

# ASR によりひび割れが生じた PC 撤去桁の耐荷性能

木村嘉富・和田圭仙・青柳 聖

## 1. はじめに

コンクリート橋における主な劣化損傷としては、塩害とともにアルカリシリカ反応（以下、ASR）がある。我が国における ASR の劣化は 1980 年頃から顕在化しはじめたが、ASR によるコンクリート橋の性能への影響については、コンクリートの膨張やひび割れ、それに伴う鋼材の付着切れや腐食進展が懸念されるものの、これらの影響の程度は明確となっていない。

道路橋において、特にプレストレストコンクリート（以下、PC）道路橋の損傷として、主桁下面の橋軸方向のひび割れが突出して多くあり、そのひび割れパターンから ASR も要因のひとつとして考えられる。そこで、主桁下面に橋軸方向のひび割れが生じた PC 撤去桁を活用して、桁の耐荷性能に着目した曲げ載荷試験の結果、およびひび割れ発生原因の調査結果について報告する。

## 2. 撤去橋梁概要

### 2.1 橋梁概要

撤去橋梁は、国道 8 号の富山県高岡市内(図-1)に、昭和 52 年に架橋された中川橋側道橋(写真-1, 図-2、3)である。本橋は、橋長 33.54m の 3 径間単純プレテンション方式 PC 床版橋である。国道 8 号の道路整備事業に伴い竣工後 33 年経過した平成 23 年 1 月に撤去に至った。このうち、第 1 径間から桁下面に橋軸方向のひび割れが多い G3 桁と、ひび割れの少ない G6 桁の 2 本の撤去桁を検討対象として選定した。なお、撤去に至る期間まで、本橋に関する補修履歴に関する資料は、確認できなかった。

### 2.2 損傷状況

本橋に関する損傷状況としては、平成 20 年度の橋梁定期点検調書から、各径間とも桁下面に橋軸方向のひび割れや、桁間の間詰めコンクリート下面に、橋面からの雨水等の浸入が疑われる漏水・遊離石灰の損傷が報告されている。桁下面に生じた橋軸方向

のひび割れ発生原因としては、一般的に塩害とアルカリシリカ反応の大きく二つの原因が推定された。

撤去桁の架設状況等からは、海岸から約 10km と内陸に位置すること、ひび割れに錆跡やひび割れに沿った被りコンクリートにうきや剥離が認められないこと、既往の文献<sup>2)</sup>などから、ASR により橋軸方向にひび割れが生じたものと考えられた。



図-1 橋梁位置図



写真-1 第 1 径間側面

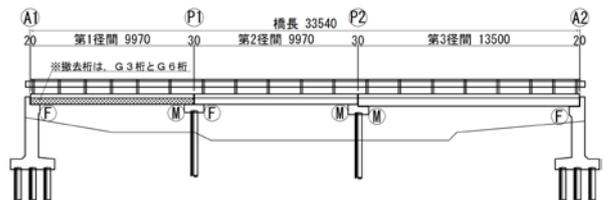


図-2 側面図

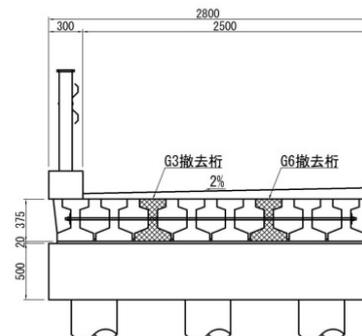


図-3 断面図

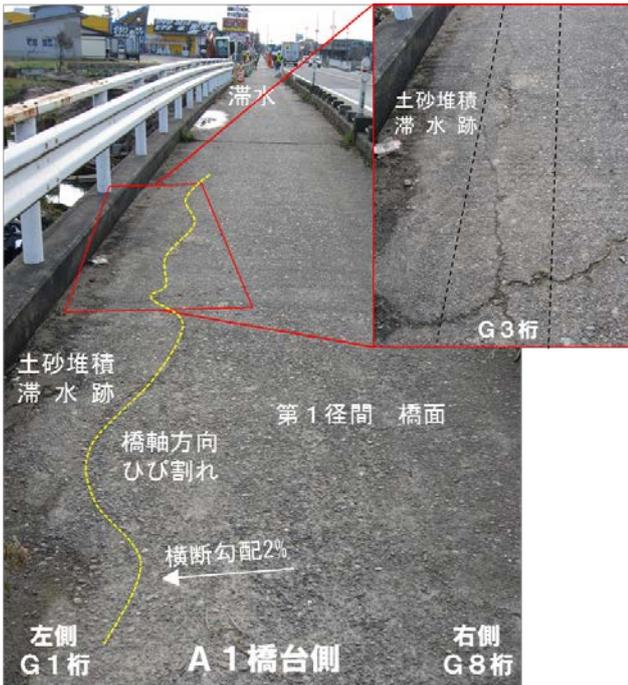


写真-2 橋面の状況 (平成 22 年 12 月)

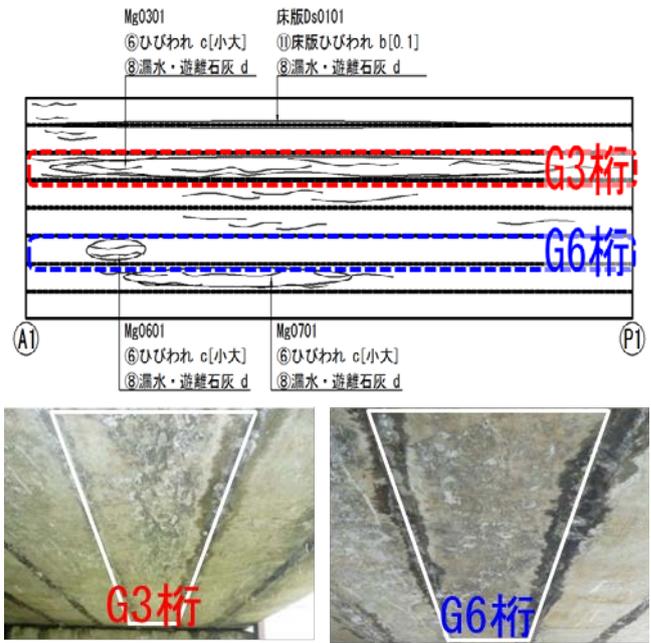


図-4 第1径間 桁下面損傷状況 (平成 20 年度 橋梁定期点検調査より)

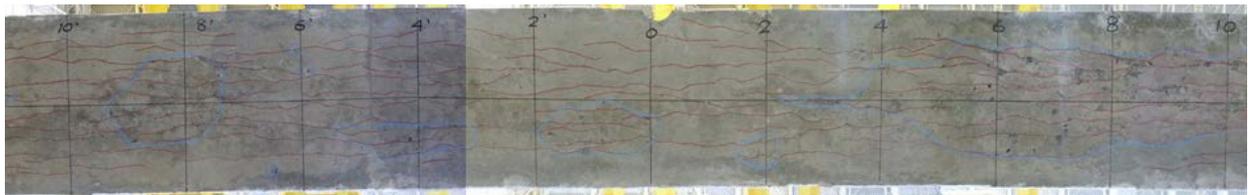


写真-3 G3桁下面中央部のひび割れ状況 (実線:ひび割れ幅 0.04mm 以上) ひび割れ密度 25.3m/m<sup>2</sup>



写真-4 G6桁下面中央部のひび割れ状況 (実線:ひび割れ幅 0.04mm 以上) ひび割れ密度 6.5m/m<sup>2</sup>

撤去直前の第1径間の橋面状況(写真-2)からは、コンクリート舗装のG3桁上面あたりで、橋軸方向のひび割れや、地覆側に滞水の痕跡が認められ、地覆側で雨水等による劣化が進展しやすい傾向が予測された。平成20年度の橋梁定期点検調査より、撤去桁が位置する第1径間の損傷状況を図-4に示す。撤去桁搬入後のひび割れ目視調査からは、主桁下面以外に主だったひび割れは確認できなかった。主桁下面中央部における橋軸方向のひび割れ状況としては、橋軸方向ひび割れが多いG3桁(ひび割れ密度25.3m/m<sup>2</sup>)を写真-3に、橋軸方向ひび割れの少ないG6桁(ひび割れ密度6.5m/m<sup>2</sup>)を写真-4に示す。それぞれのひび割れ密度から、G3桁はG6桁に比べて約4倍のひび割れが発生している状況であった。

### 3. 曲げ載荷試験

撤去桁の設計仕様は、竣工図面から「JIS A5319-1963」<sup>3)</sup>における桁の呼び名LS210(図-5)と考えられた。今回、主桁下面で橋軸方向に生じたひび割れ性状の違いによる耐荷性能に着目した曲げ載荷試験(図-6)を行った。

載荷試験の結果として、ひび割れの多いG3桁とひび割れの少ないG6桁それぞれの荷重と変位曲線を図-7に示す。図-7より、G3桁およびG6桁のひび割れ発生荷重および曲げ破壊荷重に大きな違いは認められなかった。また、JIS A5319-1963における設計上のひび割れ発生荷重(42kN)および曲げ破壊荷重(80kN)に対して、それぞれ2割程度大きい結果となった。

以上より、G3桁およびG6桁に生じた橋軸方向

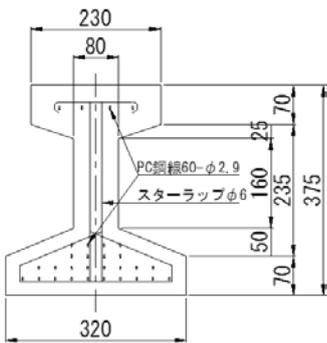


図-5 撤去桁の断面図(LS210)

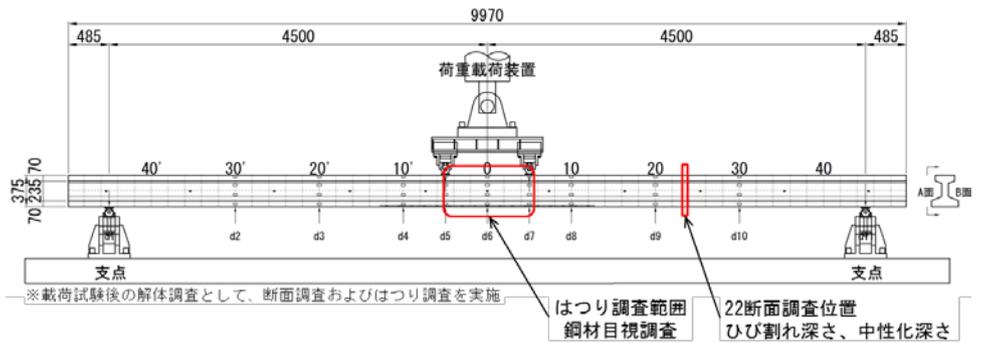


図-6 曲げ载荷試験概要 (载荷試験後の調査位置も示す)

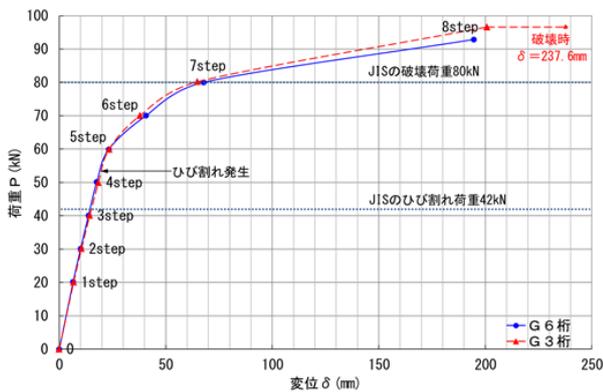


図-7 荷重-変位曲線

のひび割れ程度の違いでは、桁の耐荷性能に大きな違いをおよぼすほど、影響は生じていないことが認められた。

#### 4. 解体調査および材料試験

载荷試験後に、図-6 に示した位置にて解体調査および桁のウェブから採取した直径 50mm、高さ 100mm のコアを用いて材料試験を実施した。

##### 4.1 ひび割れ深さおよび中性化深さ調査

桁切断面における橋軸方向のひび割れ深さおよび中性化深さは、G3、G6 桁ともに最下段の PC 鋼材までは達していなかった。それぞれの桁切断面における中性化深さは、ひび割れの少ない G6 桁 (写真-5) では、ほとんど中性化の進行が認められないのに対して、ひび割れの多い G3 桁 (写真-4) では、ひび割れを包括する程度の中性化の進行が認められ、最大深さは 23mm とひび割れが多数発生することで、大きく進展していることが伺える。

##### 4.2 鋼材目視調査

桁切断面の状況からは、PC 鋼材とコンクリートとの付着切れ示すような緩み等は認められなかった。また、桁中央部で PC 鋼材をはつり出した状況 (写真-7) からは、一部分に表面的なさび程度で、大きな断面欠損や破断は認められなかった。桁端部から採取した PC 鋼材片にて鋼材引張試験を実施し



写真-5 中性化深さ調査(G6桁 22切断面)

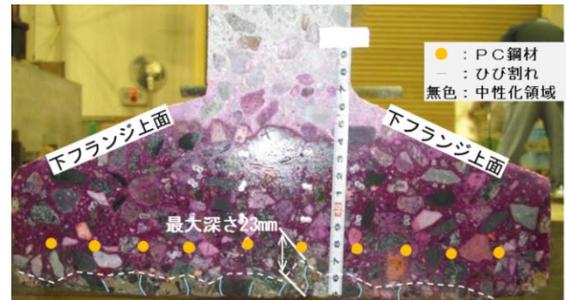


写真-6 中性化深さ調査(G3桁 22切断面)



写真-7 鋼材状況(G3桁中央部)

た結果は、JIS 規格値に対して強度および伸び性能の低下は認められなかった。

##### 4.3 圧縮強度試験

桁のウェブから採取したコアを用いて、コンクリート圧縮強度および弾性係数の試験を行った結果を図-8 に示す。設計当時 (昭和 43 年 PC 道路橋示方書) のコンクリート圧縮強度  $50\text{N/mm}^2$  に対して、 $70\text{N/mm}^2$  以上と大きいものの、弾性係数は  $35\text{ kN/mm}^2$  前後であり、圧縮強度に対して弾性係数の低下が疑われた。一方で、载荷試験における荷重と変位の関係から求めた弾性係数は、およそ

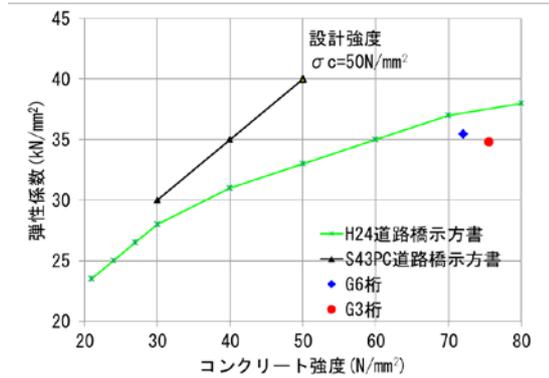


図-8 圧縮強度と弾性係数

43kN/mm<sup>2</sup> とコアによる弾性係数試験から求めた弾性係数よりも大きい。このことから、桁の剛性から求めたコンクリートの弾性係数としては、大きな低下は生じていないと考えられる。

#### 4.4 ASR 調査

桁のウェブよりコア採取した試料にて、JCI-DD2 法、カナダ法、デンマーク法の 3 種類の促進養生試験を実施した。試験結果から残存膨張率は、いずれの各判定基準に対して、無害または膨張性なしと判定され、すでに反応は収束状態にあると考えられる。また、金沢大学鳥居和之教授のご協力による偏光顕微鏡観察の結果（写真-8）から、骨材の割れやセメントペースト内のひび割れには、反応性骨材とセメント中のアルカリ分が反応し生成した ASR ゲルが充填している。このことから、ひび割れ発生原因としては ASR と考えられる。

#### 5. おわりに

今回の主桁下面に生じた橋軸方向のひび割れ程度では、ひび割れ性状の違いによる桁の耐荷性能に大きな違いは生じなかった。この原因として以下が考えられる。

- ・ 橋軸方向に生じたひび割れ深さおよび中性化深さは、PC 鋼材の位置までは達していなかった。
- ・ PC 鋼材の付着切れや破断等は認められず、PC 鋼材の性能低下も認められなかった。

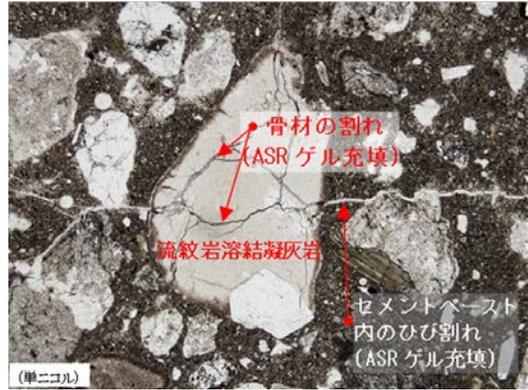


写真-8 偏光顕微鏡観察（金沢大学鳥居教授提供）

・ 桁の剛性から求めたコンクリートの弾性係数では、大きな低下は生じていないと考えられる。

撤去桁と同様な橋梁を維持管理する上では、ひび割れを包括する程度の中性化が見られたことから、劣化因子の浸入による鋼材腐食に対して配慮が必要と考えられる。なお、本報告の詳細については文献 4),5) を、また、ASR 橋梁の調査・補修を検討するにあたっては文献 6) をご参考頂ければ幸いです。

#### 謝 辞

撤去桁をご提供頂きました北陸地方整備局の関係各位および ASR についてご助言を頂きました金沢大学の鳥居和之教授に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所資料共同研究報告書 PC 道路橋の健全度評価の高度化に関する共同研究、2010.10
- 2) 大代武志、平野貴宣、鳥居和之：富山県の反応性骨材の ASR 劣化構造物の特徴、コンクリート工学年次論文集、Vol.29、No.1、2007
- 3) JIS A5319-1963：軽荷重スラブ橋用プレストレストコンクリート橋げた
- 4) 青柳聖、木村嘉富、和田圭仙、花井拓：橋軸方向ひび割れが生じたプレストレストコンクリート撤去桁の載荷試験、プレストレストコンクリート工学会、第 22 回シンポジウム論文集、2013.10
- 5) 木村嘉富、和田圭仙、青柳聖：橋軸方向ひび割れが生じた PC 撤去桁の載荷試験、橋梁と基礎、2014.2
- 6) 玉越隆史、柴田稔、木村嘉富、和田圭仙：アルカリ骨材反応が生じた PC 橋の調査、診断と対応事例、土木技術資料、第 55 巻、第 7 号、pp.55～56、2013

木村嘉富



国土交通省国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 道路構造物管理システム研究官 (前)独)土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ 上席研究員  
Yoshitomi KIMURA

和田圭仙



(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ 主任研究員  
Yoshinori WADA

青柳 聖



(独)土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ 交流研究員  
Kiyoshi AOYAGI