

塩害を受けたポストテンション PCT 桁の曲げせん断耐荷性状に関する載荷試験

(独) 土木研究所 正会員 ○松沢 政和 木村 嘉富 花井 拓

1. はじめに

鋼材腐食の生じた PC 橋の曲げ耐荷性状は、PC 鋼材の残存率を用いて概ね推定できることが明らかになっているが、鋼材腐食により劣化した PC 橋のせん断耐荷力評価手法についてはまだ十分な知見が得られていない。その研究の一環として、塩害により撤去されたポストテンション PCT 桁の載荷試験を実施した。

2. 試験体概要

試験に用いた撤去桁の橋梁概要を表-1 に示す。本橋はポストテンション方式の PC 橋であり、北陸地方で昭和 47 年に竣工されて以来、供用後 38 年経過したのち撤去された自転車道橋である。塩害による鋼材腐食により剥落や浮きが桁全体に確認され (写真-1)、供用中の調査において全 PC 鋼材 8 本のうち、2 本に素線破断が確認された。なお、本載荷試験は第一径間の支間長 19.2m の G1 桁を用いて実施した。載荷桁の標準断面を図-1 に示す。

載荷試験後に実施したコンクリートの材料試験結果を表-2 に示す。当時の設計資料によるコンクリートの設計基準強度  $40\text{N/mm}^2$  に対し、圧縮強度試験の平均値は  $58.9\text{N/mm}^2$  であった反面、静弾性係数は道路橋示方書に示されている値に対し低い値となった。鋼材の材料試験も実施したが、規格値以上であった。

図-2 に載荷試験前の損傷図を示すが、桁全体に損傷が確認できるものの、桁の両側面及び起終点にて損傷の程度が異なり、山側及び終点 (橋台側) の損傷が顕著であった。載荷試験前に X 線によるグラウト充填状況調査を行ったが、充填状況は比較的良好であった。

3. 試験方法

載荷方法は図-3 に示すとおり、支間中央にて曲げ載荷及び各桁端にて 1 回ずつのせん断載荷 (以降、健全側：せん断載荷試験-1、損傷側：

せん断載荷試験-2) の計 3 回の載荷試験を行った。曲げ載荷試験は支間中央の残存プレストレス量の確認を目的としてひび割れ発生荷重までとし、せん断載荷試験は、せん断スパン比を斜めひび割れが確認されるように設定するとともに、人工的に鋼材を腐食劣化させた供試体を用いた既往の研究<sup>1)</sup>と同程度 ( $a/d \approx 3.0$ ) とした。

表-1 橋梁概要

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| 架橋位置   | 石川県宝達志水町(海岸線より 90m)      |
| 路線名    | 主要地方道 金沢田鶴浜線<br>(管理：石川県) |
| 橋長・支間長 | 44.0m (支間長 19.2m+23.24m) |
| 橋梁形式   | 単純ポストテンション PCT 桁橋×2 連    |
| 竣工年    | 昭和 47 年(1972 年) 38 年経過   |



写真-1 撤去前の状況

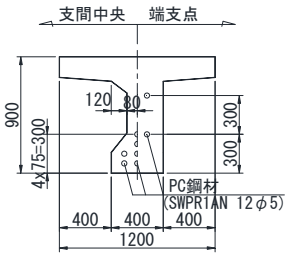


図-1 標準断面

表-2 材料試験結果 (コンクリート)

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )   | 58.9 |
| 引張強度 ( $\text{N/mm}^2$ )   | 3.16 |
| 静弾性係数 ( $\text{kN/mm}^2$ ) | 21.6 |

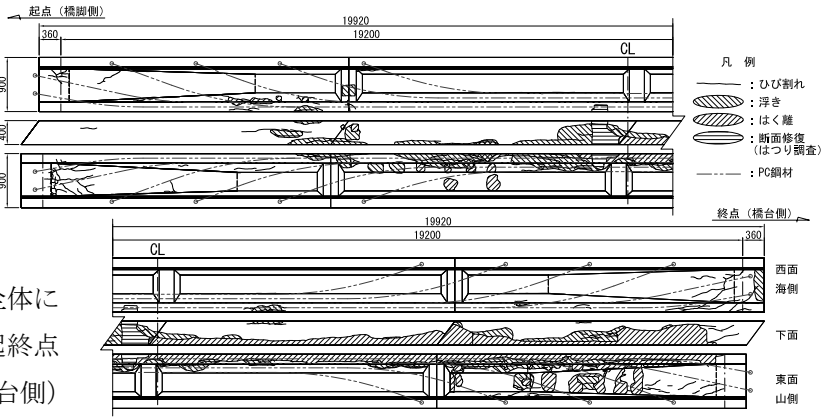


図-2 載荷試験前の損傷図

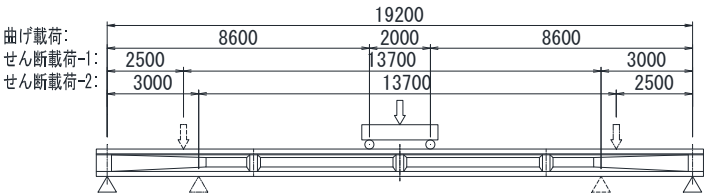


図-3 載荷試験方法

キーワード 塩害, 劣化, ポストテンション PC 桁, 静的載荷, せん断

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

4. 試験結果及び考察

各載荷試験の曲げひび割れ発生荷重から推定した残存プレストレスと表面損傷度を表-3 に示す。健全時の計算は、導入緊張力を当時の適用示方書の導入時における許容引張応力度相当(1260N/mm<sup>2</sup>)として有効プレストレスを算出し、コンクリートの圧縮強度及び引張強度は材料試験結果を用いた。また、表面損傷度は各載荷区間(曲げ：等曲げ区間、せん断：せん断スパン内)における上フランジを除いた桁の表面積に対する損傷面積(浮き・剥離のみ)の比率とした。プレストレス減少率は部位により異なり、PC 鋼材の破断が確認されていない起点側の桁端ではプレストレス減少率は比較的小さく、良好なグラウトの充填によりコンクリートと PC 鋼線との付着が確保されていたためと考えられる。また、プレストレス減少率とコンクリート表面の損傷度との関係にある程度相関が確認された。

図-4 にせん断載荷試験の荷重－変位曲線を示す。両せん断試験ともに明確なせん断ひび割れが目視にて確認できなかったため、既往の研究<sup>1)</sup>にて概ねせん断ひび割れ発生荷重を抽出できた一手法として、試験体上下に設置した変位計の差が増大する荷重に着目し、実験値と計算値の比較を行った結果を表-4 に示す。なお、計算値は曲げひび割れ発生荷重より推定したプレストレス減少率を用い、せん断補強鉄筋を用いていない RC はりのせん断強度<sup>2)</sup>( $V_c$ )、デコンプレッションモーメントをせん断スパンで除したプレストレスによるせん断耐力増加分<sup>3)</sup>( $V_{pd}$ )及びプレストレスの鉛直分力( $V_{pv}$ )の和とした

表-3 曲げひび割れ発生荷重による残存プレストレスの推定値と表面損傷度

|         | プレストレス力 (kN) ※ |      |     | 表面<br>損傷度 |
|---------|----------------|------|-----|-----------|
|         | 健全<br>(計算値)    | 実験値  | 減少率 |           |
| 曲げ載荷    | 1568           | 1188 | 24% | 27%       |
| せん断載荷-1 | 958            | 906  | 5%  | 0%        |
| せん断載荷-2 | 970            | 738  | 24% | 22%       |

※プレストレス力は各曲げひび割れ発生位置での推定値

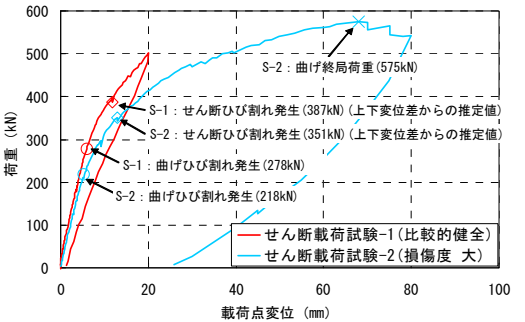


図-4 荷重－変位曲線（せん断載荷試験）

表-4 せん断ひび割れ発生時のせん断耐力の比較

|         | 計算値 (kN) |          |          |                         | 実験値 (kN) <sup>※1</sup> |       |     | 比率<br>(実験値/計算値)           |
|---------|----------|----------|----------|-------------------------|------------------------|-------|-----|---------------------------|
|         | $V_c$    | $V_{pd}$ | $V_{pv}$ | 合計                      | $V_{exp}$              | $V_d$ | 合計  |                           |
| せん断載荷-1 | 209      | 168      | 115      | 492 (377) <sup>※2</sup> | 327                    | 58    | 385 | 0.78 (1.02) <sup>※2</sup> |
| せん断載荷-2 | 193      | 137      | 90       | 420 (330) <sup>※2</sup> | 297                    | 56    | 353 | 0.84 (1.07) <sup>※2</sup> |

※1 実験値は載荷荷重から算出した  $V_{exp}$  と自重によるせん断力  $V_d$  (解析値) の和

※2 ( ) 内は  $V_{pv}$  を考慮しない場合の値

が、実験値が計算値の 8 割程度となった。この結果に対して明確な理由の解明には至っていないが、曲げひび割れ発生荷重から推定したプレストレス量以上に減少していた可能性のほかに、本来対象とすべきせん断ひび割れより小さい荷重値をせん断ひび割れ発生荷重として抽出した可能性や、せん断スパン内にてウェブ厚が変化していることなどが要因として考えられる。また、海外における曲げせん断ひび割れ発生時のせん断耐力評価式<sup>4)</sup>には  $V_{pv}$  を考慮していないものもあり、これに準じた場合には概ね実験値と計算値が一致するが、海外の評価式や  $V_{pv}$  の取扱いに関する検証が十分ではないため、今後の課題である。

5. まとめ

本試験体において残存プレストレスは各部位により異なり、外観の損傷度と残存プレストレスとの関係にある程度相関が確認された。本載荷試験にて実施したせん断ひび割れに着目した検討においては、プレストレスの推定誤差や抽出したせん断ひび割れ荷重の過小評価、せん断スパン内の断面変化等により、実験値と計算値に乖離が生じたと考えられる。さらに、曲げせん断ひび割れ発生時の  $V_{pv}$  の取扱い等についても検証を行う必要がある。

**謝辞** 石川県をはじめ本調査にご協力いただいた関係各位に深く感謝致します。

**参考文献** 1) (独)土木研究所:既設コンクリート道路橋の健全性評価に関する研究, 重点プロジェクト研究報告書, 2010 2) 二羽淳一郎, 山田一字, 横沢和夫, 岡村 甫:せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, Vol.372/V-5, pp.167-176, 1986 3) 建設省土木研究所, プレストレストコンクリート建設業協会:高強度コンクリート部材の設計法に関する共同研究報告書, 共同研究報告書第 138 号, 1995 4) F・ソーコ:プレストレストコンクリートー1.基礎編, 鹿島出版社, 1982