

橋梁再補修時の履歴管理の 重要性について



日本サミコン(株) 補修事業部
石澤 英俊

1. はじめに

本補修工事の橋梁は河口の水門に架かる PC 橋で、補修工事を平成 23 年度に施工した。当初発注は PC 鋼より線が数本破断しているため、外ケーブルにて上流側の PC 桁 2 本を補強する工事として発注された。工事の初期段階で外ケーブル用の定着装置設置箇所の既設コンクリート保護塗装を除去したところ、多数のクラックが橋軸方向に入っていることが判明した。クラックの発生原因の解明と補修工法の再検討を行った経緯について、工事にかかわったグループの一員として報告する。

2. 橋梁概要と損傷状況

本橋は橋長 242.7 m、7 径間の有効幅員 8 m、プレテン単純 T 桁（第 1 径間）+ ポステン単純 4 主桁（第 2～6 径間）+ プレテン単純床版桁（第 7 径間）である。設計荷重は、第 1～6 径間が TL-20（20 t）、第 7 径間は平成元年等に架替え B 活荷重対応である。しかし損傷状況を考慮し車両規制（TL-14（14 t））がかかっている。とくに損傷のひどい第 4 径間の G3 桁、G4 桁が今回の補修工事の対象となった。供用後 38 年が経過しており、本橋は塩害やアルカリ骨材反応（すでに収束済みとの記述のみで損傷程度の資料は無し）による損傷に対して、防水工、断面修復やコンクリート表面被覆などによる補修を約 6 年周期にて繰返し実施しており、直近の補修工事は平成 7 年～9 年に行っていた。平成 20 年度の定期点検の結果 G4 桁の下フランジに大きな亀裂が確認されたため詳細調査が行われた。

詳細調査による損傷状況は下記のとおりである。

1. PC 鋼より線腐食状況

G4 桁についてはシースが腐食により存在せず、PC 鋼より線がむき出しで、下流側の PC 鋼より線 2 本についてはより線の一部とスターラップ鉄筋が破断していた。G3 桁についてはシースの腐食が確認されていた。

2. 残存プレストレス量の調査

「応力解放法」によりひずみ値を測定し、残存応力を推定した結果、設計応力以上の値が確認された。よって、架設当時のプレストレスは現在でも導入されていることが確認された。

3. 塩分含有量試験

G3 桁、G4 桁の損傷箇所について塩分含有量試験（電位差滴定方法：JIS A 1154）を実施した結果、

G3 桁および G4 桁ともに塩化物イオンの含有量は表面より 65～100 mm のかぶり位置にて腐食発生限界値 1.2 kg/m³ を超える 1.56～7.973 kg/m³ が確認された。

3. 当初発注内容と変更経緯

本橋梁は維持管理上、25 t ラフタークレーンによるゲート交換が必要であるなどの利用状況を考慮し G3 桁、G4 桁を外ケーブル F270TS（緊張力 1 574 kN/本）にて補強することが主な工事内容で発注された。

足場を架設後、塩害による主桁の損傷程度を目視と打音による確認を行ない、当初設計では計画されていない断面修復工が変更で発生する旨を発注者に報告し工事の施工を開始した。外ケーブルの定着装置を桁端部に設置するために、コンクリート桁に施されていた既設保護塗装をウォータージェットにて除去したところ橋軸方向に多数のひび割れがあることが発見された（写真 - 1、図 - 1）。



写真 - 1 主桁ひび割れ状況

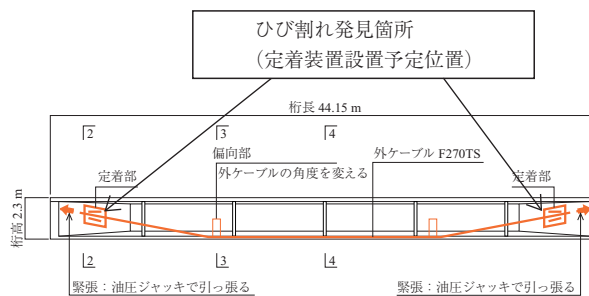


図 - 1 ひび割れ発見箇所位置図

発注者にひび割れ状況をすぐに報告し、ひび割れ原因の特定を行う試験とコンクリート躯体内部の健全性（内部欠陥の有無、ひび割れの深さなど）を確認することを目的として以下の調査を行うこととなった（過去の資料にはアルカリ骨材反応に関する損傷箇所、損傷ランクについては記述されていなかった）。

(1) ひび割れ原因特定のための試験

SEM-EDS（走査型電子顕微鏡）によるアルカリ骨材反応ゲル確認試験を実施した第 4 径間主桁から採取されたコ

○ コンクリート構造診断士レポート ○

ンクリート片に認められた析出物は、走査型電子顕微鏡による形態、エネルギー分散型X線分析による組成から、アルカリ骨材反応による反応生成物と判明した（写真 - 2）。

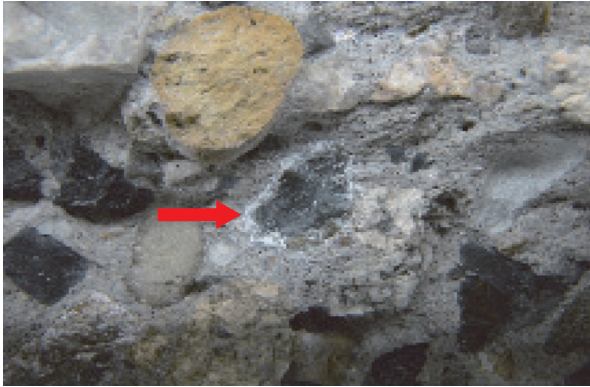


写真 - 2 骨材周辺の白色析出物

(2) 主桁内部の健全性確認調査

- ① 超音波試験（クラック深度確認）
- ② 削孔調査（コアホール内視鏡確認・コア目視確認）
- ③ コンクリート圧縮強度試験

試験の結果、ひび割れの原因はアルカリ骨材反応によるものと判定され、ひび割れは断続的に内部まで多数のひび割れが入っていることが判明した。しかし、ひび割れ発生個所の確認は桁端部（外ケーブル定着部）でしか実施されていなかったため、G4 桁中央部分においてもひび割れ調査を実施することとなった。PC 桁中央部は下縁（下フランジ）にプレストレスによる圧縮応力が作用しているため、とくに下フランジを対象に既設塗膜を除去後、目視によりコンクリート面の確認を行った。

その結果、下フランジにおいては多少のひび割れの発生を確認したが、ウェブ部分にはひび割れはほとんどない状態であった。桁端部のひび割れ量と桁中央部のウェブのひび割れ量の違いは水分の供給量の差によるものと考えられる。桁端部は伸縮装置の止水材が破損して雨水が浸入し、水分が供給され続けていたが、桁中央部は水分の供給がほとんどない状態であったからと考えられる。

(3) 主な補修・補強メニュー

- ① 現状の PC 鋼より線・鉄筋損傷状況を考慮し、G3 桁・G4 桁下フランジ部全面に対し断面修復を行う

こととした。この時に以下の点も合わせて考慮した。

- i : 腐食したスターラップ鉄筋の補強を行った。
- ii : 鉄筋防錆材は塩分含有量が $1.56 \sim 7.973 \text{ kg/m}^3$ と高いので塩分吸着剤入り（RJ1）を使用した。
- iii : 断面修復施工時に桁の応力低下を考慮し一度に桁全面をハツらずに、互い違いに、横桁間でブロック割りとして施工することとした。

② PC 桁の補強として、PC 鋼より線の破断分の補強（G4 桁）は炭素繊維シート（ 300 g/m^2 目付×4 層）にて補うこととした。下フランジ部の断面保持を目的として（アルカリ骨材反応による膨張抑制）、炭素繊維シート（ $200 \text{ g 目付/m}^2 \times 1$ 層）を巻き立てることとした。

③ 外ケーブルの緊張力の変更を行った。仮に、現状よりも劣化が進行（G4 桁の 1 本分以上の破断が進行）した場合に、上記炭素繊維シートの補強では補強量が不足することとなり、急激な落橋に至る可能性があると考え、炭素繊維シートとは補強機構の違う外ケーブルでも補強し落橋を防止することとした。緊張力は当初緊張力（ $0.6 \sigma_{pu} = 1116 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 1574 \text{ N/本}$ ）から（ $0.3 \sigma_{pu} = 558 \text{ N/mm}^2 \rightarrow 787 \text{ N/本}$ ）とした。この緊張量は G4 桁 PC 鋼より線 1.6 本分破断状態でも安全が確保できる値である。

4. おわりに

工期が 6 ヶ月以上の延伸となったが、上記変更内容にて工事を無事に完成させることができた。しかし、過去の補修内容と施工箇所の記録が管理されていれば、当初設計からアルカリ骨材反応による損傷と塩害による損傷を考慮した補修補強設計となっていたはずである。調査からやり直すようなあと戻りをすることなく工事を施工することができたと考える。

今後ますます再補修工事あるいは再々補修工事を行うことが増えてくることを考えると、補修履歴データの管理と整理が重要であると思う工事であった。

【2015 年 5 月 1 日受付】



刊行物案内

コンクリート構造診断技術 コンクリート構造診断技術講習会テキスト 2015 年 4 月

定 価 7,500 円/送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会