

撤去予定のPCポステンT桁橋を活用した現地実橋耐荷力試験

(国研) 土木研究所

○吉田 英二

(国研) 土木研究所

石田 雅博

(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員

西須 稔

(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 正会員

清水 宏一朗

キーワード：プレストレストコンクリート (PC) 橋, 載荷試験, 耐荷力, 荷重分配

1. はじめに

高度経済成長期に集中的に整備されたPC橋が一斉に高齢化を迎える中、さまざまな劣化要因による損傷事例が報告されている。橋梁の合理的かつ適切な維持管理を行っていくために、損傷の生じた橋梁の残存性能を適切に評価する手法が求められている。これまでの調査研究では、車両走行試験などによる弾性範囲内での評価が中心であり、PC橋が破壊に至るまでの載荷試験による実耐力の検証は、国内で実施された例がない。橋梁全体系において、主に終局状態の力学性能に対して性能の低下を適切に把握し、その情報を補修・補強の要否の判断材料とすることが合理的な維持管理を行う上で重要であると考えられる。

以上の背景より、本研究では、撤去予定のPCポステン橋を対象に、最大耐力まで載荷した際の橋梁全体の耐荷力の把握、主桁間での荷重分担率の変化、および終局付近での挙動・破壊性状の確認を目的として、実橋での載荷試験を行った。

2. 対象橋梁

本試験の対象とした旧築別橋は、1960年に北海道開発局留萌開発建設部管内に建設された単純PCポステン方式T桁橋である(表-1)。本橋は竣工後57年が経過しており、日本海沿岸からの距離が約170mと飛来塩分の影響を受ける環境に位置していることから、過去に塩害補修がなされるも載荷径間において内部鋼材の腐食に起因する主桁のひび割れやコンクリートの剥離などの再劣化が生じていた。2017年7月に実施された載荷試験時には本橋に隣接して新橋が建設され本橋はすでに通行止めの状況であった。

表-1 橋梁諸元

架 設 年	1960年(昭和35年)
橋 梁 規 格	TL-20(1等橋)
橋 長	L=180.3 5径間 (載荷径間支間長 35.2m)
幅 員	W=6.0m(0.25+5.50+0.25)
上 部 工 形 式	単純PCポステンT桁5連4主桁

3. 試験概要

3.1 試験計画

載荷試験は、グラウンドアンカーによる載荷装置、および計測機器を設置するため、河川敷のある第1径間で行った(写真-1)。載荷位置および方法はG1桁支間中央への1点集中載荷とした。これは、G1桁がほかの主桁と比較して著しく損傷していたこと、および複数主桁間での荷重分配効果を把握するためである。

載荷各段階において、残存変位量の計測、変状確認などを行うため、曲げひび割れ発生時、鉄筋降伏時、推定耐荷力時、そのほか大きな損傷や挙動変化が生じた際には、一度除荷を行いながら載荷を行うこととした。

計測項目は、各主桁の変位、PC鋼材、鋼材のひずみなどとした。鋼材ひずみは、鋼材を部分的には



写真-1 載荷径間全景



写真-2 床版削孔部

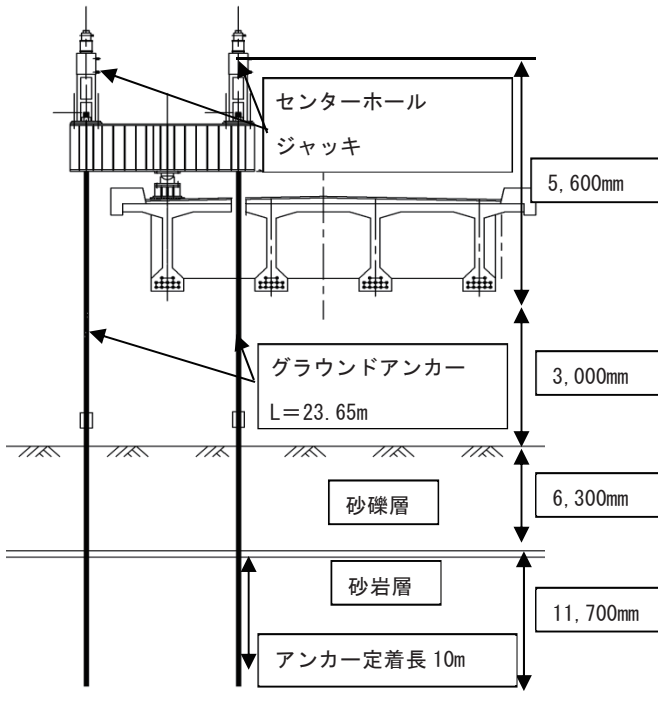


図-1 載荷装置全体図

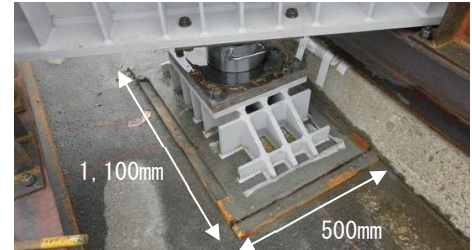


写真-3 載荷点付近

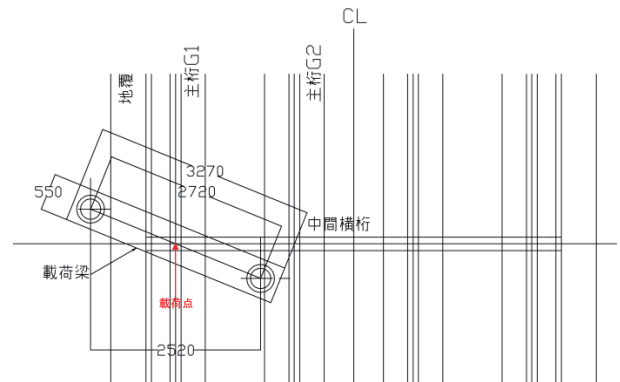


図-2 載荷梁 平面配置図

つり出し、ひずみゲージを貼り付けて計測した。PC鋼材のひずみは、過年度のはつり調査位置を利用し、1箇所のみひずみゲージを設置し計測した。

3. 2 耐荷力の推定

本試験の載荷方法は、G1桁支間中央への1点集中載荷であるが、横桁を介してほかの主桁へ荷重が分配されるため、それらの影響を考慮し、耐荷力を推定することが必要である。載荷試験に先立って、格子解析により、各主桁の荷重分配率の推定を行った。本解析では、主桁は間詰部を含む全断面、横桁は横桁全断面を有効とするほか、主桁上フランジにも有効断面となる範囲を設定し、曲げ・ねじり剛性を設定した。その結果、G1桁に生じる曲げモーメントとG2桁～G4桁に生じる曲げモーメントの合計の比がおおよそ1:1の割合であったため、橋梁全体での耐荷力はG1桁1本の計算上の耐荷力921kNの2倍である1,842kN程度と推定した。また、コンクリートおよびPC鋼材の実強度が設計値に対し30%高いことを想定し、推定耐荷力は上記のさらに1.3倍に当たる2,394kNとした。

3. 3 試験装置概要

載荷試験では耐力が計算値を上回ることが多いこと、主桁間の荷重分配率が想定よりも大きくなる可能性があることから、載荷装置の能力は推定耐荷力の2倍以上である5,000kNを確保するものとした。

載荷装置は、耐力2,500kNのグラウンドアンカー2本を施工して載荷反力を取り、2台の3,000kNセンターホールジャッキにより載荷を行う構造とした(図-1)。グラウンドアンカーは、十分な耐荷力を

確保できる砂岩層に定着させた。定着長は、計算上必要な長さ7mに余裕長を取り、10mとした。G1-G2間のアンカーは、床版に直径350mmの孔を削孔し、橋面上にボーリングマシンを設置して施工を行った(写真-2)。また、グラウンドアンカーと横桁の干渉を避けるため、載荷梁を橋軸直角方向に対し斜めに設置した(図-2)。載荷点では、敷モルタルを設置した上で載荷ブロックを水平に設置し、ブロックに球座を固定した(写真-3)。これにより、載荷力は載荷梁と球座を介し1点に垂直に載荷されるようにした。

3.4 事前調査

本橋は、過年度の調査により、載荷径間においてもPC鋼材の破断が疑われた。そこで、載荷試験に先立ち、コア応力解放法による残存プレストレス量の計測¹⁾を行った。応力解放法は、図-3に、その概要を示すように、測定する箇所のコンクリート表面にひずみゲージを貼付け、切込みによって生じるひずみを測定することによって、コンクリート部材の応力度を推定するものである。

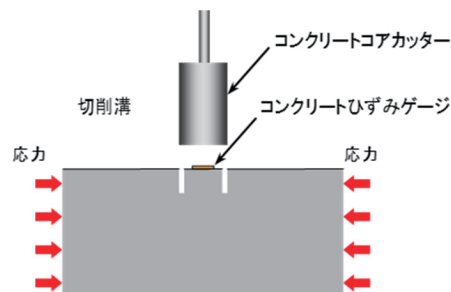


図-3 応力解放法概念図¹⁾

計測の結果、もっともプレストレス減少が大きいG1桁では当初より13%程度、G2桁、G3桁でも10%程度残存プレストレスが減少しているという結果が得られた(表-2)。本橋には1主桁に12本のPC鋼材が配置されているが、この結果から、G1~G3桁ではPC鋼材が1~2本程度破断している可能性があるかと推察される。

表-2 計測結果

桁	残存プレストレス			
	設計値 N/mm ²	推定値 N/mm ²	差 N/mm ²	推定 / 設計
G1	22.0	19.1	-2.9	87%
G2	22.0	19.6	-2.5	89%
G3	22.0	19.2	-2.8	87%
G4	22.0	21.3	-0.8	96%

4. 試験結果

載荷荷重は、事前の推定耐荷力およそ 2,500kN を上回り、3,300kN に達した際に地覆に圧壊が生じ荷重の増加が見られなくなったため、終局に至ったと判断した。

本試験での特徴的な破壊性状として、支間中央の横桁~隣接する横桁間を中心に、ウェブにせん断によるものと思われるひび割れが生じた(写真-4)。載荷荷重 1,800kN を超えたあたりで表面塗装上でもひび割れを確認し、G1桁ではひび割れ数、ひび割れ幅共に進展し、2,000kN を超えたあたりでG2桁にも同様のひび割れが生じた。終局時におけるウェブのひび割れは大きなものでひび割れ幅 10mm 超に達した。各桁端部付近にはねじりひび割れが発生しており(図-4, 写真-5)、終局時にはねじり剛性が解放されたものと考えられる。

載荷中は、桁下に橋梁点検ロボットカメラ²⁾を設置し、横桁目開きの確認を行った(写真-6)。載荷点直下の横桁に、G1-G2桁間の打継目に目開き、鉛直方向ずれが生じた(写真-7)。目開き幅は終局時で10mm程度に達した。図-5に、G1桁の載荷点直下に生じた鉛直変位の履歴を示す。G1桁支間中央では、推定耐荷力である2,500kN 載荷時にはおよそ150mm、終局荷重である3300kN 載荷時にはおよそ400mmの鉛直変位が生じた。また、2,500kN 載荷後の除荷時においてもG1桁の残留変位は20mm程度であり、PC構



写真-4 載荷点付近の破壊性状

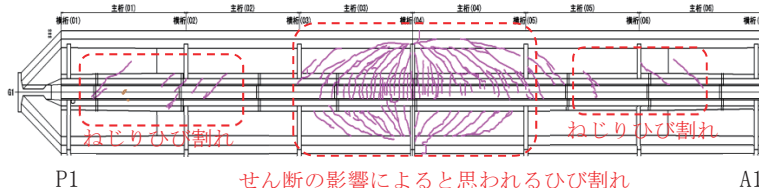


図-4 ひび割れ図 (G1桁展開図)

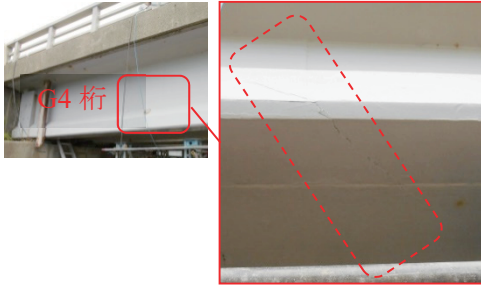


写真-5 ねじりによるひび割れ (G4 桁)



写真-6 ロボットカメラ
設置状況

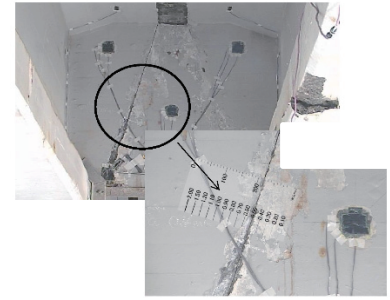


写真-7 横桁の目開き, ずれ

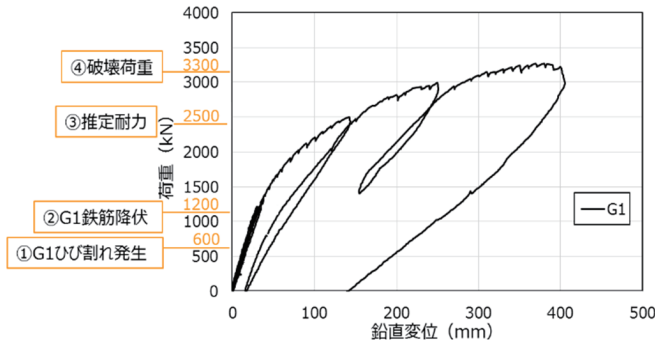


図-5 G1 桁荷重-鉛直変位

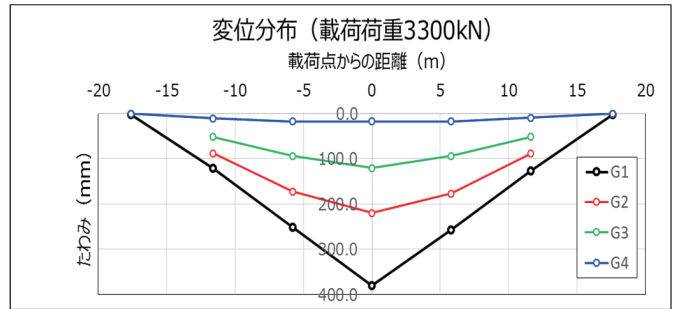


図-6 3,300kN 載荷時 変位分布

造特有の高い復元性を維持していることが分かった。図-6に、3,300kN 載荷時に各桁に生じた変位分布を示す。G2~G4の各桁にも変位が生じており、G1桁が破壊に至った段階においてもG1桁に荷重された荷重が横桁を介してほかの主桁に分配されていることが分かった。

5. まとめ

本研究では、撤去予定の既設PCポステンT桁橋を対象に最大耐力まで載荷した際の橋梁全体の耐荷力の把握、終局付近での挙動・破壊性状の確認を目的に、実橋での載荷試験を実施した。その結果、得られた知見を以下に示す。

- (1) 載荷試験時点の最大耐力は、設計耐力を十分に確保することが確認された。また、今回確認された破壊形態として、終局時には上縁地覆が圧壊に至ったほか、ウェブにせん断によるものと思われるひび割れを生じた。また、各桁端部付近にはねじりによるひび割れが生じた。
- (2) 最終的な橋全体としての耐荷力は、G1桁単体の破壊後も横桁を介した荷重分配効果によって維持され、直ちに落橋に至ることはなかった。なお、設計耐力を超えてから確認された挙動のうち、ねじりひび割れの発生から個々の桁のねじり剛性を解放しながら橋全体で荷重を支持する耐荷機構に移行したと考えられる点やG1桁の変形が過大になるのに従い荷重分配が変化しと考えられる点などについてはさらに精査する必要がある。

謝辞 本研究を行うにあたり、多大なるご協力を頂いた北海道開発局をはじめ、関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 二井谷教治, 渡瀬博, 阪田憲次, 綾野克紀: コンクリート部材の有効応力の計測手法に関する研究, コンクリート工学論文集, 20巻2号vol. 50, pp. 27-37, 2009. 5
- 2) 藤原保久, 梅津健司, 玉置一清, 丹野浩二: 橋梁点検ロボットカメラのモニタリングへの適用, コンクリート工学, vol. 56, No. 1, pp. 100-105, 2018. 1