

光ファイバによるコンクリート構造物のひずみ計測に関する研究

前田建設工業(株) 正会員 ○白根 勇二・渡部 正・舟橋 政司
東京電力(株) 田尻 功
東電設計(株) 松本 正浩

1. はじめに

近年、コンクリート構造物のモニタリング技術のひとつとして、光ファイバセンサを用いた BOTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometer) という手法が注目されてきている¹⁾。BOTDR は、後方散乱光であるブリルアン散乱光の周波数が光ファイバ内に発生するひずみに比例してシフトするという性質を利用した計測手法である。しかし、通常の通信用光ファイバをコンクリート構造物のセンサとして使用すると、コンクリートのひび割れ発生時の破断、光ファイバ敷設時のハンドリング、コンクリート打設時における損傷、初期ひずみの感度、等の問題が懸念される。

そこで本検討では、以上の問題点を改良した金属管内装タイプの光ファイバをセンサとして用い、鉄筋コンクリート梁の曲げ載荷試験を実施し、コンクリート構造物への適用性を検討した。

2. 光ファイバセンサの特長

使用した光ファイバセンサ¹⁾は、外径 2.0mm の金属管に塩化ビニル樹脂で被覆された光ファイバ心線を内装し、プリテンション状態で 1m 毎にかしめて一体化された構造となっている。そのため、BOTDR の測定分解能 (1m) を維持したまま、ひずみ計測が可能であり、ひび割れ発生等による局所的な変状に対して光ファイバセンサの破断を防ぐことができる。また、製造時のプリテンション効果により、初期ひずみの感度が向上し、圧縮ひずみの測定も可能となっている。

3. 実験概要

図-1 に試験体の寸法と計測センサの設置位置を示す。試験体は高さ 600mm、幅 600mm、長さ 10,000mm とし、等曲げモーメント区間が 5,000mm、せん断区間が 2,000mm の 2 点載荷を行った。設置した計測センサは、光ファイバセンサ、鉄筋ひずみゲージ、変位計である。光ファイバセンサは引張主鉄筋に 2 本、梁側面のコンクリート表面上に引張鉄筋位置と圧縮鉄筋位置にそれぞれ 1 本、エポキシ樹脂で貼付して設置し、4 本をコネクタで接続した。センサ長は 9,000mm としたが、鉄筋に設置した光ファイバは鉄筋の継ぎ手位置を避けるため 6,000mm とした。また、ひずみゲージ A は等曲げモーメント区間のひずみ分布の評価、ひずみゲージ B は梁中央部付近の局所的なひずみ分布の評価を目的として設置した。

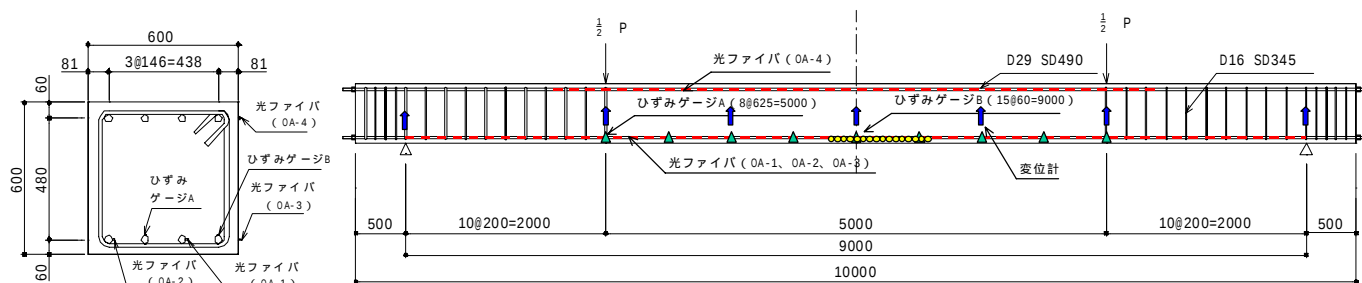


図-1 試験体形状および計測器設置位置

4. 実験結果

図-2 に荷重が 223kN の時点のひずみ分布を示す。各光ファイバセンサは、梁部材に発生する引張ひずみと圧縮ひずみの分布を検出しており、引張鉄筋に設置した光ファイバセンサのひずみ計測値は、ひずみゲージの計測値

キーワード：光ファイバ、BOTDR、モニタリング、コンクリート構造物、維持管理

連絡先：〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業(株) 技術研究所 TEL 03-3977-2412 FAX 03-3977-2251

と概ね一致している。しかし、ひび割れ誘発目地を設置し、ひび割れの進展を先行させた梁中央部（距離 0mm）では、ひずみゲージの計測値よりも小さくなっている。これは、ひび割れ近傍のひずみが 1m 区間のひずみに平均化されているためと考えられる。

金属管内装タイプの光ファイバセンサが、1m 区間の平均ひずみを正確に計測できているか確認するため、梁中央部 1m 区間における光ファイバセンサのひずみと 60mm ピッチで設置したひずみゲージ B の 1m 区間平均ひずみを比較して検証した（図-3）。光ファイバセンサの計測値は、ひずみが 100μ 以下の範囲ではばらつきが認められるものの、 100μ 以上の範囲ではひずみゲージの計測値とほぼ一致しており、光ファイバセンサがひび割れを発生した鉄筋コンクリート梁のひずみを高い精度で計測できていることが確認できる。

図-4 に、梁の等曲げモーメント区間における光ファイバセンサとひずみゲージの平均ひずみと、載荷荷重との関係を示す。光ファイバセンサとひずみゲージのひずみ履歴はほぼ同様であり、光ファイバセンサが等曲げモーメント区間の全体ひずみを精度良く計測できたことがわかる。

図-5 は、全長 10m の梁部材全体の変形を光ファイバセンサで評価できるか検証するため、変位計の計測結果から求めた曲率と、梁側面の引張域と圧縮域に設置した光ファイバセンサの計測結果から求めた曲率を比較したものである。せん断スパンでの斜めひび割れ発生（x 点）による変位計のずれが生じるまでは、両者の結果が良く一致している。したがって、光ファイバセンサで梁全体の変形を評価することが可能であるとともに、引張ひずみの計測値だけでなく、圧縮ひずみの計測値も良好であったことが裏付けられた。

以上の結果から、金属管内装タイプの光ファイバがコンクリート構造物のモニタリングに適用できるものと判断できる。

5. まとめ

- (1) 金属管内装タイプの光ファイバセンサが、ひび割れ発生した鉄筋コンクリート梁の引張ひずみを精度良く計測できることがわかった。
- (2) 金属管内装タイプの光ファイバセンサで圧縮ひずみの計測が可能であることがわかった。
- (3) 光ファイバによるひずみ計測結果から梁全体の変形を評価できることがわかった。
- (4) 本検討結果から、金属管内装タイプの光ファイバセンサがコンクリート構造物のモニタリングに適用可能であることが確認された。

【謝辞】本実験において、御指導いただいた安藤電気（株）ならびに関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】1)勝木太ら：光ファイバを用いた変形計測用センサ、コンクリート工学、vol.40、No.3、pp3～7、2002.3

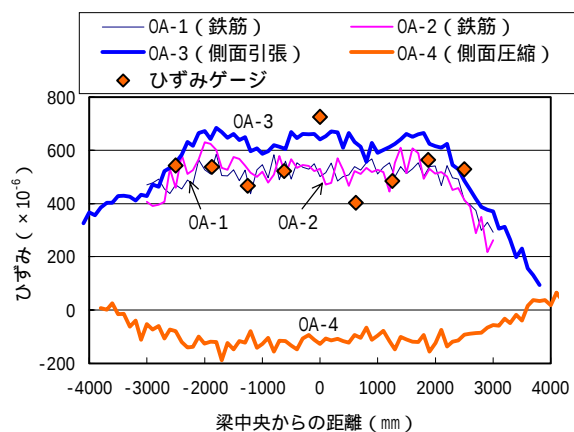


図-2 ひずみ分布状況（223kN）

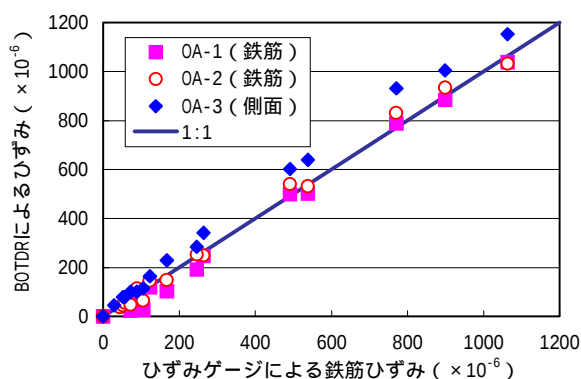


図-3 梁中央部 1m 区間の平均ひずみ

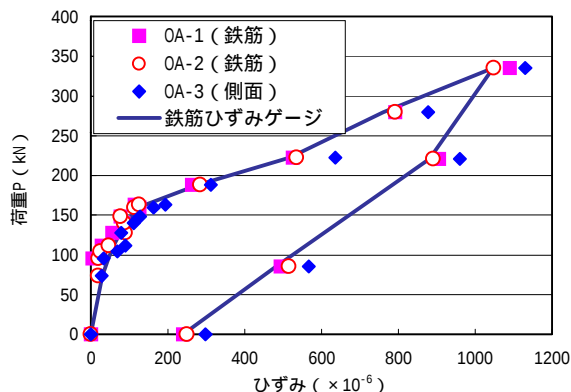


図-4 等曲げモーメント区間の平均ひずみ

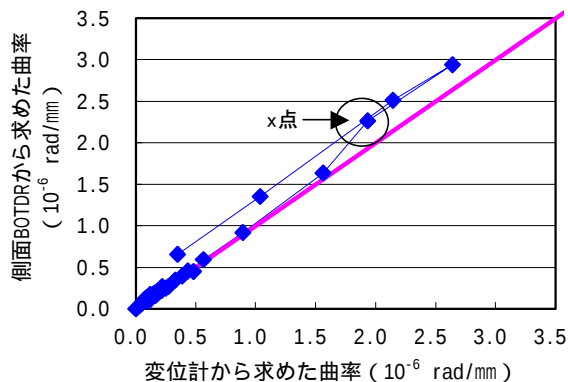


図-5 梁全体の変形（曲率）