

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

鹿島建設(株) 正会員 ○三浦 悟, 今井 道男
横河電機(株) 松浦 聡

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。こうした目的のためには、主に任意位置の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。これまで静的なひずみ計測を対象としていたセンサであるが、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、振動実験によって動的ひずみ分布データを記録・処理し、振動モードの把握を試みたので報告する。

2. 振動実験

(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、ふたつの光を対向させて生じる誘導ブリルアン散乱を利用しており、信号強度が高いため、短時間でひずみ計測が可能となる。現時点では、一点あたりのひずみを 14m 秒で計測できる。また、本方式では計測位置を任意に切り替えながら、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 14m 秒) の時間ずれがある(図-1)。そこで、下式に示すデータ補間を施した。データの連続性を確保するために、双三次補間(バイキュービック)法を用いた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)。 a は、内挿するデータから参照するデータまでの距離(ここでは距離と時間)で決定される項である。

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

(3) 振動実験装置

本データ処理法を検証するために、振動実験を行った。ジュラルミン製の鋼板下面に光ファイバーを設置し、支間長 2m の実験装置に固定した(図-3および写真-1)。参照用に、鋼板上面にはひずみゲージを 25cm 間隔で計 9 箇所設置した。

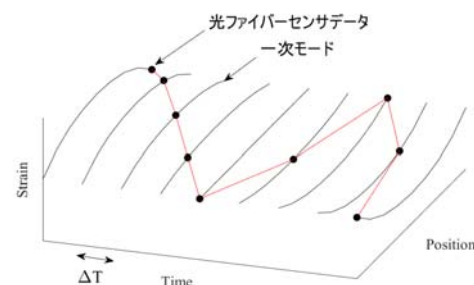


図-1 動的ひずみ分布のイメージ

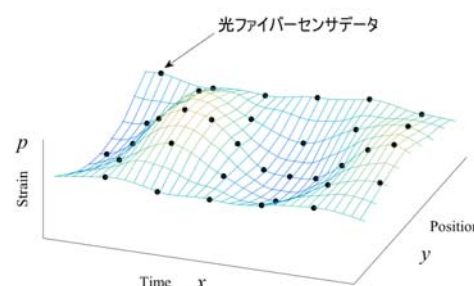


図-2 データ補間

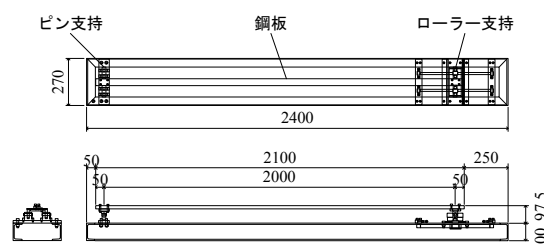


図-3 振動実験装置

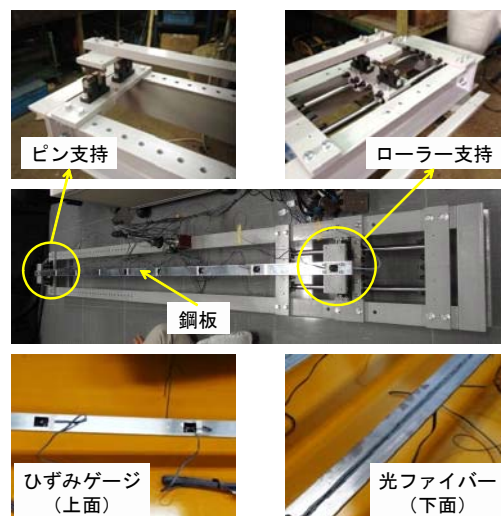


写真-1 振動実験の状況

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) 実験方法

支間中央部を押し下げてから離すことで、鋼板を自由振動させ、ひずみゲージ (200Hz) および光ファイバーセンサでひずみを計測した。光ファイバーでは BOCDA 方式により、1.0 (ローラー支持部), 0.5, 0.0 (支間中央部), -0.5, -1.0 (ピン支持部), 0.0, また 1.0m と順に計測位置を 14m 秒ごとに切り替えながらこれを繰り返し、動的ひずみ分布データを取得した。

(5) 実験結果

ひずみゲージによる計測結果を図-4に示す。図-4の上の図は、ひずみ分布を動的に示したもので、ここでは見やすいように 100Hz で表示している。また、下の図は、1/6 周期ごとのひずみ分布を示したもので、振動モードを示唆するものである。本結果によれば、一次モードで振動している様子がみとれる。中央部のひずみゲージの結果によれば、固有振動数は 3.125Hz、減衰比は 5.69%であった。

光ファイバーセンサによる計測結果を図-5に示す。図-5の上の図の動的ひずみ分布では、サンプリング数が十分でないことも影響しており、振動の様子を明瞭には確認しづらい。下の図に 1/6 周期ごとのひずみ分布を示す。計測位置によっては、計測間隔よりも 1/6 周期の方が短いために、直近のひずみデータを保持させることで仮想的にひずみ分布を示したものである。

光ファイバーセンサによる計測結果を補間したものを図-6に示す。補間によってひずみ分布形状が円滑に表され、ひずみゲージの結果と極性が反転している様子が、図-6の上の図の動的ひずみ分布、下の図のひずみ分布からもわかる。また、補間後の中央部のひずみ結果によれば、固有振動数は 3.162Hz、減衰比は 5.57%とひずみゲージと同等の値が得られた。

4. 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検討し、振動モード把握への実用性を実験的に検証した。3Hz 程度の一次モードでの振動実験を通じ、処理によって一定の効果がみられ、動的ひずみ分布データから固有振動数などとともに振動モードをとらえられる可能性を示すことができた。今後、処理技術の汎用化に努め、高次の振動モードや過渡振動下における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) Nina Siu-Ngan: Spatial interpolation methods: a review, The American Cartographer, 10(2), pp.129-150, 1983.

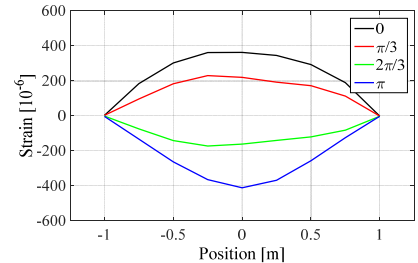
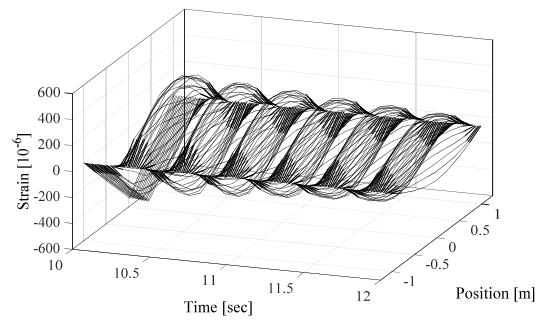


図-4 ひずみゲージの計測結果

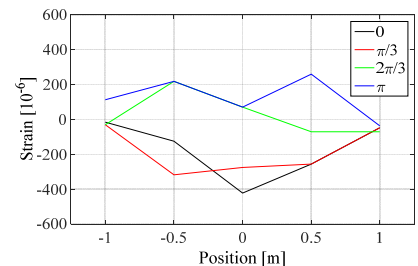
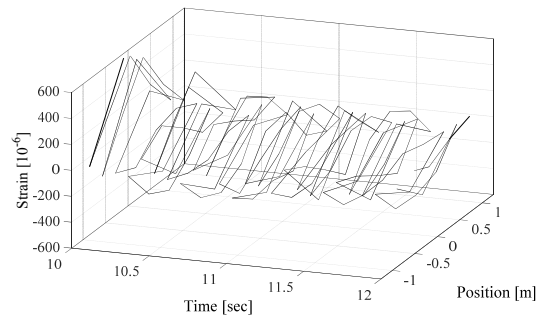


図-5 光ファイバーの計測結果

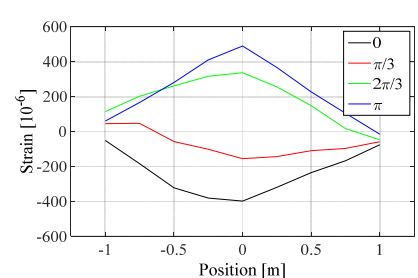
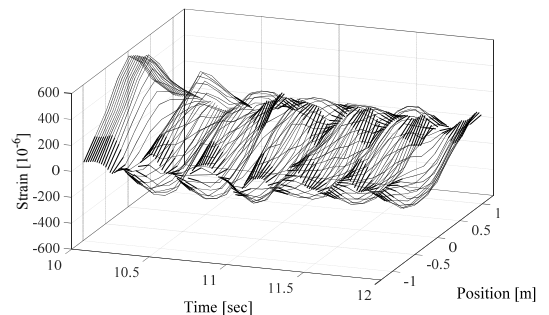


図-6 光ファイバーの計測結果(補間後)