

## 鉄道高架橋の振動特性変化に着目したモニタリング手法の研究

長野計器(株) 正会員 ○生井 貴宏  
 横浜国立大学 正会員 西尾 真由子  
 JR 東日本 正会員 鈴木 修  
 東京大学 正会員 村山 英晶  
 茨城大学 フェロー 呉 智深

### 1. はじめに

Fiber Bragg Grating (FBG)加速度センサは、センサへの給電が不要であり耐久性に優れ、大規模なセンサネットワークを構築することができる特徴を持っており、鉄道高架橋のような広い範囲を長期間モニタリングする場合には有効であると考えられる。一方で、従来の加速度センサを用いた高架橋のモニタリングにおいて、振動特性の変化に着目し経時変化や地震発生時における健全性を評価する研究が行われている<sup>1)</sup>。本研究では、鉄道高架橋にFBG加速度センサの試験設備を設置し、列車通過及び地震発生時の振動特性をモニタリングした結果について報告する。

### 2. FBG 加速度センサの仕様

本研究では、FBGセンサを高感度にするため開発した多重干渉方式を用いた加速度センサを使用した。センサ及び計測器の外観を図-1にFBG加速度センサの仕様を表-1に示す。また、今回のモニタリングにおいてサンプリング周波数は1kHzと設定した。

表-1 FBG 加速度センサの仕様

周波数レンジ	0.5～50 Hz
測定レンジ	±1,000 gal
加速度精度	±1 dB 以下(50Hz)
サンプリング周波数	50 Hz～10 kHz で選択
動作温度	-20～50℃



図-1 FBG 加速度センサ及び計測器外観

### 3. センサの設置位置・計測方法

鉄道高架橋に設置した4台のセンサの位置を図-2に示す。計測器とデータ記録及びパラメータ等を設定するPCは高架橋下に設けた計測小屋内に設置した。計測はサンプリング周波数1kHzで常に測定しており、設定したトリガレベルを超える振動が発生したときにデータを記録するよう設定した。記録したデータの閲覧及びトリガ等の設定は専用通信回線を介して外部から操作できるようになっている。

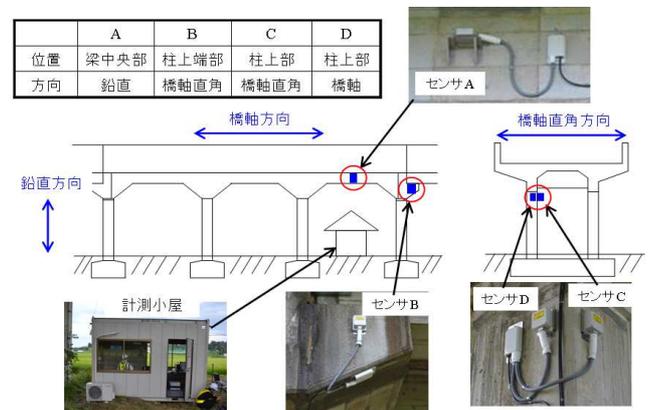


図-2 FBG 加速度センサ設置箇所と設置状況

### 4. 常時モニタリング

常時モニタリングの試験では、鉄道高架橋の毎日決まった時刻に同じ列車が通過するといった特徴に着目し、日々の決まった時刻における列車通過時の振動特性を継続的にモニタリングし、高架橋の振動特性の変化を捉える。図-3に列車通過時の振動波形、図-4に列車通過後の振動波形から自由振動していると思われる10secのデータを切り出して、FFT解析を行った周波数スペクトル波形を示す。

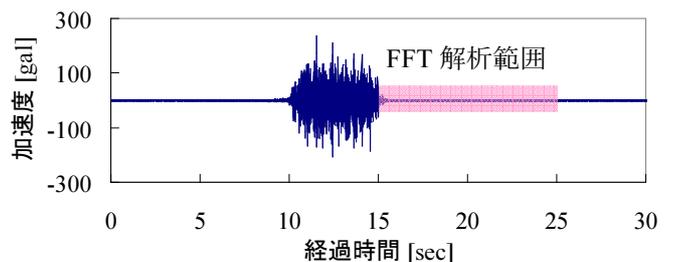


図-3 列車通過時における振動波形

キーワード モニタリング, FBG 加速度センサ, 鉄道高架橋, 振動特性

連絡先 〒386-0411 長野県上田市生田 2150 長野計器株式会社 TEL 0268-41-1003

周波数スペクトル波形より、橋軸直角方向のセンサ B, C 卓越振動数が同じ値を示していることから FBG 加速度センサが安定して計測できているといえる. 図-5 に橋軸直角方向の周波数スペクトル波形から卓越振動数を読み取り、2012年8月～2013年1月の卓越振動数のプロットしたものを示す. 約6ヶ月間の卓越振動数のモニタリングで0.5 Hz 程度のばらつきはあるが経時的な変化は発生してないことがわかる.

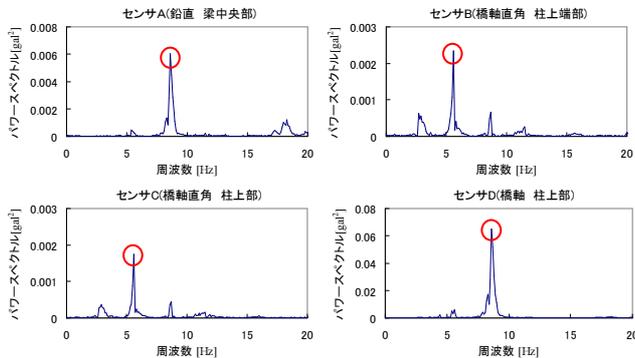


図-4 周波数スペクトル波形

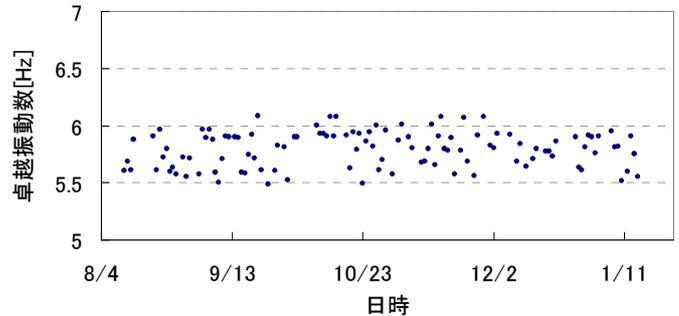


図-5 卓越振動数の推移

**5. 地震発生時におけるモニタリング**

設置された FBG 加速度センサにより、地震発生時における加速度データの取得ができた. ここでは初期的な解析として行った地震発生時における卓越周期の変化と最大加速度の抽出について述べる. 図-6 は 2012 年 12 月 7 日に三陸沖で発生した震度 4 の地震波形及び地震波形を 5 秒毎にデータを切出し、それぞれに FFT 解析して卓越周期を求めた結果である. 地震の経過とともに卓越周期が変化しており、地震による卓越周期の変化を捉えることができていると考えられる. 図-7 に 2012 年 8 月 9 日～2013 年 2 月 28 日で発生した震度 3 以上の地震における最大加速度を示す. 各地震において橋軸直角方向の最大加速度が大きな値を示している.

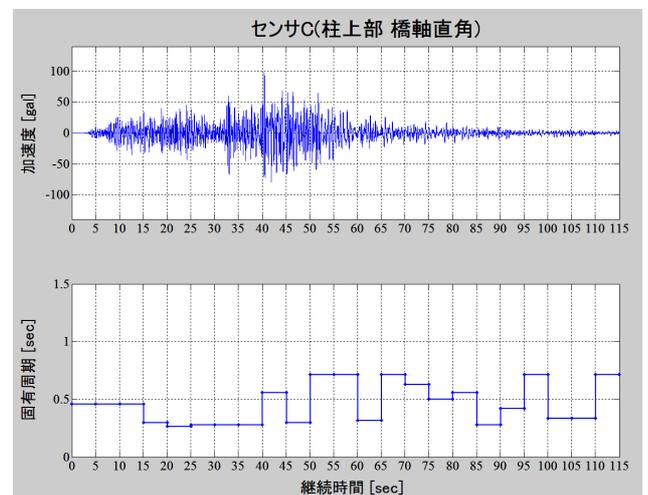


図-6 地震波形及び卓越周期の変化

**6. まとめ**

鉄道高架橋に FBG 加速度センサの試験設備を設置し、列車通過及び地震発生時における加速度を計測した. 取得したデータを用いて、列車通過後における 6 ヶ月間の卓越振動数の推移の検出、地震発生時における振動波形の取得及び卓越周期の変化を捉えることができた. 今後、継続的なモニタリングおよび数値解析的な検討を実施し、振動特性の変化から鉄道構造物の健全性を評価する手法の確立を目指したい.

**謝辞**

本研究の実行計画を策定するに当たり、特定非営利活動法人光防災センシング振興協会の協力を頂きました. また、仙建工業株式会社には現地施工において協力を得ました.

**参考文献**

- 1) 杉崎光一, 阿部雅人, 岡本陽介, 鈴木修: 常時微動による外力特性を考慮した橋脚長期モニタリング方法の検討, 土木学会第 67 回年次学術講演会, 2012

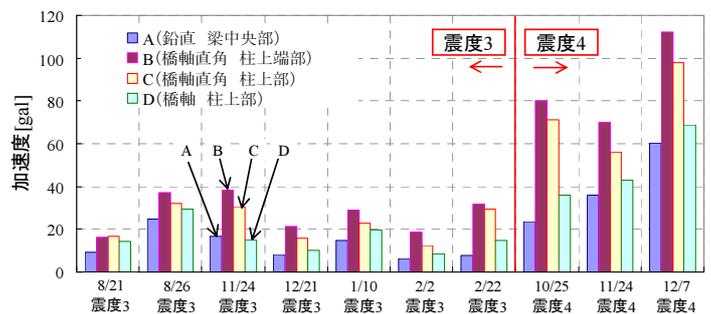


図-7 地震発生時における最大加速度