

分布型光ファイバセンサによる PC 部材の曲げ挙動の計測

鹿島建設(株) 正会員 ○川端淳一 小嶋進太郎 玉野慶吾 十川貴行
曾我部直樹 平 陽兵 大窪一正 今井道男

1. はじめに

分布型光ファイバセンサは、センサを対象物に貼り付けることで、全長にわたるひずみ分布を計測できるものである。筆者らは、これまでに分布型光ファイバセンサを用いて、RC 部材のコンクリートのひずみ計測を実施し、ひび割れ発生の検知や発生位置の特定に有効であることを確認している。本稿では、プレストレストコンクリート (PC) 部材を対象に、分布型光ファイバセンサを用いてコンクリートと鉄筋のひずみ計測を行い、外力が作用した際の挙動を把握する手法として有効であることを確認したので、その結果を報告する。

2. 実験概要と計測方法

図-1に対象とした試験体の形状を示す。試験体は断面が $450 \times 360 \text{mm}$ 、長さが $4,600 \text{mm}$ の PC 梁試験体である。プレストレスは、PC 鋼より線 (1S15.2) 3 本を下縁から 120mm の位置に直線配置し、下縁のコンクリート応力度 6.0N/mm^2 を目標に、ポストテンション方式で導入した。荷重は、写真-1に示すように単純梁として 4 点曲げで単調載荷した。載荷時のコンクリートの圧縮強度は 49.7N/mm^2 、ヤング係数は 31.5kN/mm^2 であり、鉄筋の降伏点強度は 396N/mm^2 、ヤング係数は 194kN/mm^2 であった。

写真-2に光ファイバセンサの設置状況を示す。直径 0.9mm の光ファイバを、コンクリート部材の表面 (センサ C) と主鉄筋の表面 (センサ S) に、試験体全長にわたって接着剤で貼り付けた。光ファイバの計測方式は、特性の異なる 2 種類の方式 ²⁾ として、ひずみゲージと同等の精度を有するレイリー散乱光を用いた光ファイバ計測 (以下、R 方式) と、

大きなひずみ変化に追従可能なブリルアン散乱光を用いた光ファイバ計測 (以下、B 方式) を適用した。R 方式と B 方式ともに、データを取得する間隔を 5cm 、空間分解能を 10cm とした。ここで、空間分解能はひずみゲージにおけるゲージ長に相当する。その他、載荷荷重をロードセルで、変位を変位計で、主鉄筋のひずみをゲージ長 2mm のひずみゲージでそれぞれ計測した。

大きなひずみ変化に追従可能なブリルアン散乱光を用いた光ファイバ計測 (以下、B 方式) を適用した。R 方式と B 方式ともに、データを取得する間隔を 5cm 、空間分解能を 10cm とした。ここで、空間分解能はひずみゲージにおけるゲージ長に相当する。その他、載荷荷重をロードセルで、変位を変位計で、主鉄筋のひずみをゲージ長 2mm のひずみゲージでそれぞれ計測した。

3. 計測結果

図-2に荷重-変位関係を示す。光ファイバの計測は、各荷重段階で実施したが、本稿では下縁コンクリートがひび割れ発生強度に達する計算荷重 101kN 、複数のひび割れが目視確認された 115kN 、および引張側の主鉄筋が降伏ひずみに達した 224kN 時の結果を示す。

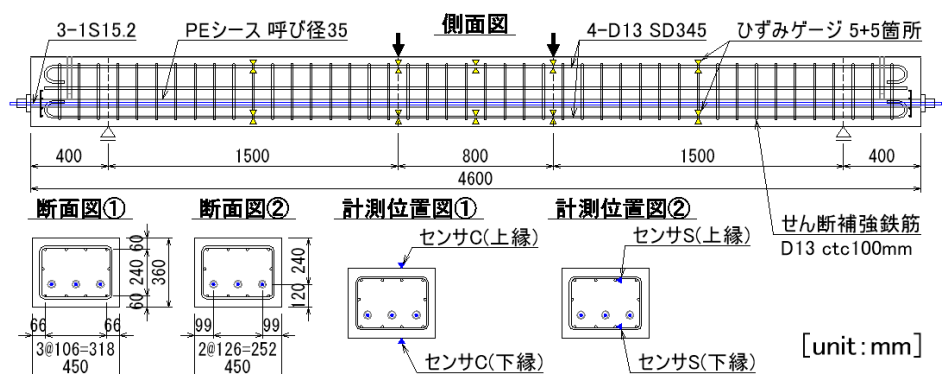


図-1 PC 梁試験体の形状

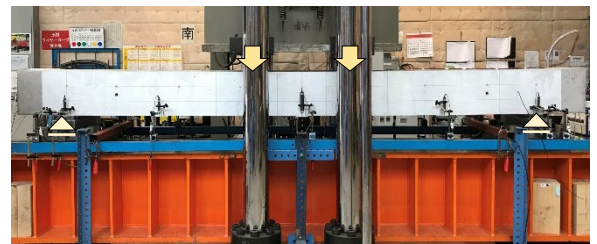


写真-1 載荷状況

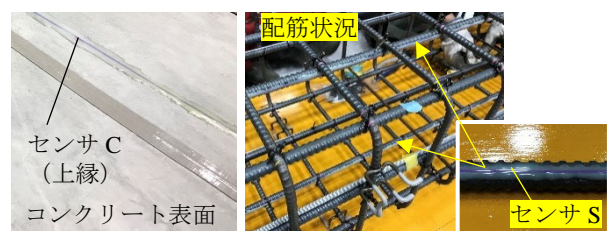


写真-2 光ファイバセンサの設置状況

キーワード 光ファイバセンサ, レイリー散乱光, ブリルアン散乱光, PC 部材

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 042-485-1111

図-3に、101kN時点におけるコンクリート（センサC）と主鉄筋（センサS）のR方式によって得られたひずみ分布を示す。ひずみは、断面の上下における主鉄筋とコンクリート表面の値を示しており、縦軸を反転させている。また、鉄筋のひずみゲージの値も併せて示す。光ファイバセンサのひずみデータは部材軸方向に連続的に5cm間隔で得られたもので、主鉄筋に接着したセンサSによる計測値は、曲げモーメント分布に応じた上下の鉄筋の挙動を部材軸全体にわたって捉えており、ひずみゲージによる計測値とも一致した。センサCも概ね曲げモーメントに応じた分布となっているが、引張側の等曲げ区間で局所的に大きなひずみが確認された。そこで、等曲げ区間近傍に着目したひずみ分布を図-4に示す。図中には、荷重101kNに加え、115kNにおける主鉄筋のひずみ分布と局所的にひずみが増加した点を矢印で示すとともに、目視で確認した荷重115kNと125kN時点のひび割れ状況も併せて示す。R方式で計測された局所的なひずみ変化点は、目視観察されたひび割れ発生位置と一致しており、101kN時には目視で確認できなかったひび割れの発生を光ファイバが検知したものであると考えられる。

図-5にひずみ分布から算出した変位分布を示す。変位は、上下の主鉄筋のひずみ（センサS）から曲率を算出し、これを支間方向に2階積分して求めた。なお、両側の支点で変位がゼロとなるように境界条件を設定して算出した。軸方向に高密度で連続的にひずみ分布が得られることから、そこから算出される変位は、その分布形状を捉えられているだけでなく、変位計による計測値と一致しており、光ファイバセンサによる計測を行うことで、高精度に変形も把握できることを確認した。

4. おわりに

PC梁部材の曲げ挙動を把握することを目的に、光ファイバセンサによるひずみ計測を特徴が異なる2つの方式で行い、微小ひずみをR方式で、比較的大きなひずみをB方式で計測することでひび割れの発生・位置の把握から変形挙動まで網羅的に把握できることを確認した。今後はPC梁試験体を対象とした長期計測を行い、PC構造物の維持管理への適用性などを検討する予定である。

参考文献

- 1) 泉宙希ほか：コンクリート内に埋め込んだ光ファイバセンサによるコンクリートひずみ計測，土木学会第75回年次学術講演会，CS9-52，2020.
- 2) 今井道男ほか：高精度光ファイバセンサを用いたひずみ・変位計測の検証実験，土木学会第75回年次学術講演会，CS9-28，2020.

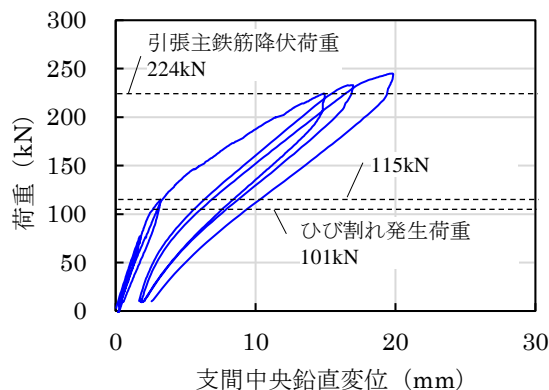


図-2 荷重-変位関係

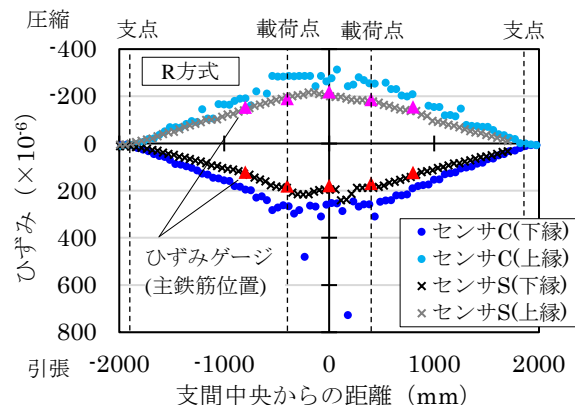


図-3 主鉄筋のひずみ分布 (101kN時点)

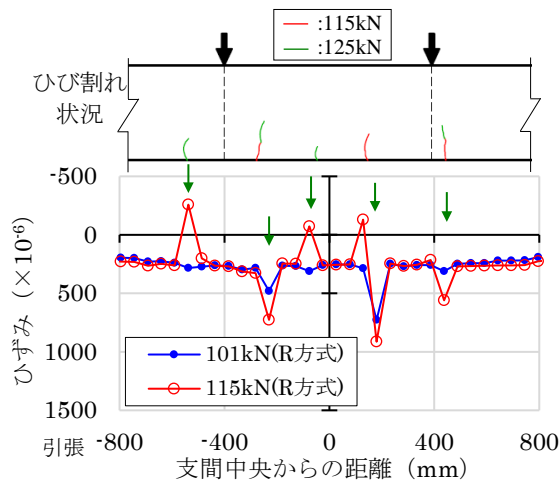


図-4 等曲げ区間における引張主鉄筋のひずみ分布とひび割れ状況

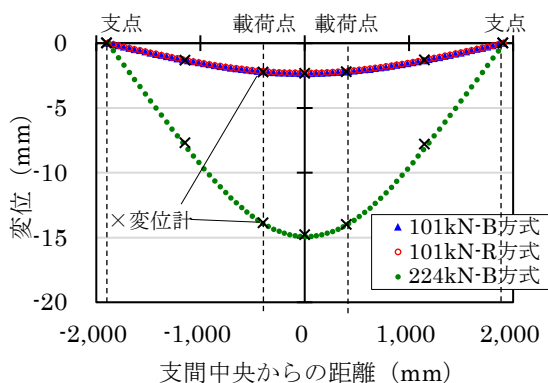


図-5 変位分布