

PC桁に発生したひび割れの原因推定と対策 — 国道53号那岐大橋 —

極東興和(株) 広島支店技術部

正会員 ○谷 慎太郎

国土交通省中国地方整備局 鳥取河川国道事務所

堂田 忠

国土交通省中国地方整備局 浜田河川国道事務所

伊藤 法政

極東興和(株) 営業本部補修部

岡田 繁之

1. はじめに

国道53号那岐大橋は、鳥取県八頭郡智頭町に位置する建設後約40年経過した(1970年竣工)プレストレストコンクリート橋(2径間連続PC箱桁橋+4径間連続ラーメンPC箱桁橋)である(写真-1, 図-1)。2011年度の本橋の定期点検において、2径間連続桁(A1-P2)の下床版およびウェブに最大幅0.8mmのひび割れが発生していることが確認された(表-1)。この点検結果を踏まえ、本橋の補修工事は詳細設計付き工事として発注され、補修工事に先立ち、詳細調査に基づくひび割れの原因推定および実橋における載荷試験・応力頻度測定による健全度の把握を行った上で補修詳細設計を実施した。



写真-1 那岐大橋全景

本稿では、那岐大橋の主桁に発生したひび割れに関する原因推定および補修設計概要について報告する。

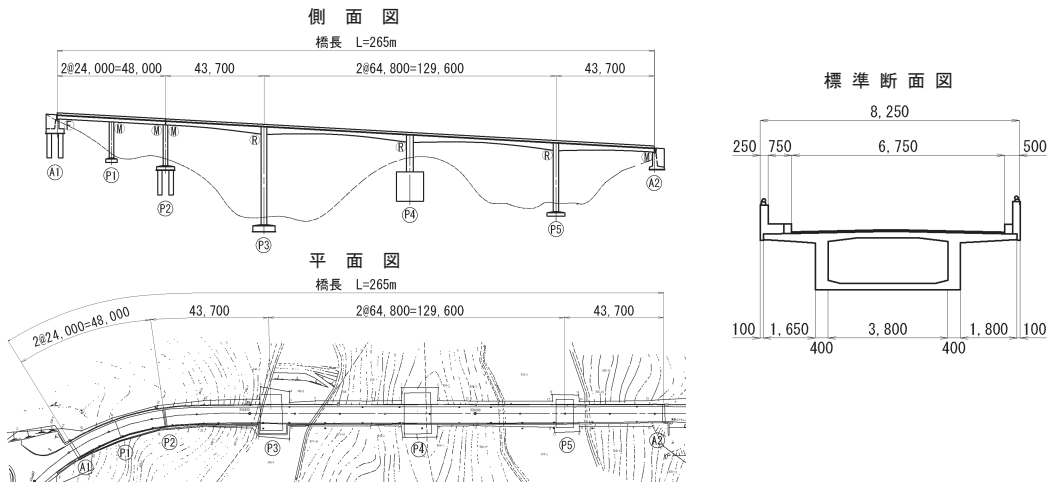


図-1 橋梁一般図

表-1 過年度点検履歴

点検時期	確認された主な変状
1992年 8月 7日	記録なし
2000年 9月 25日	記録なし
2006年 10月 27日	主桁・床版に軽微な剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰、うき等あり。支承に著しい腐食あり。
2011年 12月 12日	上記に加えて、2径間部の主桁ウェブ・下床版に最大幅0.8mmのひび割れあり。

2. 損傷概要

本工事における補修設計に先立ち、1次調査として橋梁点検車を使用した近接目視調査を実施し、主桁ウェブ・下床版へのひび割れ(A1-P2部)や桁端部における漏水、支承の腐食および伸縮装置の止

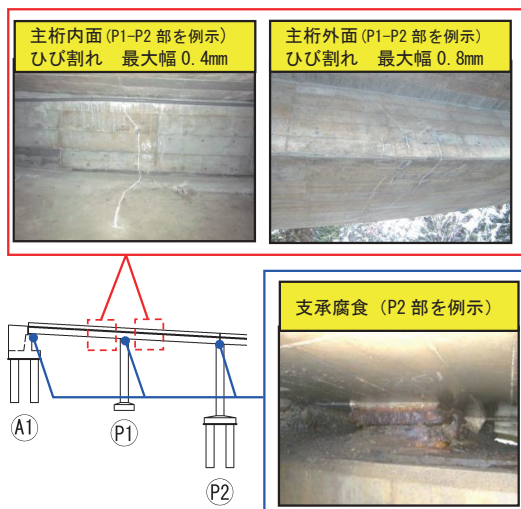


図-2 A1-P2 部の主な変状状況

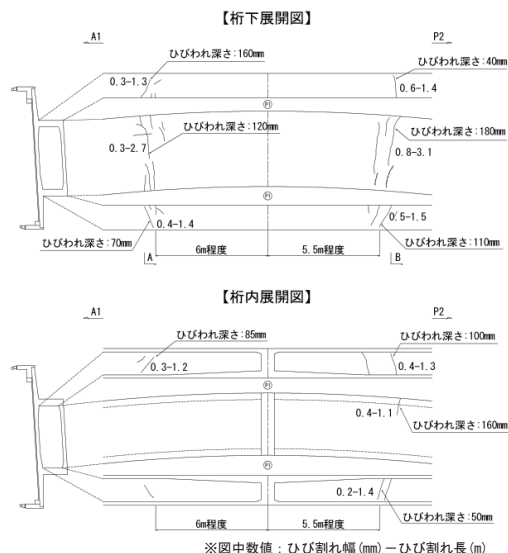


図-3 ひび割れ図 (A-P2 部)

水・排水構造の損傷などを確認した。図-2に、A1-P2部における主な変状状況を示す。

A1-P2部の主桁のひび割れは、中間支点となるP1支点から起終点両側5～6m程度の位置の主桁外面に発生しており、起点側のウェブ、終点側のウェブおよび下床版の一部では、主桁内面にもひび割れが発生していた。ひび割れ幅について、2011年の定期点検結果からの進展は無く、P1-P2径間の下床版下面で最大0.8mmを確認した。図-3にひび割れ図を示す。

4. ひび割れ原因推定

4.1 標準調査に基づく原因推定

A1-P2部の主桁に発生しているひび割れについて、橋梁台帳や過年度点検履歴およびひび割れ状況などによる標準調査に基づいた原因推定¹⁾を行い、以下の推定される原因を抽出した。

- ・設計荷重を超える長期的な荷重 (プレストレスの損失, 主桁伸縮の拘束 など)
- ・設計荷重を超える短期的な荷重 (過載荷車両の影響, 地震の影響 など)
- ・構造物の不同沈下

4.2 詳細調査に基づく原因推定

4.2.1 詳細調査項目

標準調査に基づく原因推定により抽出した要因のうち、設計荷重を超える短期的な荷重および構造物の不同沈下については、以下の観点より詳細調査対象から除外した。

(1) 過載荷車両の影響

変状が生じているのは本橋のA1-P2部のみであり、P2-A2部や同路線の近隣橋梁では同変状が確認されていないことや、車両影響はごく短期であり、プレストレスが作用している状態においては、通過後 (除荷後) にひび割れは閉塞すると考えられるため、単独で要因となる可能性は低いと判断した。

(2) 地震の影響

地震の影響により損傷が生じやすい支承本体および支承取り付け部のコンクリート部材には、外力によるものと推定される損傷が無いことや、架橋地域における大規模地震 (鳥取西部地震: 2000年) 後の定期点検 (2006年) において、ひび割れが確認されていないことより、可能性は低いと判断した。

(3) 構造物の不同沈下

P1支点のみが沈下した場合、その沈下量によっては、当該箇所にはひび割れを生じ得る断面力が作用

する。建設時の構造高さの記録が現存していないため、詳細は確認できないが、当該箇所の地盤・構造条件（I種地盤・直接基礎）や本工事期間中の9ヶ月間に渡る経過計測においてP1支点部（橋面・橋脚上端）の沈下が確認されていないことから、不同沈下が生じた可能性は低いと判断した。

以上を踏まえて、設計荷重を超える長期的な荷重として、「プレストレスの損失」および「主桁伸縮の拘束」に関する詳細調査を行った。

4.2.2 プレストレスの損失に関する調査

建設時に導入されたプレストレスが経年とともに損失する要因として、グラウトの充填不足に起因して水分・塩分などがシース内に浸入しPC鋼材が腐食・破断するケースがある。この場合、コンクリート表面に、PC鋼材配置に沿ったひび割れや水しみなどが顕在化することが過去の事例において一般的である。本橋においては、このようなコンクリート表面の変状は見られなかった。さらに詳細な確認を行うため、ウェブひび割れ近傍のPC鋼材位置で小径削孔を行い、部材内部のグラウトおよびPC鋼材の状態を目視確認した。その結果、グラウトは充填されており、グラウト除去後のPC鋼材も健全であることを確認した（写真-2）。このため、プレストレスの損失は、原因から除外できると判断した。

4.2.3 主桁伸縮の拘束に関する調査

桁端部となるA1およびP2支点の支承は著しい腐食が生じており、機能不全に至っていることが想定された。なお、建設時の支承条件としては、A1支点は固定、P1およびP2支点は可動である。支承機能の状態を把握するため、隣接するP2-A2部を含めたP2支点を対象として、外気温の変化に伴う上下部工の相対変位を10日間計測した。図-4に計測要領および結果を示す。

計測結果より、P2-A2部側では、外気温の変化にかかわらず上下部工の相対変位は生じず、支承が完全に機能不全に至っていることを確認した。一方、主桁にひび割れが生じたA1-P2部側においては、外気温の変化に伴い上下部工の相対変位が生じていた。P2-A2部側の支承が完全固定の状態となっている場合、P2-A2部側の主桁挙動は橋脚へ伝達され、その影響がA1-P2部側の相対変位に加わることが想定されることから、P2-A2部側のP2支承を固定としたモデルを用いた平面骨組解析により、A1-P2部側の相対変位量を検証した。解析モデルは、A1-P2部側のP2支承の固定度をパラメータとし「①可動モデル」と「②バネ拘束（半固定）モデル」の2ケースを用いた。図-5に解析概要および結果を示す。ここで、解析に用いた外気温の変化量は、実橋において計測した温度変化の平均値とし、相対変位量の実測値は、同平均値としている。検証の結果、バネ拘束としたモデルは、実挙動と良く一致した。このことより、A1-P2部側のP2支承は完全可動で

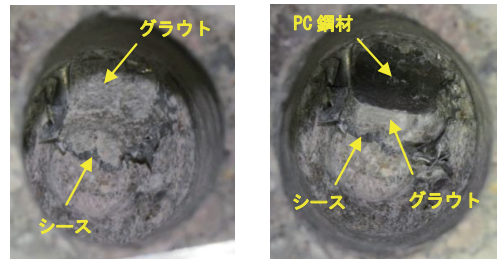


写真-2 グラウトおよびPC鋼材の状態

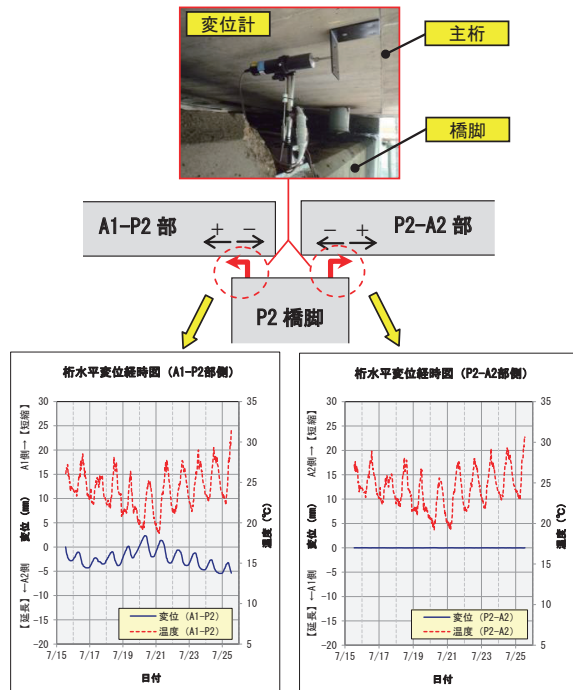


図-4 計測要領および結果

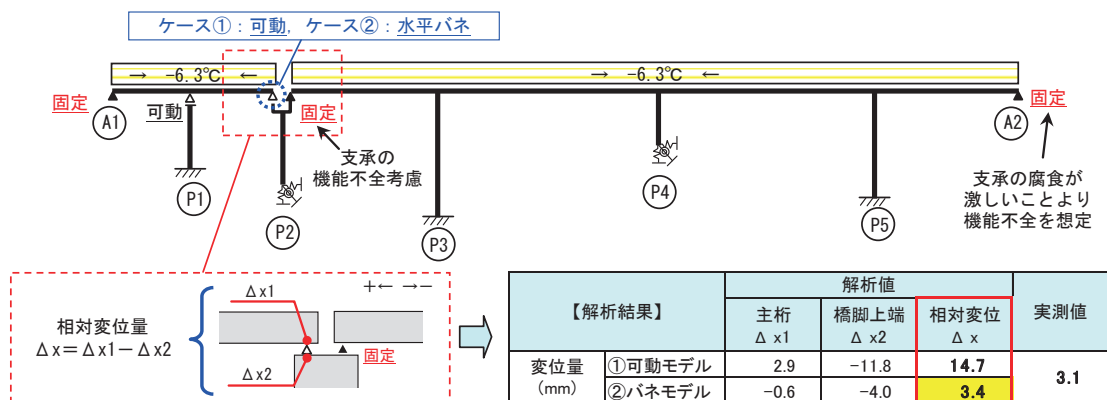


図-5 解析概要および結果

はなく、主桁伸縮を拘束している半固定状態と推定した。主桁伸縮が拘束される場合、温度下降時に主桁には軸引張力が付加される。図-6に示す復元設計結果より、ひび割れ発生位置における死荷重時の主桁下縁の圧縮応力度は0.58N/mm²と比較的小さく、図-5のバネモデル解析による温度変化量と軸引張力の相関を用いた試算の結果、ひび割れ発生位置の応力度が曲げひび割れ強度²⁾に達する温度下降量は16℃であった。これは、現地の環境条件（月平均気温の最大差23℃程度）において起こり得る範疇である。なお、曲げひび割れ強度は、実構造物から採取したコア供試体の試験によるコンクリート圧縮強度をもとに算出した。

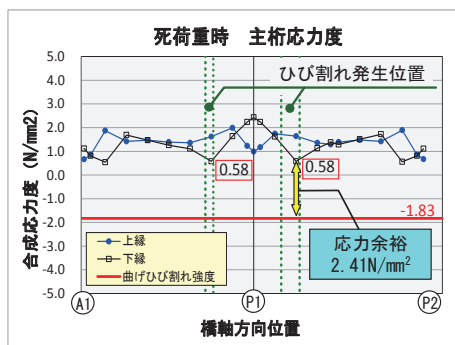


図-6 復元設計結果

以上の詳細調査結果より、A1-P2部の主桁に生じたひび割れの原因は、支承の機能不全による主桁伸縮の拘束の影響と推定した。

5. 補修設計概要

コンクリートの調査（圧縮強度、弾性係数、塩化物イオン含有量、中性化深さ）の結果、本体コンクリート自体は健全であり、本橋の延命化対策として、主桁のひび割れ補修とひび割れ原因と推定した支承の機能回復および漏水部の処置が重要と判断し、以下の補修を行うこととした。

- (1) 支承受替（支承機能回復）
- (2) ひび割れ補修および炭素繊維補強（主桁ひび割れ部の耐久性および剛性・終局耐力回復）
- (3) 伸縮装置取替え（桁端部の止水対策）
- (4) 桁端漏水部のコンクリート保護工（鉄筋腐食抑制）
- (5) 舗装打替えおよび橋面防水工（橋梁全体の止水対策）

6. おわりに

膨大な社会資本ストックの維持管理を行う上で、現状の供用状況を踏まえた社会的影響を考慮すると、構造物の更新のみならず延命化を図ることも重要と考える。本稿が、今後の橋梁補修などの一助となれば幸いである。本業務に際して、ご指導・ご助言を頂いた関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針－2013－，pp. 41-63, 2013. 4
- 2) 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書〔設計編〕，pp. 36, 2013. 3