

光ファイバを用いた PC 緊張力変動の計測

鹿島建設(株) 正会員 ○大窪一正, 今井道男, 山本 徹
山野辺慎一, 曾我部直樹, 横田祐起
ヒエン電工(株) 千桐一芳, 小林俊之
住友電工スチールワイヤー(株) 正会員 松原喜之, 及川雅司, 中上晋志

1. はじめに

PC 構造物の性能を長期にわたり確保するためには、施工時において設計断面へ確実に PC 緊張力が導入されることを確認し、供用中の緊張力の変動が想定以内であることをモニタリングすることが重要である。筆者らは、高耐久で長スパンのひずみ分布を計測可能な光ファイバを PC 鋼材に組み込み、PC 鋼材全長にわたって緊張力分布を計測する技術の開発を行っている¹⁾。本文では、PC 梁試験体を用いた曲げ載荷実験を実施し、光ファイバを用いた PC 緊張力変動の計測性能を確認した試験について述べる。

2. 光ファイバによるひずみ計測技術

本研究では、光ファイバ内で対向する光の間で生じる誘導ブリルアン散乱を利用した BOCDA 方式²⁾によりひずみを計測した。現行の計測システムの仕様を表-1 に示す。

3. 実験概要

ポストテンション方式の PC 梁試験体を製作し、PC 緊張・定着した後、ポリエチレンシース内をグラウト充填し、グラウト硬化後に 4 点曲げ実験を実施した。使用した PC 鋼材は 1S15.2B 裸ストランド 3 本であり、図-1 に示すとおり、三角形の樹脂で被覆した光ファイバをより線の凹部に沿って接着した。試験体形状を図-2 に、使用した材料の物性値を表-2 にそれぞれ示す。また、PC 鋼材には図-2 に示す位置にひずみゲージを張り付けており、光ファイバによるひずみの計測値と比較した。

4. 緊張時のひずみ計測

緊張は PC 鋼材 3 本で同時に行い、緊張中、所定の緊張力(油

表-1 BOCDA 方式によるひずみ計測仕様

計測精度	約±100μ
計測時間	約 1 秒/計測点
位置分解能	数 cm
計測範囲	～200m (光ファイバ全長に渡り、 任意の点の計測が可能)



図-1 光ファイバ組込み PC 鋼材

表-2 材料物性値

材料	降伏強度 N/mm ²	弾性係数 kN/mm ²	引張強度 N/mm ²
主鉄筋 D13 SD345	380	193	543
PC 鋼材 S15.2B	1784※1	192	1962

※1：0.2%耐力。

材料※2	圧縮強度 N/mm ²	弾性係数 kN/mm ²	割裂引張 強度 N/mm ²
コンクリート 材齢 73 日	56.5	35.9	3.80
グラウト 材齢 13 日	96.8	22.6	3.06

※2：載荷日材齢。

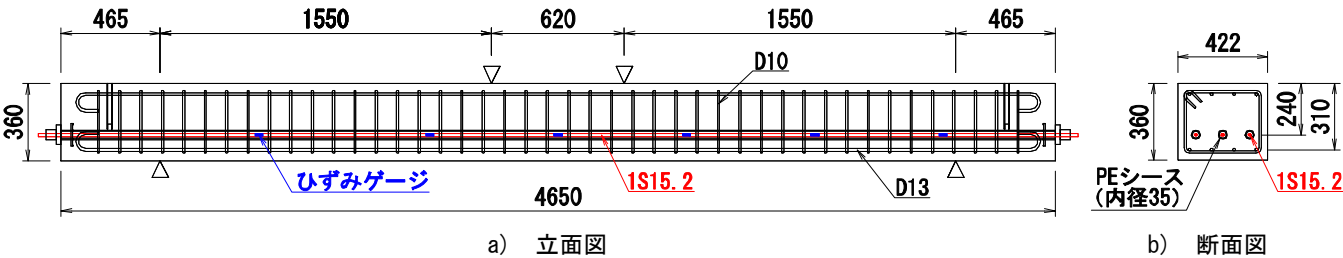


図-2 PC 梁試験体形状

キーワード プレストレストコンクリート, 緊張力管理, 維持管理, 光ファイバ

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6708

圧)に達した時点で加力を停止し、光ファイバによりひずみ分布を計測した。ひずみは、初期緊張時(ポンプ圧 5 MPa)からの増分として整理した。図-3 に、緊張時の PC 鋼材ひずみ分布を示す。緊張力 200 kN において若干のばらつきが見られるものの、光ファイバによるひずみ計測値はひずみゲージによる計測値と概ね一致していることが確認できる。

5. 曲げ載荷時のひずみ計測

載荷は、5,000 kN 万能試験機にて行った。載荷スパンを図-2 に示す。事前に計算により求めた引張縁のコンクリート応力が 0 N/mm^2 となる荷重(55 kN), および、ひび割れが発生した荷重(125 kN)でそれぞれ 5 回ずつ繰返し載荷を行った後、終局まで単調載荷を行った。光ファイバによるひずみ計測は、繰返し載荷中は目標荷重への 5 回目の到達時とし、単調載荷中は荷重 25 kN ずつ、または、鉛直たわみ 2.5 mm ずつとした。

図-4 に、荷重-鉛直たわみ関係を示す。表-2 に示した値を用いてコンクリート標準示方書に従って算定した曲げ耐力は 290 kN, 実験により得られた最大耐力は 298 kN であった。

図-5 に、各繰返し載荷 5 回目到達時、および、事前に計算により求めたストランド応力が $0.84f_u$ (コンクリート示方書に規定されるトリリニアモデルの 1 次折れ点、 f_u はミルシート記載の実引張強さ)となる荷重(267 kN)における PC 鋼材ひずみ分布を示す。ひずみは、載荷直前の値を初期値とし、曲げ載荷によるひずみ増分として整理した。光ファイバによるひずみ計測値は、ひずみゲージによる計測値と比較して定量的には差異がみられるが、傾向は捉えられており、グラウト充填下においても、光ファイバは PC 鋼材ひずみの増減に追随し、PC 緊張力の変動を評価可能であることが確認された。

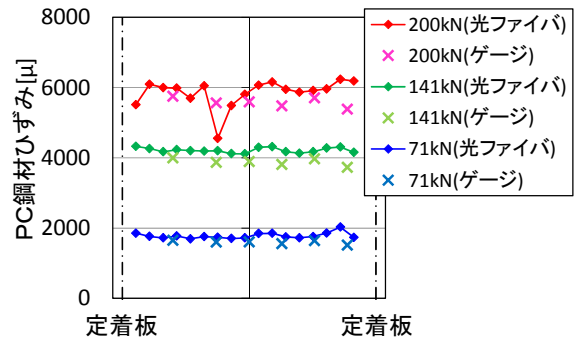


図-3 緊張時の PC 鋼材ひずみ分布

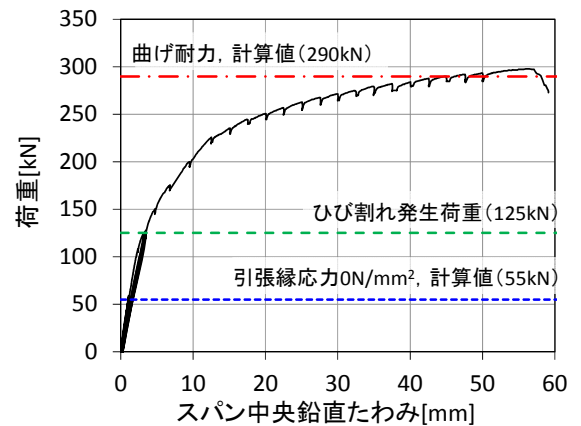
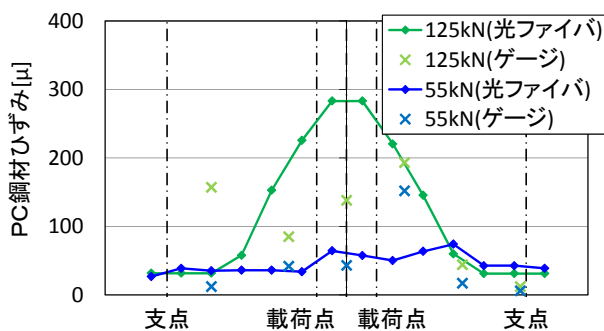
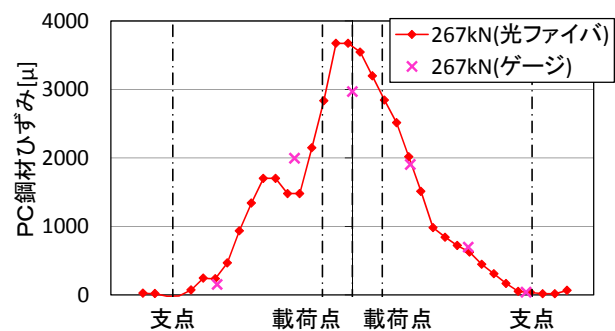


図-4 荷重-鉛直たわみ関係



a) 55kN (5 回目), 125kN (5 回目)



b) 267kN (ストランド応力 $0.84f_u$)

図-5 曲げ載荷時の PC 鋼材ひずみ分布

6. まとめ

PC 梁試験体を使用した曲げ載荷実験を実施し、光ファイバを用いたひずみ計測技術によって、グラウト充填された内ケーブルの緊張力変動を計測可能であることを確認した。今後、長期計測性能確認試験等を実施し、ヘルスマニタリング技術としての実用化に向け、引き続き検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 横田ほか: 光ファイバを用いた PC 鋼より線の緊張力計測, 第 70 回土木学会年次学術講演会, 2015, pp.319-320.
- 2) 今井ほか: 光ファイバセンサーを用いた PC 構造物のひび割れ検知技術, プレストレストコンクリート, Vol. 51, No. 3, pp. 78-83, 2009