことが原因と考えた。

今後の対応策

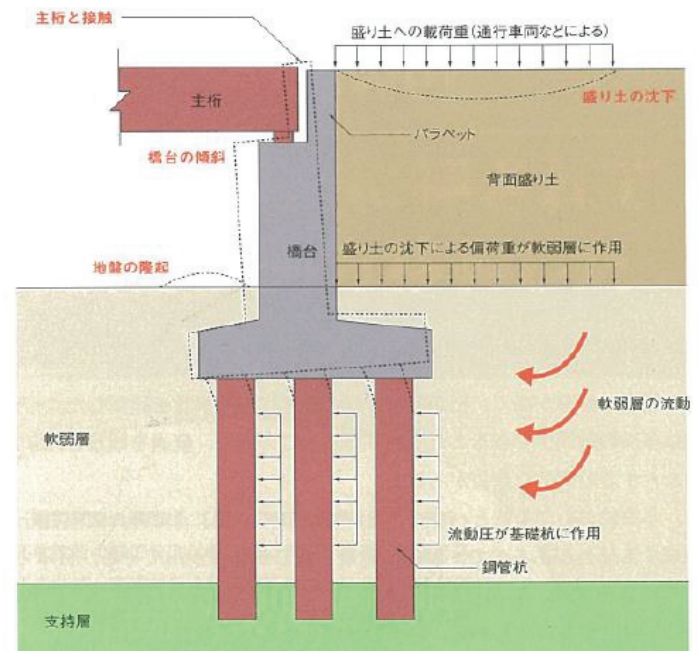
- ・側方流動により橋台全体が傾斜、移動が進展しているか否かを確認する。
- ・桁とパラペットとの遊間の温度変化の動きや支承の移動・回転機能の確認をする。
- ・側方流動による損傷の進展していないことが確認できた段階で、パラペットの打ち換え、支承や伸縮装置の交換をする。
- ・進展している段階で対策はこのような対策を講じたとしても、再損傷する。ただし、安全上懸念される箇所は対策を講じる。例えば、伸縮ができない状況の鋼桁であれば座屈等の損傷の有無を確認し、座屈の可能性がある場合は横桁の増設等の対策をする。
- ・路面に段差ができていると通行車両の安全上問題であり、緊急に舗装の部分補修が必要である。

20

側方流動により傾斜した橋台の例



● 橋台の側方移動のメカニズム



橋台の側方移動では、図のように橋台が前面に傾斜する場合や背面に傾斜するケース、橋台全体が前面に平行移動するケースがある。このような移動や傾斜は、橋台背面の盛り土高さ、橋台の高さ、軟弱層の厚さなどが複雑に関係し合って発生すると考えられる。現象としては、橋台のバックフィルと主桁の接触や伸縮装置の遊間異常以外に、橋台前面の地盤の隆起、背面盛り土の沈下などがみられることがある

事例－4 微細な損傷が重大な損傷に発展するものもある。

沿岸地域にある1980年代に完成してから10年程度経過したポストテンションT桁橋である。主桁や床版に点錆が見られている。この原因は？



原因の推測

- ・沿岸地域にあることから飛来塩分による塩害を受けやすい環境にある。
- ・点錆が見られる箇所には規則性はないと考えられる。
- ・点錆の状況から表面に近い位置にある金属スペーサーや鉄筋の結束線が飛来塩分により腐食して錆びが滲みだしているのではないかと推測される。
- ・主桁の金属スペーサーは平成14年(2002年)道路橋示方書から原則使用禁止となっているが、本橋が架設されていた時期には使われていた。
- ・前回の点検時の状況と比較し、点錆の箇所や錆汁の範囲が増えていれば、進行している判断できる。

今後の対応策

- ・表面から鋼材位置までの塩化物イオン量を調べる。
- ・鋼材位置での腐食発生限界濃度以上の塩化物イオン濃度あり、損傷がすでに発生している段階では電気化学的補修工法の対策を講じたとしても鋼材腐食の進行をくい止めることは難しく、架け替えの検討を開始する時期にきていると考える。
- ・この場合は第三者被害防止の対策を行い、補修工事は最小限に止める。
- ・通行車両の安全を確保できる最低限の補強対策を実施する。
- ・架け替えまでの期間は危機管理体制をとり、モニタリングを行い安全を確認する体制をとる。
- ・鋼材位置での腐食発生限界濃度以下の場合は電気化学的補修工法を実施。

23

参考 塩害により架け替えとなった国道7号旧暮坪陸橋の損傷の進行状況を見してみる

- ・1965年：供用開始
- ・1975年(竣工後10年)：主桁に小さな錆汁が発生
 - ・潜伏期、進展期、加速期前期までが10年
- ・1977年(竣工後12年)：錆汁、ひび割れ、はく離が発生
 - ・加速期後期まで12年
- ・1979年(竣工後14年)：錆汁、ひび割れ、はく離が拡大してはく落も発生
 - ・劣化期まで14年

2013年制定 コンクリート標準示方書【維持管理編】
塩害を受けるプレストレストコンクリート構造物における外観上のグレードと劣化の状態

劣化過程	劣化の状態
グレードⅠ 潜伏期	外観上の変状が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度以下
グレードⅡ 進展期	外観上の変状が見られない、腐食発生限界塩化物イオン濃度上、腐食が開始
グレードⅢ-1 加速期前期	PC鋼材以外の腐食に起因したひび割れや浮きが発生、さび汁が見られる
グレードⅢ-2 加速期後期	PC鋼材に沿う部分的な腐食ひび割れや浮きが発生、さび汁が見られる
グレードⅣ 劣化期	腐食ひび割れの進展に伴う剥離・剥落が見られる、PC鋼材の断面減少が見られる、曲げひび割れが発生、変位・たわみが大きい

24

・1981年(昭和56年)～1984年(昭和59年): 完成後16年～19年経過
一次補修工事の実施

- ・脆弱部の除去、断面修復(エポキシ系プレパックドコンクリート)、表面被覆(ポリブタジエン樹脂)
- ・工事中に一部のPC鋼線が破断しているのが確認された。

・1989年(平成元年): 完成後24年経過
詳細な調査を実施。

- ・PC鋼線の破断が顕著で第3スパンでは6主桁×9本=54本のPC鋼材のうち、26本のPC鋼材が破断しているのを確認。))
- ・表面から5cm(鋼材位置)の塩化物イオン含有量が7～11 kg/m³と確認

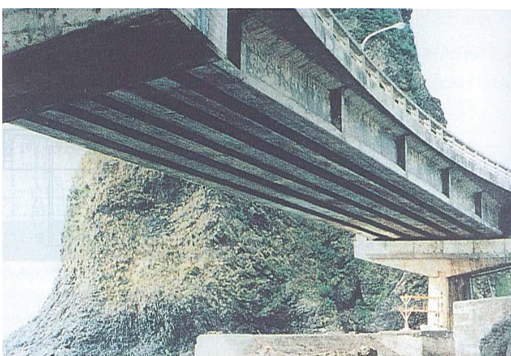
・1991年(平成3年): 完成後26年経過
交通規制の実施

- ・PC鋼線の破断が顕著で、安全が懸念されたため、車両の総重量20tの交通規制(特殊車両の通行を認めない)を実施。

旧暮坪陸橋の損傷状況(1980年: 完成後15年経過)



錆汁、ひび割れ、はく離が拡大して
はく落も発生している



旧暮坪陸橋の補修・補強履歴

- ・1991年(平成3年)～1993年(平成5年): 完成後26年～28年経過

第二次補修工事の実施

- ・表面被覆の除去、脆弱部の除去、断面修復(ポリマーセメント系プレパックドコンクリート)、表面被覆(ポリブタジエン樹脂)
- ・第3スパンを外ケーブル補強、中間支柱設置
- ・1992年(平成4年): 完成後27年経過
- ・第3スパンに対する載荷試験で補強効果を確認し、20トンの交通規制を解除。
- ・架け替えの事業化が具体的にスタート

- 1992年(平成4年)～1998年(平成10年): 完成後27年～33年経過

- ・第3スパンは耐荷力の低下が懸念されたため、主桁のたわみ、補強外ケーブルの軸力、中間支柱の反力の変化を継続的にモニタリング。

- 1998年(平成10年): 完成後33年経過

新橋完成、供用開始。

旧暮坪陸橋は33年間の供用を終える。

- 1999年(平成11年): 撤去

27

旧暮坪陸橋の損傷状況(1991年:竣工後26年経過)



主桁のPC鋼材の破断している状況

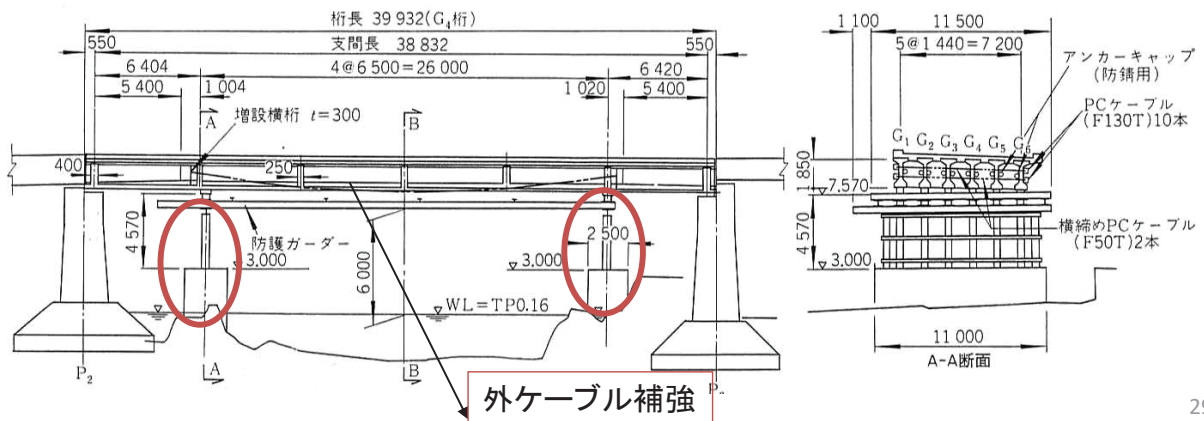


28



旧暮坪陸橋の 補修・補強状況

中間支柱



29

旧暮坪陸橋のモニタリング状況



外ケーブルのロードセルによる軸力測定



支間中央のたわみ測定



中間支柱上の支承の変位測定

30

架け替えられた暮坪橋（橋長;35.0m 幅員;13.5m）



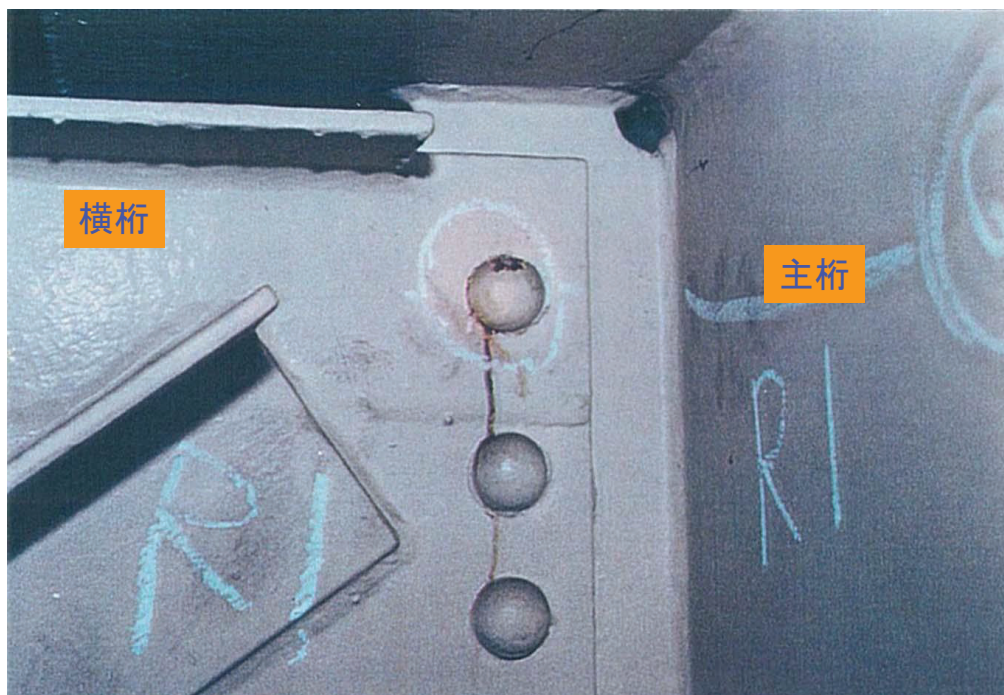
塩害対策

- ・上部工形式：単純PC箱桁
- ・ひび割れ制御：フルプレストレス
- ・かぶり：上部工5cm以上、下部工7cm以上
- ・鉄筋：エポキシ樹脂塗装鉄筋（結束線も）
- ・PC鋼材：表面被覆鋼線
- ・シーす：硬質ポリエチレンシーす
- ・水セメント比：上部工45%以下、下部工55%以下
- ・支承：ゴム支承および防食アンカー、
ポリウレタン樹脂による被覆



事例－5 鋼部材に発生している錆汁が意味することは？

1960年代に架設された鋼鈹桁の主桁と横桁との接合部のリベットから錆が流れ出ている。この原因は？

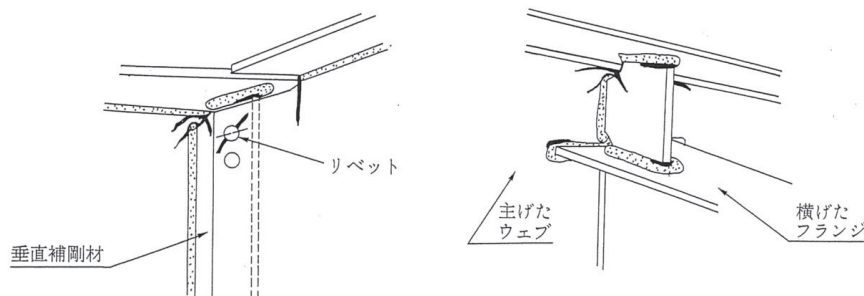


原因の推測

- ・この部分は主桁に溶接された垂直補剛材に横桁がリベットで接合されている箇所である。
- ・リベットから錆汁が流れ出ているのは、車両走行時にリベットが動き、**塗膜をはがれて錆が発生**、それが結露などにより流れていると判断できる。リベットは高力ボルトに比較して動きやすいと考えられる。

今後の対応策

- ・主桁と横桁との接合部には**疲労により溶接部に亀裂が発生し易い箇所**であり、その兆候がリベットからの錆汁の流出である。
- ・直上の**垂直補鋼材と上フランジとの溶接部塗膜割れ**の有無、塗膜割れがあれば、塗膜をはがし**磁粉探傷試験**等で亀裂の有無を調べる。表面になくても内部にある場合もあり、**超音波試験**等で調べておく。また、橋梁全体に対してもリベットの錆の状況を調べ、必要に応じて同様の調査を行う。
- ・すぐに耐力低下につながることはないが、いずれは**横方向剛性低下**につながることから補修対策を実施する。



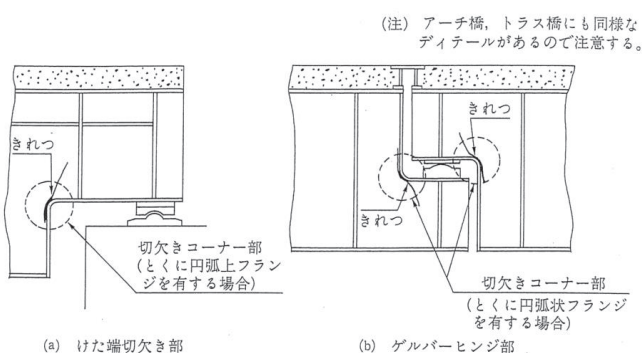
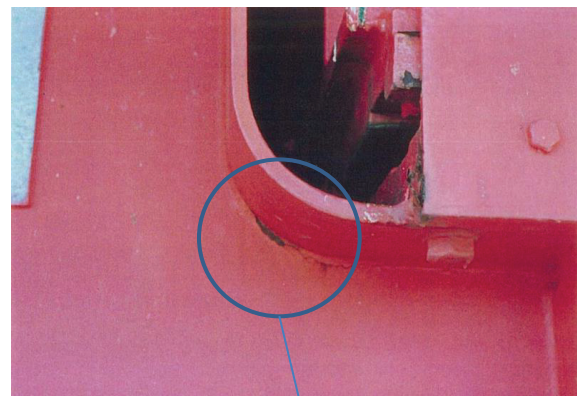
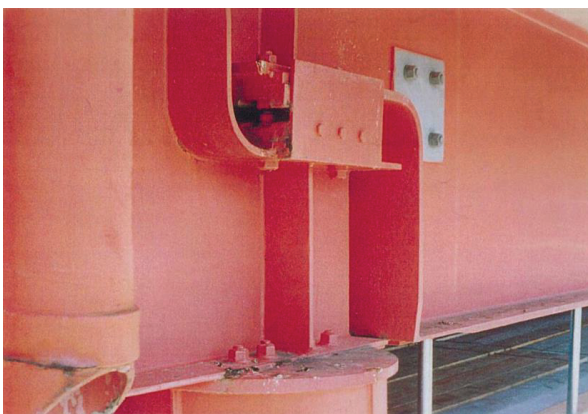
鋼橋の疲労 日本道路協会 平成9年5月

33

参考

鋼橋の疲労亀裂を見つけるには錆の発生がポイント

ゲルバーヒンジ部に発生した錆



鋼橋の疲労 日本道路協会平成9年5月

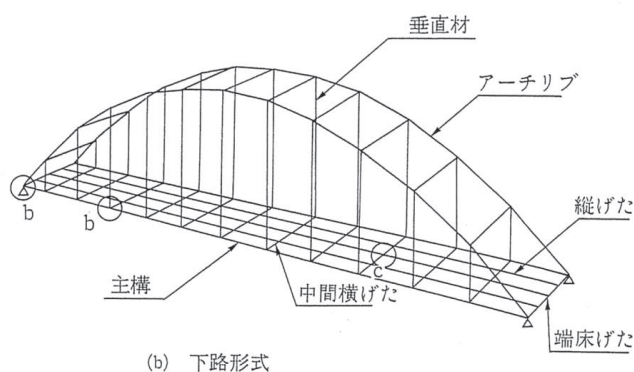
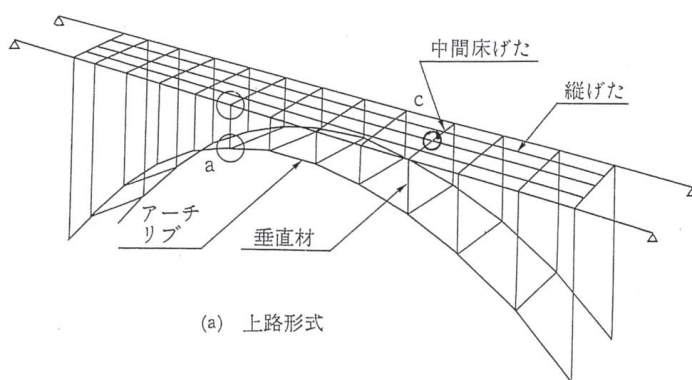
34

鋼上路アーチ橋の垂直材の上下端部に発生した錆

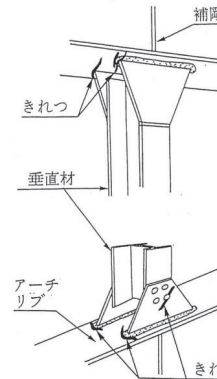


35

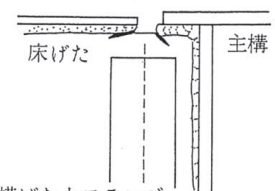
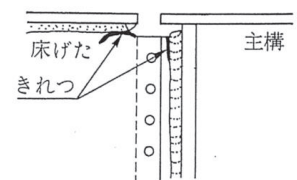
鋼アーチやトラスの亀裂の発生し易い箇所



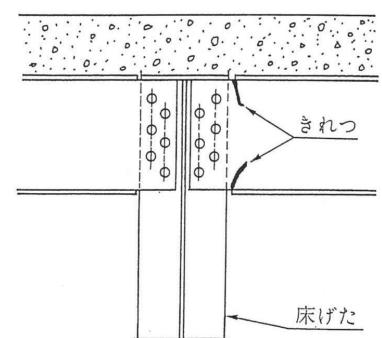
a' 垂直材上下端部



b 主構と横げたとの接合部



c 縦げたと横げたとの接合部



36

事例－6 外観上は問題ない鋼製支承に隠れている問題は？

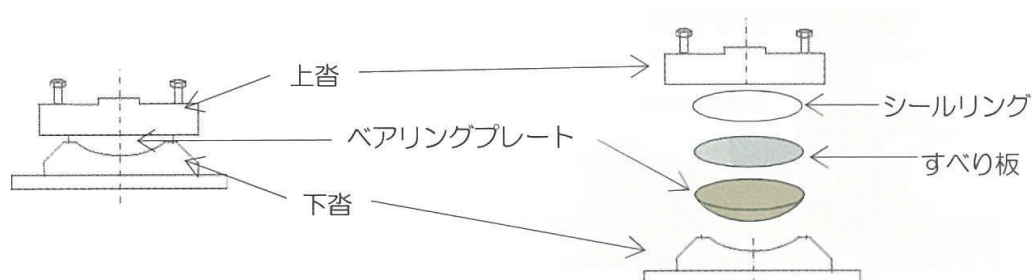
1970年代に架設された鋼鈹桁の鋼製支承(可動)のソールプレート付近の下フランジおよびウェブに錆が見られ亀裂が発生している。この原因は？



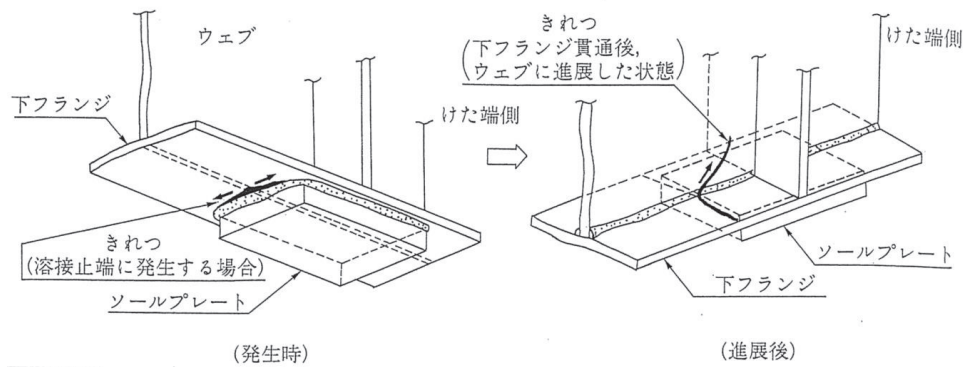
37

原因の推測

- ・支承の回転・移動機能が低下すると、回転・移動が拘束されたことにより、ソールプレート前面に拘束モーメントが働き、亀裂が発生したと考えられる。亀裂は下フランジからウェブまで進展し、亀裂面と塗装がはがれて錆が発生している。
- ・外観上は支承本体に機能を低下させるような損傷は認められていないため、使われている支承の内部に欠陥があると判断できる。
- ・使われていた支承はBP-A支承で、ベアリングプレート(高力黄銅支承板)が回転・移動をするものであるが、20年程度で機能が低下するといわれている。



38



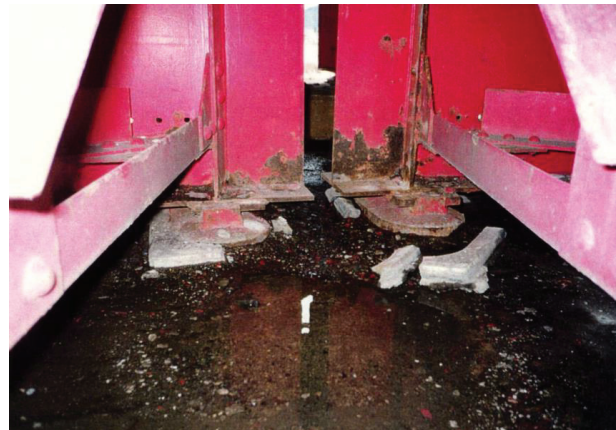
鋼橋の疲労 日本道路協会 平成9年5月

今後の対応策

- ・亀裂は下フランジからウェブにまで進展していることから、**主桁が支承から外れて橋座面に落下することが最悪予想できる**。桁端部であることから、伸縮装置に段差ができ、通行車両の安全を脅かすため、緊急に**主桁と橋座との間に材木等を入れ、支承から外れても段差ができないような措置**を講じる。
- ・支承は**ゴム支承に交換**する。その際は該当支承だけではなく、一連の桁すべて交換する必要がある。以前の支承との混在は回転・移動機能を阻害する可能性がある。

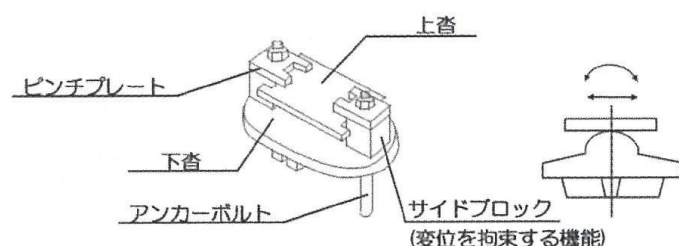
39

参考 支承の機能低下により発生した損傷



融雪剤を含んだ雨水が伸縮装置からの漏水し、線支承の回転・移動機能を低下させ、**減肉した下フランジに亀裂が発生している**。

伸縮装置からの土砂や漏水により線支承の回転・移動機能が低下し、**沓座モルタルが破損している**。

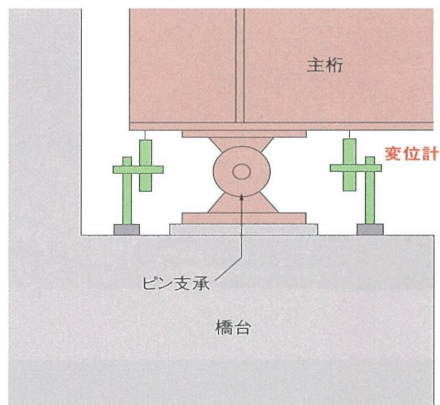


線支承

40

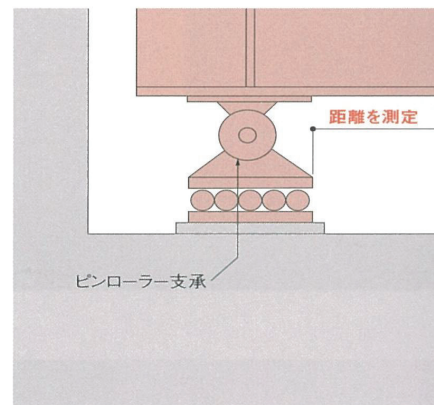
参考 支承の移動・回転機能を確認する方法

[ピン支承の回転機能]



支承前後の鉛直方向の変位を車両通過時に計測

[ピンローラー支承の移動機能]



夏と冬に支承と橋座端部の距離を計測する



線支承; 回転・移動機能が低下していると推測される。



ピン支承; 回転機能の低下が推測される。

41

事例－7 適用した設計基準に従って造られたものであっても、当時は気付かなかった不具合により損傷が発生することもある。

寒冷地にある1970年代に架設されたPCのポストテンション桁のウェブに遊離石灰(エフロレッセンス)が流出している。この原因は？



42

原因の推測

- ・ウェブに遊離石灰(エフロレッセンス)が流出していることは**コンクリート内部に水分**があると判断できる。
- ・遊離石灰(エフロレッセンス)が流出している形態をみると、内部の**PC鋼材の位置に一致**しているように思われる。設計図と対比すればハッキリすると考える。
- ・架設年を考えると、PC鋼材を上縁に定着されていたと判断できる。設計図で確認できると考えられる。
- ・水かどこから来ているのかを考えると、**水の浸入箇所は上縁の定着部分**ではないかと推測できる。この部分の止水機能が低下していても、PC鋼材のシース内にグラウトが充填されているので、このような漏水は考えられない。
- ・ただし、**グラウトの充填不足**があれば、未充填箇所に橋面から雨水が浸入するが、**シース内に滞水**するだけである。
- ・しかしながら、滞水している水が**凍結すると膨張し、シースを破損**させコンクリートにひび割れが入り、遊離石灰(エフロレッセンス)が流出すると推測できる。寒冷地にある本橋はその可能性がある。

43

今後の対応策

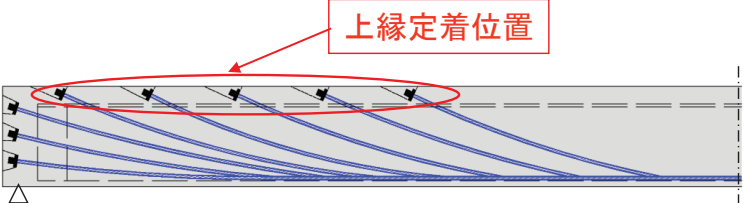
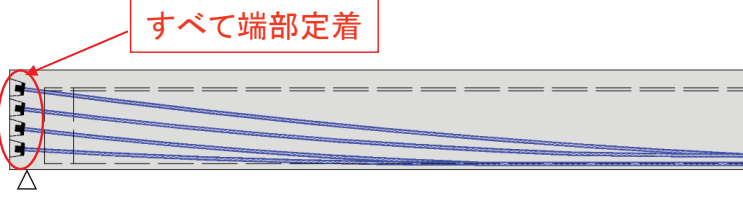
- ・遊離石灰の滲出が続いているようには見えないが、前回の点検からの滲出状況の変化を確認する。変化がない場合は経過観察していく。変化がないので対策のを実施する必要はない。
- ・**続いている場合は橋面上の防水対策**を実施する。
- ・さらに**グラウトの再充填**を行う。具体的には削孔して内部の水を抜いて再充填する。ただし、未充填箇所が残るとその位置のPC鋼材はアルカリ性の水に浸されているため、なくなるとPC鋼材が腐食する場合もある。未充填箇所がないように十分な配慮が必要である。
- ・このように補修対策には良い面もあるが、悪い面もあることを認識しておく必要がある。

下フランジからも遊離石灰が滲出している



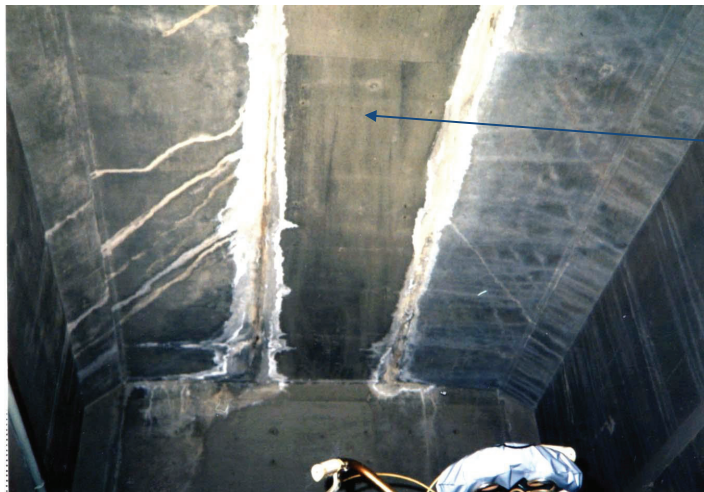
44

参考 ポステン桁の年代別のPCケーブル定着方法の推移

PCケーブル定着方法	
・1979年以前 ・1980年～1993年 (桁長27m以下) に設計のポステン桁	 PCケーブルの一部を、主桁上縁定着(床版上面)で定着している。
・1980年～1993年 (桁長28m以上) ・1994年以降 に設計のポステン桁	 主桁端部でPCケーブルを定着している。

45

参考 PC桁の間詰めコンクリートの形状の推移



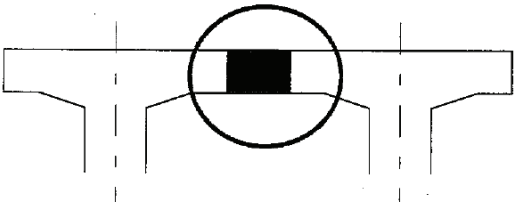
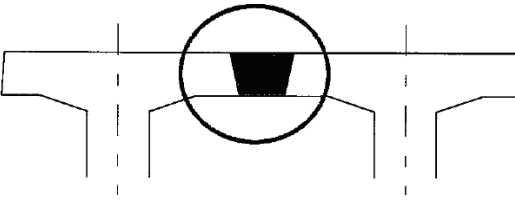
間詰めコンクリート



間詰め部と主桁との接合部からの遊離石灰(エフロレッセンス)や錆汁の流出している。間詰め部の抜け落ちが懸念される。

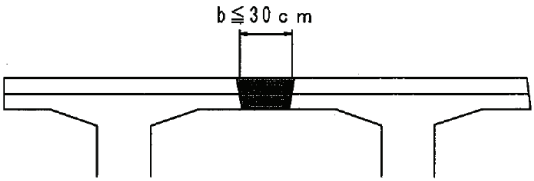
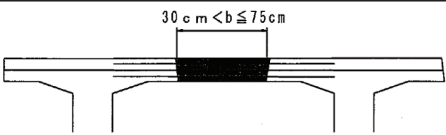
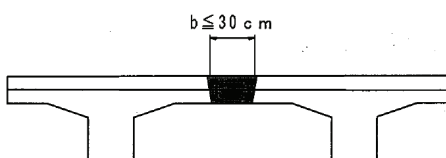
46

間詰めコンクリートの形状は設計時の年代により異なっている。

ポスト桁	プレート桁	間詰めコンクリートの形状	
1968 年以前	1970 年以前	間詰めの形状が長 方形であり、抜け落 ちしやすい形状	
1969 年以降	1971 年以降	間詰めの形状が逆 台形(クサビ形状) であり、抜け落ちし 難い形状	

47

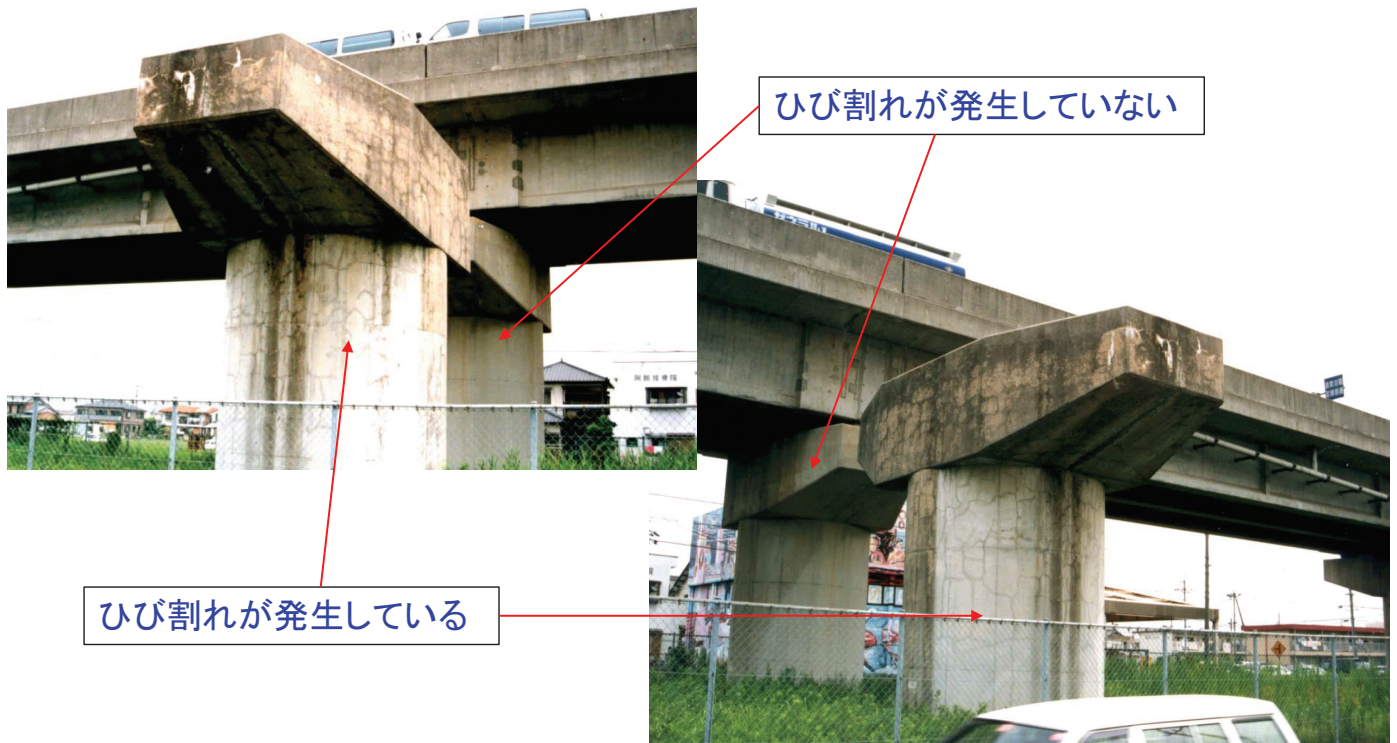
間詰め部への鉄筋定着方法は設計年代により異なっている。

	間詰め部への鉄筋定着	
プレ テン 桁	間詰め部の幅が30cm以下 、フルプレストレス状態で引 張応力が生じない。 →鉄筋は年代を問わず設 置されていない。	
ポ ス テ ン 桁	1969年以降の標準設計→ 鉄筋が設置されている。	
	間詰め部の幅が30cm以下 の場合 →現在でも鉄筋は設置され ていない。	

48

事例－8 完成後の環境の違いにより損傷の発生状況が異なる場合もある。

同時に施工されたRC橋脚にも関わらず、**極端にひび割れ発生状況が異なっている**。この原因は？



原因の推測

- ・施工記録によると施工された高架橋のRC橋脚は同一材料で同時期に完成している。
- ・上部工が架設されている側のRC橋脚にはひび割れが見られていないが、架設されていない側のRC橋脚には多くのひび割れが発生している。
- ・施工後の環境としては、**上部工が架設されている側のRC橋脚には雨は当たらない**が、架設されていない側のRC橋脚には常に雨が当たっている。
- ・ひび割れ形態からアルカリ骨材反応(ASR)によるひび割れと推測される。
- ・**ASRは水、反応性骨材、セメント中のアルカリ金属(Na、K)の三つが揃わないと進行しない**。つまり、上部工が架設されていない側のRC橋脚はこの中の水がないため、ASRの反応が起こらずひび割れが発生していないと推測される。

今後の対応策

- ・同時に施工されている他のRC橋脚も調べ、必要に応じて対策を講じる。
- ・上部工が架設されている側のRC橋脚には、**潜在的にASRが進行する状況にあり、水分の浸入を抑制する対策を講じる必要がある**。
- ・ASRのひび割れにより、コンクリートが脆弱しており、鉄筋が破断している可能性もあることから、詳細調査を行い、補修・補強で対応するものと、更新するものに仕分けする必要がある。
- ・上部工が架設される前までに、対策を講じる必要がある。

まとめ

事例－1 橋面舗装の損傷が床版の損傷に関連している場合もある。

⇒RC床版上面の土砂化

事例－2 橋面舗装の損傷が橋梁本体の欠陥によるものもある。

⇒鋼床版箱桁ブラケットの剛性不足

事例－3 橋梁外の損傷でも橋梁本体に原因にあることもある。

⇒側方流動のよる橋台の沈下・移動

事例－4 微細な損傷が重大な損傷に発展するものもある。

⇒PC橋の塩害

事例－5 鋼部材に発生している錆汁が意味することは？

⇒鋼橋の疲労亀裂

事例－6 外観上は問題ない鋼製支承に隠れている問題は？

⇒鋼製支承の回転・移動機能の低下

事例－7 適用した設計基準に従って造られたものであっても、当時は気付かなかった不具合により損傷が発生することもある。

⇒PCポステン桁のグラウト不良

事例－8 完成後の環境の違いにより損傷の発生状況が異なる場合もある。

⇒アルカリ骨材反応 (ASR) によるひび割れ

51

設立10周年記念 CAESAR講演会 2018 9.28

ご清聴ありがとうございました。

(株)松村技術士事務所
松村英樹

52