

グラウト充填状況が既設PC橋の外観変状に及ぼす影響

(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 ○小林 崇
 (一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員 國富 康志
 土木研究所構造物メンテナンス研究センター 本間 英貴
 土木研究所構造物メンテナンス研究センター 木村 嘉富

1. はじめに

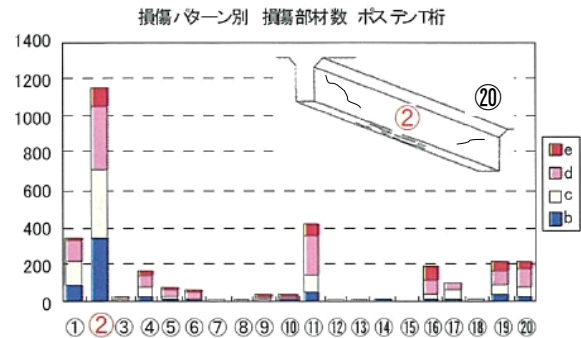
プレストレストコンクリート（以下、PCという）構造物は、コンクリートにプレストレスを導入することで有害なひび割れの発生を制御した構造であり、適切な設計・施工がなされることにより長期的な耐久性が確保される。一方、道路橋定期点検結果に基づく玉越らの分析¹⁾によると、PC橋の初期損傷率が高いものの代表としてコンクリート主桁のひび割れがあり、図-1に示すように架橋数の最も多いポストテンション方式T桁橋に着目した場合、桁下面の縦方向ひび割れ(②)が突出して多いことが指摘されている。このひび割れは、桁腹部シース沿いひび割れ(⑳)と関連し、PC鋼材が主桁上縁に定着された橋梁特有の損傷であると説明されることが多い²⁾。また、これらのひび割れがPC橋にとって特に問題となるのは、1) ひび割れの発生方向がプレストレスの導入方向と異なる設計的に想定されていないひび割れであること、2) ひび割れ発生メカニズムが上縁定着部からシース内に生じた空隙への水の浸入に起因すると考えられるPC鋼材の劣化進行が懸念されること(図-2)が挙げられる。

今回、これらの問題について実際に供用され桁下面に縦方向ひび割れ、桁腹部にシース沿いひび割れを生じた撤去桁の解剖調査によりその解決の糸口を模索した。

2. 部材の選定

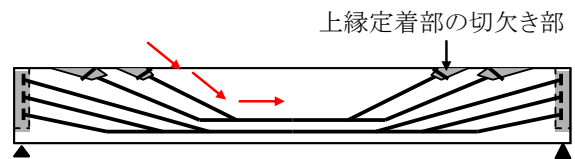
対象橋梁は、昭和36年に架設された2径間単純ポストテンション方式T桁である(写真-1、表-1)。本橋は幅員が狭く、架設後48年を経過し老朽化も著しいとして隣接地の新橋架設後に撤去されている。

撤去に先立ち行った外観調査および第1径間



文献1)の右上の図中にひび割れ⑳を追記

図-1 ひび割れパターン別のひび割れ発生部材数



注) 古い建設省標準設計ではPC鋼材の約半数を主桁上縁に定着していた。これは、当時まだ大容量の定着工法がなく、すべてのPC鋼材を桁端部に定着できなかったからである。その後、大容量定着工法の普及により、1994年(平成6年)の建設省標準設計ではPC鋼材をすべて桁端部に定着することに改訂されている。

図-2 上縁定着部からの水の浸入経路²⁾



写真-1 対象橋梁の全景(上流側より撮影)

表-1 対象橋梁の諸元

橋名	植苗橋
所在地	北海道苫小牧市(海岸より10km)
構造形式	2径間単純ポストテンT桁橋
橋長	38.0m (2@18.3m)
荷重	TL-14
有効幅員	5.5m
架設年	昭和36年(1961年)

A1側にて行ったX線透過法によるグラウト充填調査の結果を図-3に示す。なお、第2径間については第1径間と同様な傾向であったためここでは割愛する。

外観変状は、北側の桁 (G1, G2桁) で顕著であり、前述した桁下面縦方向ひび割れと桁腹部シース沿いひび割れ及びこれらのひび割れに沿ったエフロレッセンスが主に確認された (写真-2)。一方、グラウトの充填調査では、全12箇所の調査のうち2箇所 (G4・G5桁各1箇所) で空隙部ありと判定された。

本調査結果から、第1径間から桁腹部シース沿いひび割れが生じているがその付近でのグラウトの充填が確認されたG2桁と、シース内に空隙が確認されたが桁腹部シース沿いひび割れが発生していないG5桁を解剖調査の対象桁として選定した。

3. 撤去桁解剖調査

撤去桁は、現地での撤去・運搬の都合から、支間中央付近で切断されている。今回の調査では、選定された2主桁4部材 (G2, G5桁のA1, P1側) のうち撤去前に調査を行った各桁A1側の部材を対象に詳細な外観調査と解剖調査を行うこととし、解剖調査の項目は、上縁定着に着目した桁切断およびコア削孔によるグラウトの充填状況、コンクリートの物性およびASR調査とした。

3.1 G5桁の調査結果 (桁腹部シース沿いひび割れ無)

G5桁の詳細な外観調査結果とグラウト充填調査位置を図-4に示す。外観変状について、支間中央付近の鉛直方向のひび割れは桁撤去時に発生したものであり、これを除くとG5桁に生じたひび割れは桁下面の縦方向ひび割れが主であった。一方、グラウト充填状況では、主桁切断により確認したC1,

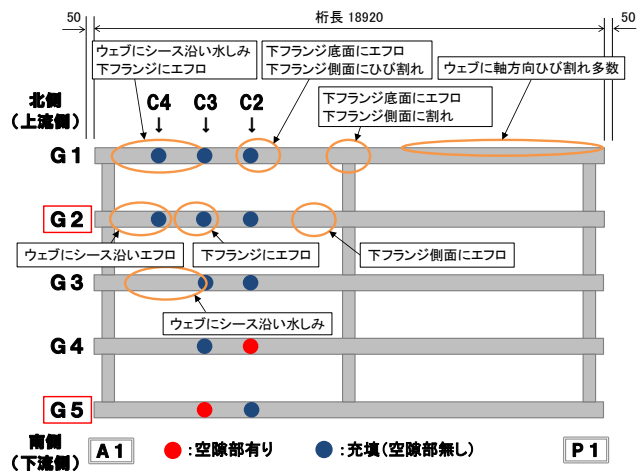


図-3 撤去前の調査結果 (第1径間)



写真-2 撤去前の外観変状

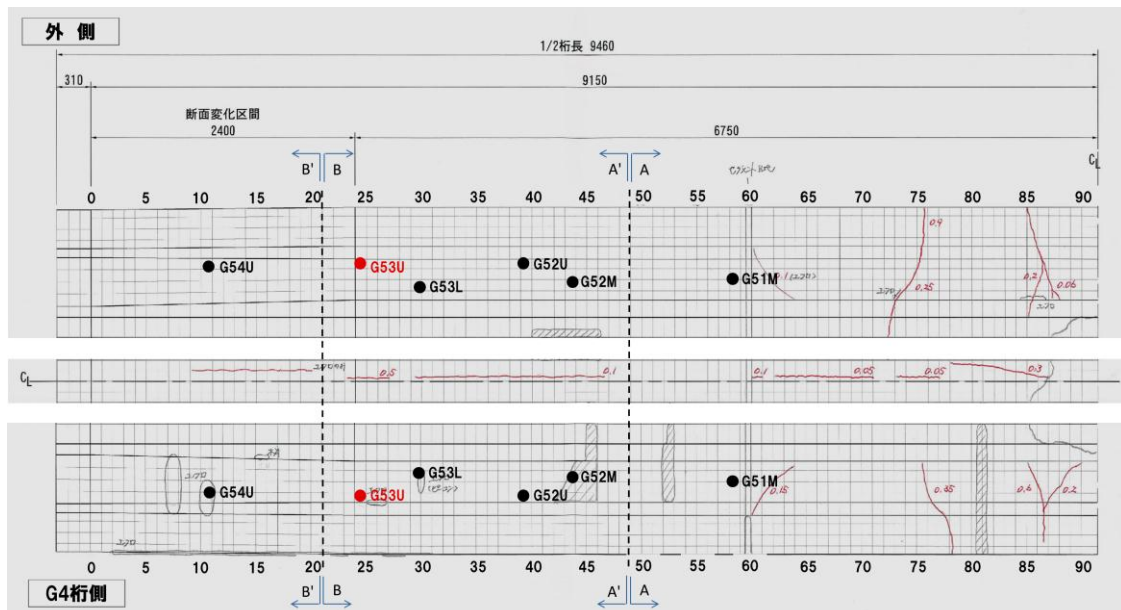


図-4 G5桁の外観調査結果とグラウト充填調査位置

C3ケーブル定着部近傍に空隙が確認された(写真-3)。この原因として、宮永らの研究³⁾より、グラウト注入により一旦はグラウトが充填されたものの、その後のブリーディングの発生とセメントの沈降により空隙が形成されたものと推察される。コア削孔による調査ではC3ケーブルの桁腹部上方で空隙が確認されたが(写真-4 a))、これ以外の全ての調査箇所ではグラウトの充填が確認された。

なお、外観変状のうち、変色箇所は深さ20mm以下の補修跡(型枠のズレを修正したものと思われる)であり、表面にガサツキのある補修跡にはエフロレッセンスを伴うものもあった。

3.2 G2桁の調査結果(桁腹部シース沿いひび割れ有)

桁腹部シース沿いひび割れを生じたG2桁の詳細な外観調査結果とグラウト充填調査位置を図-5に示す。外観変状について、前述しているようにG2桁はC3, C4ケーブルに桁腹部シース沿いひび割れを生じている。また、グラウト充填調査では、切断調査により上縁定着ケーブル定着部近傍の他、端部の最上段に定着されたC5ケーブルでも空隙を確認、コア削孔でC3ケーブルの上フランジ付け根付近で空隙が確認されている。しかし、近傍で著しいエフロレッセンスを伴うシース沿いひび割れを生じたC4ケーブルではグラウトの充填が確認されているなど、外観変状とグラウト充填状況に明確な関連性は認められなかった(写真-4 b))。一方、桁下面縦方向ひび割れはG5桁と概ね同程度生じており、最大幅は0.15mmであった。

写真-5は主桁切断面とコア削孔空隙部との間で採取された各桁C3ケーブルのPC鋼線である。G2桁に対してG5桁のPC鋼線は腐食が軽微であり、これよりG2桁のC3ケーブルに生じた空隙には、水の浸透・滞留があったのに対してG5桁では水の浸透がほとんどなかったと思われる。

3.3 コンクリート物性調査

両桁より採取したコア供試体によるコンクリートの密度、圧縮強度および静弾性係数試験の結果を表-2に示す。両



写真-3 上縁定着ケーブル定着部付近の空隙



a) G53U(G5桁) b) G24L(G2桁)
写真-4 コア削孔による調査

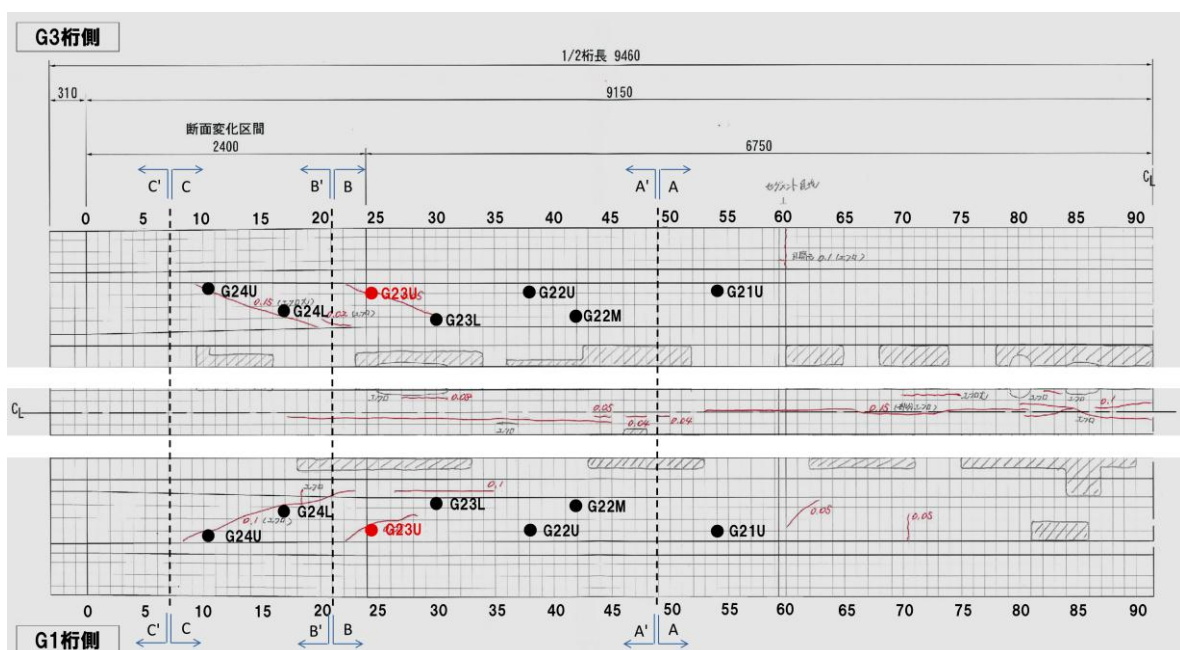


図-5 G2桁の外観調査結果とグラウト充填調査位置

桁ともコンクリートの物性は同等であり劣化等は確認されていない。また、桁腹部シース沿いひび割れの原因の可能性のあるASRについて、目視による粗骨材の岩種判定を行った結果、一般に反応性鉱物を含むことが多いチャートや流紋岩溶結凝灰岩が含まれており、一部に反応リム・ASRゲルの形成が確認されたが、骨材中のひび割れや骨材からペースト部へのひび割れの進展は確認されず、コンクリートの静弾性係数試験の結果からもひび割れ発生の原因としてASRの可能性は低いものと思われる。

3.4 損傷原因の推定

本橋において、桁下面縦方向ひび割れや桁腹部シース沿いひび割れの発生原因としては以下が考えられる。

- a) シース内空隙部に浸透した水の凍結膨張
- b) グラウト注入前シース内の水の凍結膨張
- c) プレストレスの導入やグラウト注入圧の過大による横ひずみの発生
- d) アルミ粉末による膨張圧
- e) コンクリートとグラウトの熱膨張係数、乾燥収縮の相違による内圧
- f) コンクリートの劣化等

これに対して今回の調査では、a) G2桁C3ケーブルのみこれに該当、d) グラウトの単位重量などから問題無し、f) コンクリートに劣化等見られずASRの影響である可能性も低い、との知見が得られた。今後、これ以外のb), c), e)について調査・検討を行う予定である。

4. まとめ

今回の撤去橋梁を用いた調査の結果を以下に記す。

- ・桁腹部沿いひび割れについて、G2, G5桁とも上縁定着ケーブル定着部近傍、およびC3ケーブルの桁腹部上フランジ付け根付近に空隙が確認されたが、ひび割れの発生はG2桁のみであった。
- ・桁腹部沿いひび割れを生じたG2桁C3, C4ケーブルについて、C3ケーブルの空隙部に水の浸入の痕跡が見られたが、ひび割れ付近では両ケーブルともグラウトは充填されていた。
- ・桁下面の縦方向ひび割れについて、G2, G5桁ともひび割れ付近の全てのケーブルにグラウトは充填されていた。

今回の調査では、シース内の空隙の発生という事象のみで外観変状を見分けることはできなかった。これより、既往の調査結果は、シース内の空隙によって誘発されたPC鋼材やシース等の腐食と外観変状に関連性があり、グラウトの充填状況は間接的な影響であったとも考えられ、今後も継続した調査が必要である。また、今後、PC橋の長寿命化を図っていくためには、予防保全としてシース内の空隙対策が必要であり、空隙探査などの非破壊検査手法の高度化が必要であると思われる。

【参考文献】

- 1) 玉越ほか：道路構造物群のマネジメント（管理）における点検データの活用～定期点検結果の分析から見た損傷発生・進行の特徴及び現有性能の指標化～，土木技術資料52-12，pp.18-21，2011
- 2) プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC構造物の維持保全－PC橋の予防保全に向けて－，2010.3
- 3) 宮永ほか：既設橋におけるPCグラウトの充填特性，PCシンポジウム論文集，2012



a) G5 桁 C3 ケーブル



b) G2 桁 C3 ケーブル

写真-5 PC鋼線の腐食状況

表-2 コンクリート材料調査結果

調査項目	単位	G2 桁	G5 桁
見掛け密度	g/cm ³	2.51	2.51
圧縮強度	N/mm ²	77.5	79.0
静弾性係数	N/mm ²	38500	40100