

光ファイバセンシングによる橋梁構造物の動的計測に関する研究

茨城大学 学生会員 ○小野 勇人
 茨城大学 正会員 呉 智深
 ニューブレクス株式会社 正会員 李 哲賢

1. 背景

近年、道路橋や鉄道橋などの社会資本構造物は老朽化が進んでいる。橋梁の維持管理は、目視点検に頼る部分が多いため、定量的かつ客観的な点検が行える構造ヘルスマonitoringに注目が集まっている。特に光ファイバをセンサに用いることは、連続分布センシングが可能となる有効な手段と言える。

本研究では、高精度かつ高速計測が可能な FBG センサをロングゲージ化することで連続分布センシングを可能としたセンサと連続分布センシングの PPP-BOTDA を実橋梁へ敷設し、SHM の適応性について検討を行った。

2. 実験方法

2.1. ロングゲージ FBG センサの概要

FBG センサ(写真1参照)は、コア内部にレーザー光を照射した際に反射した波長(Bragg 波)のシフト量でひずみを計測する。図1にロングゲージ FBG センサ(写真2参照)の概要図を示す。任意の長さ(ロングゲージ FBG のゲージ長)に切った円筒のテフロンチューブをバサルト繊維で覆い、定点間部のバサルト繊維にエポキシ樹脂を含浸させ BFRP 補強チューブを作成する。BFRP 補強チューブ内に FBG センサを挿入し、チューブと FBG センサが接触しないよう緊張させながら定点部をエポキシ樹脂にて固定する。なお、BFRP 補強により FBG センサの耐候性、耐久性を向上させた。しかし、ロングゲージ FBG センサは、FBG センサの波長からひずみへの変換用校正係数(1.2nm/ μ)と同じとは限らないため、適切な校正係数の算出し使用した。

2.2. BOTDA センサの概要

図2に BOTDA センサの概要を示す。BOTDA は、光ファイバ間に照射したブルリアン散乱光の周波数のシフト量でひずみを計測する。本研究では、10cm の空間分解能と計測ひずみ $\pm 25 \mu$ の精度を実現した PPP-BOTDA を使用した。PPP-BOTDA は分布型センサであり、長距離を連続的に測定することが可能なセンサである。これまでは、静的計測のみであったが、計測機器の性能向上に



写真1 FBG センサ



写真2 ロングゲージ FBG センサ

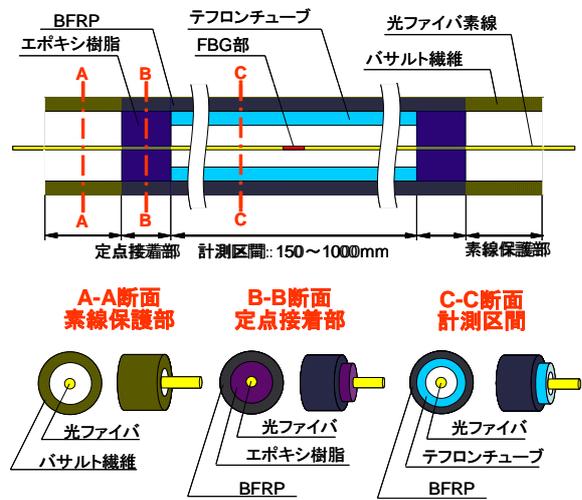


図1 ロングゲージ FBG センサの概要



図2 BOTDA センサの概要

より 20~30Hz の動的計測が可能となり、最大 100Hz 計測の可能性も示せた。

2.3. 実橋梁への光ファイバセンサ敷設および計測方法

本研究では、昭和 38 年に茨城県東茨城郡に建設された全長約 136m の RC 橋である川根大橋(写真3参照)に光ファイバセンサを敷設した。なお、供用後 48 年を経過しているが構造性能に影響するような大きな損傷は見当

キーワード: FBG, 光ファイバセンシング, 構造ヘルスマonitoring, RC はりの曲げ試験

連絡先: 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部都市システム工学科 Tel:0294-38-5274

たらない。図3にセンサの敷設箇所を示す。橋梁1径間(約22m)の桁底面部に、ロングゲージFBGセンサ(計測区間1000mm)を、全長にわたり断続的に計14本敷設するとともに、BOTDAを桁全長に敷設した。また、加速度計を桁中央に一箇所敷設した。両光ファイバセンサを用いて一般車両の走行時荷重を動的計測し、ひずみ分布がSHMに適応しうる動的振動波形データの取得が可能か調査し、実橋梁への適用を検討した。

3. 計測結果

図4に車両通過時の時刻とひずみの関係を示す。ロングゲージFBGセンサとBOTDAセンサを比較すると、車両走行時のひずみは、どちらも同様な挙動を示した。また、ロングゲージFBGセンサにおいて、車両通過後の橋梁の自由振動も計測可能であった。

図5にロングゲージFBGセンサのFFT解析を、図6にBOTDAのFFT解析を示す。FFT解析はフィルタリング処理後の計測データを用いて行った。なお、加速度計のデータからFFT解析を行い算出した橋梁の固有振動数は約5.1Hzとなった。ロングゲージFBGセンサは、約5.1Hzで卓越周波数が得られ固有振動数の算出が可能であった。一方、BOTDAセンサは、計測データにノイズが多く含まれていたため、5.1Hz以外にも卓越周波数が見られた。今後、計測データのフィルタリング処理技術の向上が求められる。

4. 結論

以上の計測結果より以下の知見が得られ、実橋梁への構造ヘルスマニタリングセンサにロングゲージFBGセンサが適応する可能性を示唆することができた。

- (1) ロングゲージFBGセンサおよびBOTDAを実橋梁に用いた場合、車両走行時のひずみ応答波形を動的計測できるとともに、ロングゲージFBGセンサの計測精度は高いことが分かった。
- (2) ロングゲージFBGセンサは、車両通過時計測データをFFT解析することで、加速度計から算出した固有振動数と同等の値を得られ、動的特性の把握に使用可能である。
- (3) BOTDAは、精度の面で問題があるものの動的計測データからの解析においても、動的特性の把握の可能性を示せた。

参考文献

- 1) 西丸 公太, 呉 智深: ロングゲージFBGセンサの高感度化に関する研究, 土木学会第65回年次学術講演会, pp143-144, 2010

- 2) 岩城 英郎, 武田 展雄: FBG型光ファイバセンサを用いた局所変形の検出手法, 土木学会第58回年次学術講演会, pp691-692, 2003



写真3 川根大橋外観

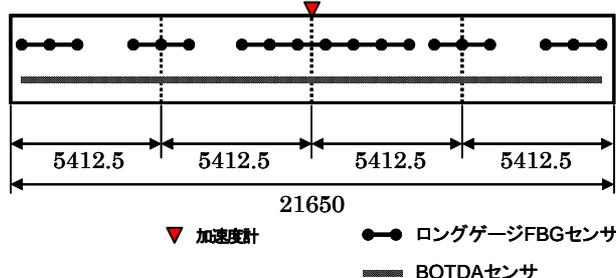


図3 センサの敷設箇所

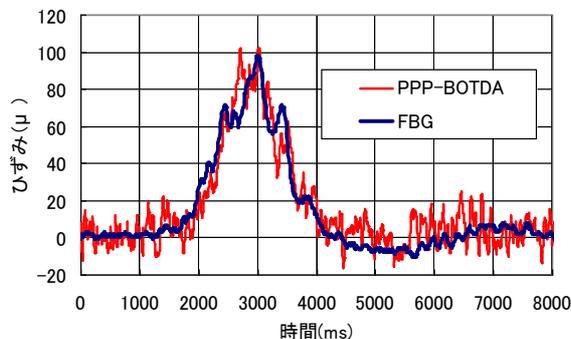


図4 車両通過時のひずみ応答の比較(スパン中央)

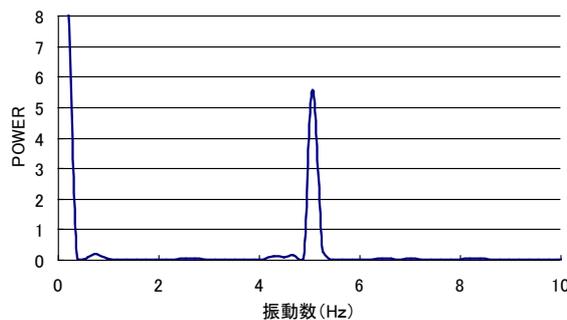


図5 FFT解析結果(ロングゲージFBGセンサ)

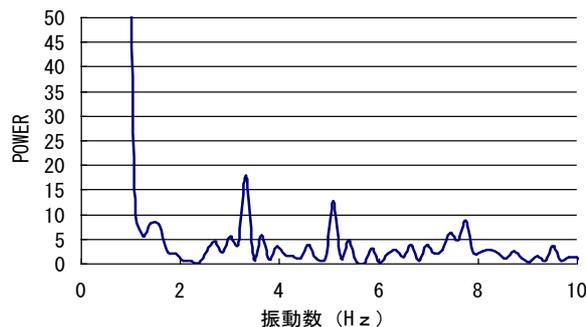


図6 FFT解析結果 (BOTDA センサ)