

PC 主鋼材が破断した実大 PC 桁の静的載荷試験

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○前田友章, 同 轟俊太郎, 同 田所敏弥, 同 谷村幸裕

1. はじめに

PC 桁は, その特徴から河川や道路との交差部などのスパンの長い橋梁に多く用いられており, 鉄道橋では約 15,000 連が建設されている。供用開始から長時間経過した PC 桁の一部は劣化が進んでおり, グラウト充填不良に伴う PC 鋼材の破断事例が報告されている。PC 鋼材の破断量が増加すると, PC 桁の耐力の低下により, 落橋に至る危険性がある。そこで本研究では, PC 桁を適切に維持管理するため, 実大 PC 桁の静的載荷試験を実施し, PC 鋼材破断に伴う PC 桁の変状および破壊挙動を把握することを目的とする。

2. 試験概要

実大載荷試験を実施するにあたり, 既設の鉄道橋における PC 桁の構造形式について調査を行った。調査の結果から, 比較的連数の多いスパン 20.4m の PCI 形桁の主桁を 2 体製作した (図-1)。試験体 No.1 は, 施工不良の場合を想定し, 全区間をグラウト未充填区間とし, 試験体 No.2 は, 低品質グラウトのブリーディングを想定し, 左端部から L/4 点までをグラウト未充填区間とした。材料特性値を表-1 に示す。試験は, 死荷重と列車荷重等を考慮した 1200kN をジャッキ荷重として載荷, 除荷しながら PC 鋼材の緊張力を図-1 の順序に従い, 順次開放した。なお, 開放の方法は, 試験体 No.1 は PC 鋼材定着具の取外し, 試験体 No.2 は L/4 点でのコア削孔による PC 鋼材切断により行った。

3. 試験結果

試験体 No.1 のジャッキ荷重とスパン中央部の変位関係を図-2, ひび割れ状況を図-3 に示す。試験体 No.1 は, 9 シースのうち 1 シース (以下, 1/9) の PC 鋼材のプレストレスを開放し, 荷重を 1200kN 載荷した時点でスパン中央部に曲げひび割れが発生した。2/9 のプレストレスを開放すると, スパン中央から約 700mm 離れ

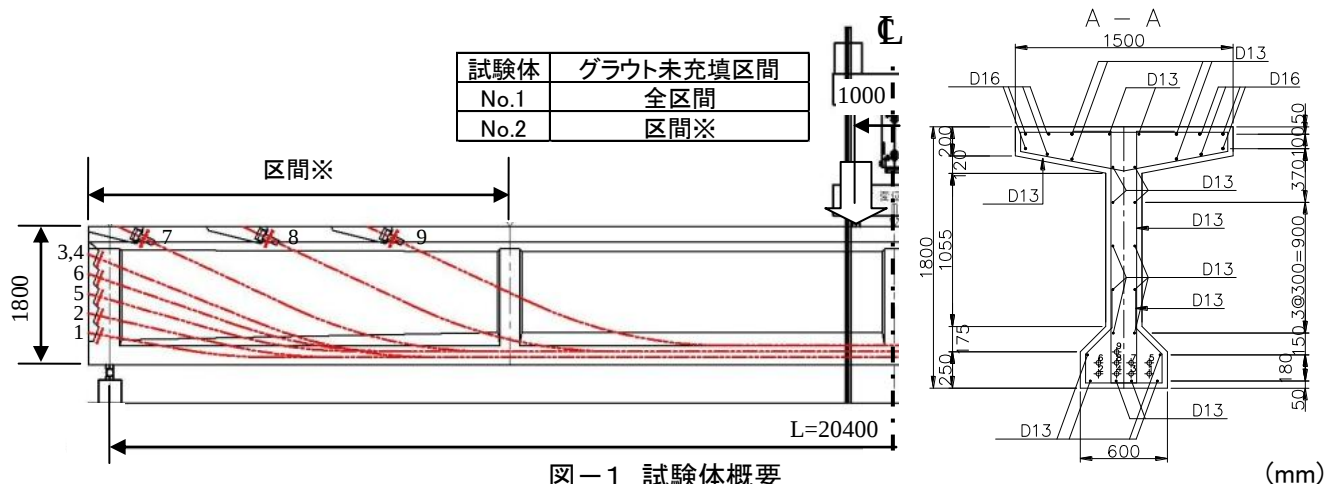


図-1 試験体概要

表-1 材料特性値

試験体	PC鋼材					軸方向鉄筋		スターラップ		グラウト		コンクリート	
	種別	本数-φ	f_{py} (N/mm ²)	f_{pu} (N/mm ²)	E_p (kN/mm ²)	f_{sy} (N/mm ²)	E_s (kN/mm ²)	f_{wy} (N/mm ²)	E_w (kN/mm ²)	f_g (N/mm ²)	E_g (kN/mm ²)	f_c (N/mm ²)	E_c (kN/mm ²)
No.1	鋼より線	5T12.7	1793	1965	193	389	185	389	185	—	—	45.4	31.6
No.2	SWPR7BL	/シース								32.8	13.1	50.2	33.7

φ: 鋼材径, f_{py} : PC鋼材の引張降伏強度, f_{pu} : PC鋼材の引張強度, E_p : PC鋼材のヤング係数, f_{sy} : 軸方向鉄筋の引張降伏強度,

E_s : 軸方向鉄筋のヤング係数, f_{wy} : スターラップの引張降伏強度, E_w : スターラップのヤング係数, f_g : グラウトの圧縮強度,

E_g : グラウトのヤング係数, f_c : コンクリートの引張降伏強度, E_c : コンクリートのヤング係数

キーワード PC 桁, 静的載荷試験, PC 主鋼材, 破断, 変状, 破壊

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所コンクリート構造研究室 TEL042-573-7281

た箇所は左右対称に曲げひび割れが発生し、腹部へ進展した。3/9のプレストレスを開放すると、さらにひび割れの数が増え、スパン中央から左右 1000mm の範囲で曲げひび割れが発生し、一部のひび割れは上フランジ下面まで達した。また、スパン中央付近の軸方向鉄筋が降伏した。4/9のプレストレスを開放すると、載荷点のスパン中央部の変位が 100mm を超過した。さらに 5/9のプレストレスを開放すると、ひび割れが上フランジ側面にまで達し、剛性が低下、大変形したため、試験を終了した。

試験体 No.2 のジャッキ荷重と L/4 点の変位関係を図-4、ひび割れ状況を図-5 に示す。試験体 No.2 は、PC 鋼材のうち 4/9 の鋼材を切断し、荷重を 900kN 載荷した時点で L/4 点に曲げ斜めひび割れが発生した。5/9 の鋼材を切断すると、L/4 点から斜め 40°~45 度にひび割れが進展した。6/9 の鋼材を切断すると、L/4 点から斜めに伸びていたひび割れの進展は止まり、上方向に曲げひび割れが進展し、上フランジ下面まで到達した。7/9 の鋼材を切断すると L/4 点から上方に伸びていたひび割れの幅が増大、ひび割れが上フランジ側面にまで達し、図-5 に示すように上縁部が圧壊し、PC 桁が曲げ破壊した。なお、試験体 No.2 においてはコア削孔により鋼材を切断したため、下縁の断面欠損の影響により、ひび割れが局所化したものと考えられる。

4. PC 桁の残存曲げ耐力

既往の研究¹⁾から、開放された PC 鋼材の付着特性、および開放により減少するプレストレスを算定し、PC 鋼材の定着を考慮した応力-ひずみ関係、各断面でのひずみ量を求め、PC 桁の残存曲げ耐力を評価した。図-2、図-4 に残存曲げ耐力から定まる曲げ破壊荷重を示す。試験体 No.1, No.2 の破壊荷重の計算値と実験値は概ね一致した。なお、試験体 No.1 は曲げ破壊に至らなかったが、5/9 開放時の載荷でひび割れが上フランジ側面にまで達し、桁の剛性も大きく低下していることから、ほぼ曲げ破壊に達しているものと推測される。

5. まとめ

グラウト未充填区間の相違により、ひび割れ発生および進展状況が、大きく異なった。また、開放された PC 鋼材の付着特性、および残存プレストレスを考慮した評価法による残存曲げ耐力の計算値と実験値は、概ね一致した。

なお、本試験は国庫補助により実施した試験の成果を含んでいる。

参考文献

1) 前田友章, 徳永光宏, 田所敏弥, 谷村幸裕: 鋼材破断時の付着特性に着目した PC 梁の曲げ耐力に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, 2010 (投稿中)

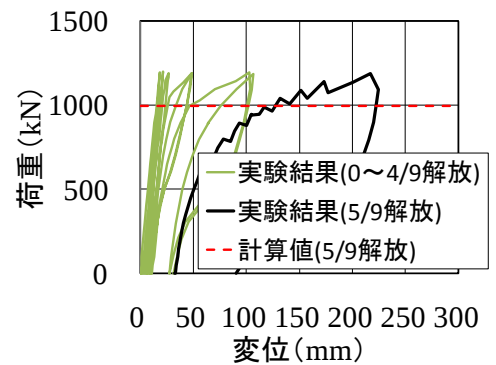


図-2 荷重-変位関係(試験体 No.1)

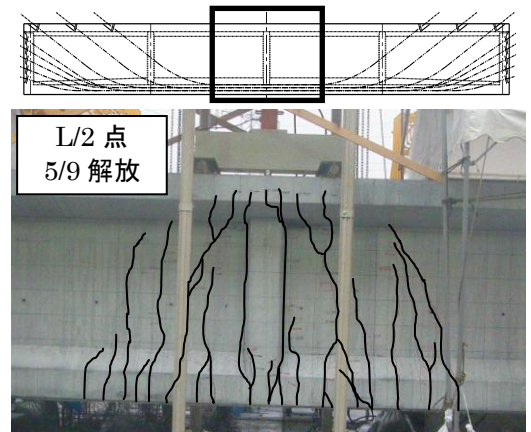


図-3 ひび割れ状況(試験体 No.1)

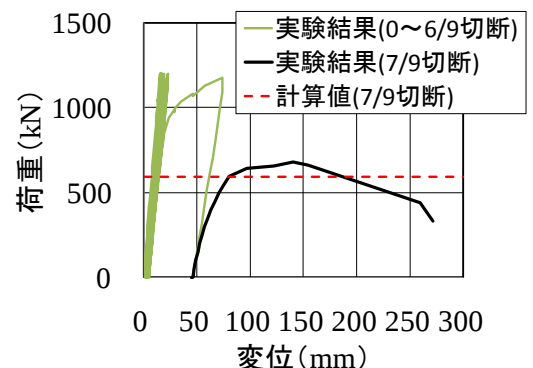


図-4 荷重-変位関係(試験体 No.2)

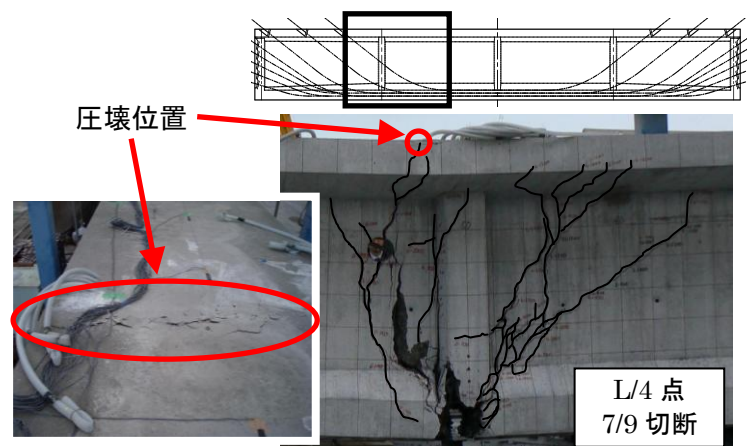


図-5 ひび割れ状況(試験体 No.2)