

光ファイバーセンサによる動的ひずみ分布データ処理方法の研究 —コンクリート梁試験体の加振実験—

鹿島建設(株) 正会員 ○三浦 悟 今井道男
横河電機(株) 松浦 聡 熊谷芳宏

1. はじめに

構造物の特性を知るうえで、その固有振動数や振動モードを把握することは重要である。そのためには、主に任意位置に設置した加速度計などによる時間的に連続したデータが用いられている。一方、分布型光ファイバーひずみセンサでは、光ファイバーに沿って位置的に連続するひずみ分布データを得ることができる。本センサはこれまで静的計測を対象としてきたが、データ取得時間が短縮され、動的な計測が可能となってきた。そこで、コンクリート梁試験体の加振実験に分布型光ファイバーセンサを適用し、振動モードの把握を試みたので報告する。

2. 加振実験

(1) 分布型光ファイバーセンサ

ブリルアン散乱を利用した分布型光ファイバーひずみセンサにはいくつかの種類があるが、本研究ではBOCDA方式を利用した¹⁾。本方式は信号強度が高いため、短時間でのデータ取得が可能となる。現時点では、一点あたりのひずみを6msecで計測できる。本方式では、計測位置を任意に高速で切り替えながら、動的ひずみ分布を得られることが大きな特長である。

(2) データ処理方法

振動モードを得るためには、同一時刻における構造物の状態を把握する必要がある。しかし、BOCDA方式で得られるデータは同期しておらず、各データ間には ΔT （本実験では6msec）の時間ずれがある（図-1）。そこで、データの連続性を確保するために、下式に示す双三次補間（バイキュービック）法によるデータ補間を施した²⁾。本処理によって、離散的な時間（ x^i ）・位置（ y^j ）データをもとにして、擬似的に同一時刻のひずみ分布情報（ p ）を得ることができる（図-2）。

$$p(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j$$

(3) コンクリート梁試験体

全長 2.2m の鉄筋コンクリート製の梁試験体を製作した（図-3、写真-1）。試験体内部には鉄筋に沿って光ファイバーセンサが埋め込まれており（写真-2）、試験体下面には光ファイバーセンサが接着剤で表面に全長固定されている。

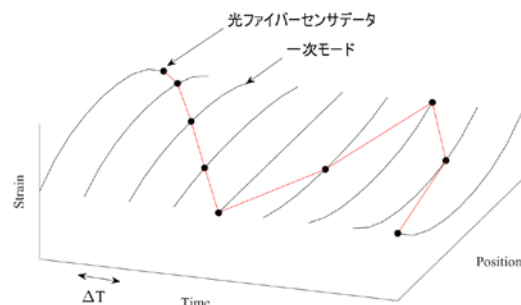


図-1 動的ひずみ分布のイメージ

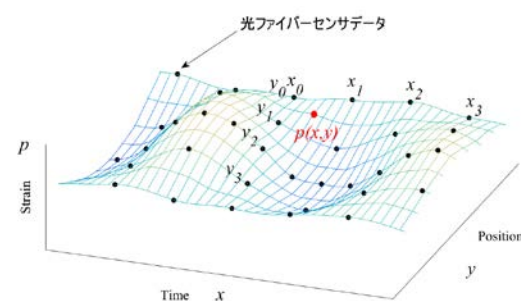


図-2 データ補間

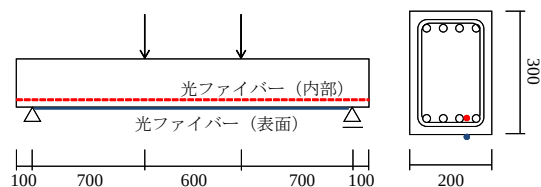


図-3 コンクリート梁試験体



写真-1 試験体の製作状況

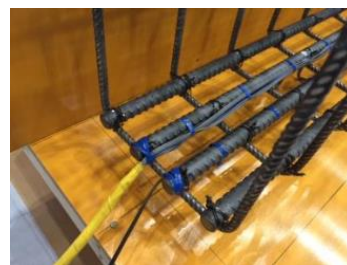


写真-2 光ファイバーセンサの設置状況

キーワード 光ファイバーセンサ, ひずみ測定, 振動モード

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 TEL042-489-6264

(4) 静的载荷

加振実験に先立ち、静的载荷試験を行った。実験状況を写真-3に示す。荷重 10, 25, 50kN 時のコンクリート表面ならびにコンクリート内部（鉄筋部）の光ファイバーセンサのひずみ分布計測結果を、ひずみゲージの結果とともにそれぞれ図-4~6に示す。このときの光ファイバーセンサの位置分解能は 30mm である。測定結果によれば、10kN 時にはみられなかったひび割れによる局所的なひずみ分布の変化が 25kN 時にみられ、さらに 50kN 時になるとその数が増え、コンクリート表面から内部までひび割れが進展している様子が推察できる。高い位置分解能で密に計測することで、微細なひび割れまで同定できた。

(5) 加振実験

13.5±11.5kN の荷重範囲で 3Hz の加振をしたときに、サンプリング周波数を重視し、5 箇所の計測位置を 6msec で高速に切り替えながら測定した結果を図-7, 8に示す。コンクリート内部（鉄筋部）を高い分解能（30mm）で、コンクリート表面をやや低い分解能（100mm）で、それぞれ動的ひずみ分布を計測し、前述の補間を施したものである。位相の異なる状態での計測結果と、解析で得られたひずみ分布を併記する。位置分解能や計測位置によって、得られる振動モード（ここではひずみ分布に相当）形状が異なることがわかる。これは、荷重によって開閉するひび割れの影響度合いが異なるためと考えられる。コンクリート内部（鉄筋部）に対しては、低い位置分解能で計測した結果が解析と比較的良く似た傾向を示した。

3. おわりに

光ファイバーセンサによる動的ひずみ分布データの処理方法を提案し、鉄筋コンクリート梁試験体を用いて実験的に検証した。ひび割れ発生をとらえるためにはコンクリート表面を高い位置分解能で密に計測することが有効であるのに対して、振動モードを把握するためにはコンクリート内部（鉄筋部）をやや低い位置分解能による動的計測が有効な場合があることがわかった。対象や目的に応じて、位置分解能などの計測パラメータなどを調整することが効果的である。今後、処理技術の汎用化に努め、構造状態の変化を振動モードの変化から把握するための検証を進めていきたい。

謝辞

本研究は JST 研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) シーズ育成事業 (AS2525002H) によって行われました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 足立正二, 内山晴義, 金納元勝, 保立和夫: 時間ゲート機能を用いた光相関法高空間分解能光ファイバ歪み分布センサの測定距離レンジ拡大技術について: 応用物理学会第 32 回光波センシング技術研究会, LST-32-2, pp.11-17, 2003.
- 2) 三浦悟, 今井道男, 松浦聡: 光ファイバーセンサによる動的ひずみ分布データ処理方法の研究, 土木学会第 71 回年次学術講演会, CS7-010, pp.19-20, 2016.



写真-3 実験状況

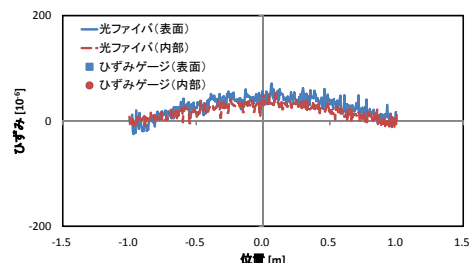


図-4 ひずみ分布 (10kN)

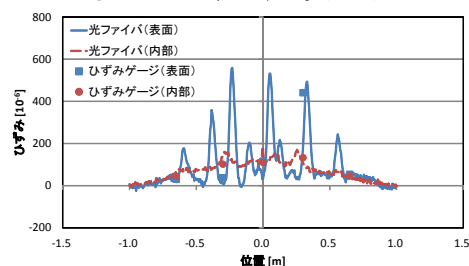


図-5 ひずみ分布 (25kN)

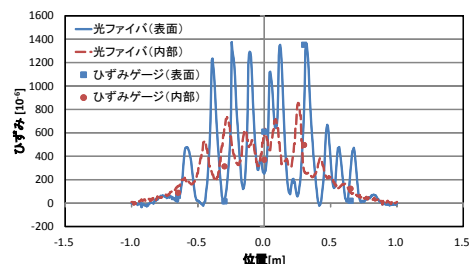


図-6 ひずみ分布 (50kN)

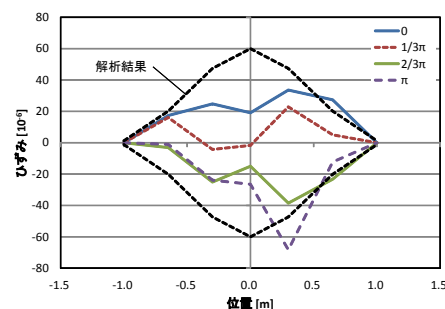


図-7 動的ひずみ分布 (表面, 分解能 30mm)

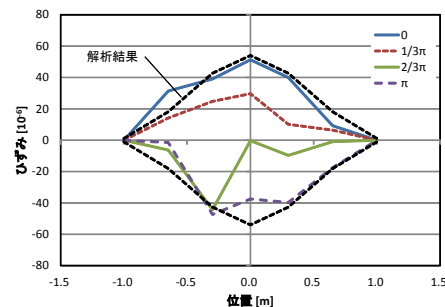


図-8 動的ひずみ分布 (内部, 分解能 100mm)