

# 光ファイバセンサによる RC ラーメン鉄道高架橋の構造ヘルスマonitoringに関する研究

芝浦工業大学 学生会員 ○ 寺田 恭平  
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太  
 (株) IHI 検査計測 正会員 河野 豊

## 1. 研究背景と目的

近年、コンクリート構造物のストック量が増大しており、構造物の性能を点検する人員の確保が難しくなっている。さらに、構造物の現状や、余寿命がどの程度かを定量的に把握し、最適な維持管理計画を立案することも要求されてきている。上記の問題を解決するために大規模構造物の健全性をリアルタイムに監視する構造ヘルスマonitoringがある。現在数多くの研究が行われているが、現時点では構造物の性能を評価できる段階には至っていない。

よって、本研究では、RC ラーメン鉄道高架橋に光ファイバセンサ (SOFO センサ) を設置し、得られる動的ひずみより構造物の健全度評価及び、構造物の性能を評価するための手法を検討した。

## 2. 対象構造物

計測を実施した高架橋の形式は、3 径間連続 RC ラーメン高架橋であり、線路は複線である。表-1 に高架橋の設計条件を示す。

## 3. 解析内容

解析では設計図を基に座標・接点・材料特性を入力し、3 径間連続 RC ラーメン高架橋全長 24m、幅 9.4m を解析モデルとした。解析にはフレーム解析ソフト UC-win/FRA(3D)Ver.2 Advanced を使用し、全接点数 114、全要素数 137 としてモデル化を行った。図-2 に高架橋解析モデルを示す。

## 4. 計測内容

### 4-1. 計測機器設置箇所

電車通過時に生じる動的断面ひずみを得るために、光ファイバセンサ (SOFO センサ) を 3 径間中央部下り線側橋軸方向主桁の下面・補強材位置・圧縮領域に 3 箇所、床版に 2 箇所、柱に 1 箇所設置した。同時に、主桁の変位を計測するために、主桁下に非接触型レーザー変位計を設置した。図-3 及び、図-4 に計測機器の設置箇所を記す。

### 4-2. 計測条件

計測は電車が計測点を通過するときに行われ、上下線合わせて計 10 回の計測を行った。なお、本研究での光ファイバセンサ (SOFO センサ) のサンプリング速度を 100Hz、非接触レーザー変位計では 48000Hz とした。

表-1 設計条件

|               |        |                       |
|---------------|--------|-----------------------|
| 全長            |        | 24.0m                 |
| 幅             |        | 9.4m                  |
| 高さ            |        | 9.3m                  |
| 支間            |        | 8m                    |
| 設計荷重          | 列車荷重   | k-15                  |
| 許容応力度         | 鉄筋     | 降伏強度より定まる基準の許容引張応力度   |
|               | コンクリート | 基準の許容曲げ圧縮応力度          |
| コンクリートの設計基準強度 |        | 270kg/cm <sup>2</sup> |
| 鉄筋種類          |        | SD-35                 |

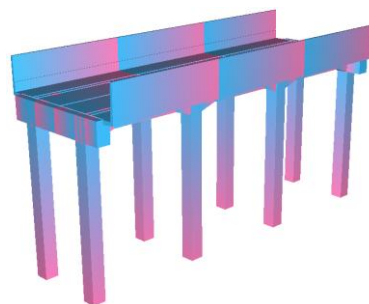


図-2 高架橋解析モデル

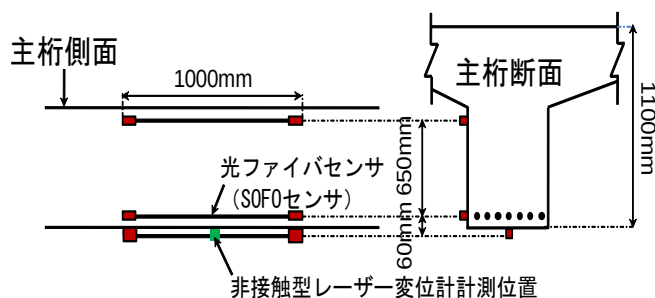


図-3 主桁に設置した光ファイバセンサ位置

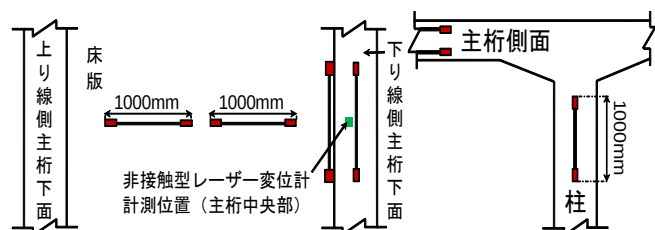


図-4 床版、柱に設置した光ファイバセンサ位置

キーワード モニタリング、光ファイバ、高架橋

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL : 03-5859-8359 E-mail : h06071@shibaura-it.ac.jp

## 5.結果

図-5 に電車通過時に生じた床版のひずみ履歴の一例を示す。このグラフより、電車通過後の応力解放時から床版が自由振動していることが確認できた。主桁及び、柱に設置した光ファイバセンサ（SOFO センサ）からは電車通過時の動的ひずみは得られたが、たわみ振動が小さかったため自由振動波形は確認できなかった。また同様に、非接触レーザー変位計からも主桁中央部の変位は得られたが、自由振動波形は確認できなかった。

よって、固有振動数の算出には床版のひずみデータを用いることとした。図-6 には、図-5 に示す電車通過後の自由振動部分を高速フーリエ変換した結果を示す。図より振幅が卓越する周波数を固有振動数とすると実測では 21.5Hz になることが分かった。なお、解析モデルから求めた固有振動数は 21.6Hz であった。よって、実測値が解析値と同等の値であることから、現在の高架橋の剛性がひび割れ等によって低下していないことを確認できた。

図-7 には、電車通過時の主桁の中立軸位置の履歴を示す。解析で求めた主桁の中立軸位置は、主桁下面から 667mm であった。図より、主桁に設置した 2 本の光ファイバセンサ（SOFO センサ）から得られた断面ひずみより算出した中立軸位置もほぼ同様の結果であることが分かる。このことより、高架橋新設時からの中立軸位置の変動はほとんどないものと推測できる。これは、高架橋の劣化が進行していないことを示している。

図-8、図-9 には、光ファイバセンサ（SOFO センサ）から得られた主桁の断面ひずみより求まる曲率から算出した変位と、非接触レーザー変位計より得られた主桁の変位の計測結果の一例を示す。両者のセンサより評価された最大変位がほぼ同じであることから、光ファイバセンサ（SOFO センサ）でも電車通過時の主桁の最大変位をモニタリングできる可能性があることを確認できた。

## 6.まとめ

計測結果より算出した固有振動数及び、中立軸位置は解析値とほぼ同等であったため、高架橋は健全であると推測できる。

RC ラーメン鉄道高架橋において、主桁断面の上下に設置した 2 本の光ファイバセンサ（SOFO センサ）

により、電車通過時の主桁の最大変位をモニタリングできる可能性があると推測する。

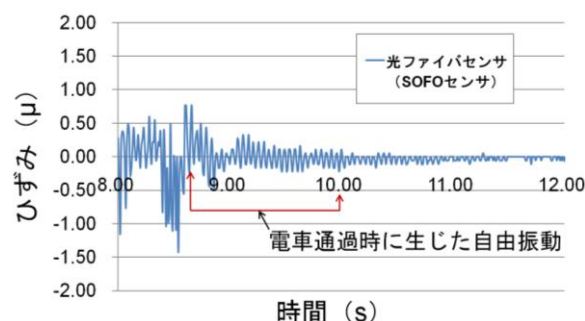


図-5 床版の SOFO センサから得られた動的ひずみ

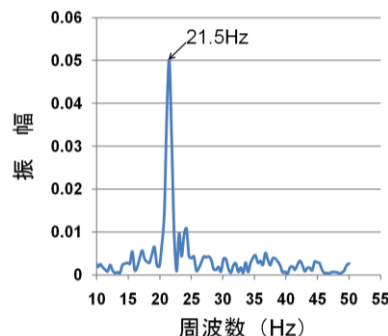


図-6 電車通過後の自由振動より算出した固有振動数

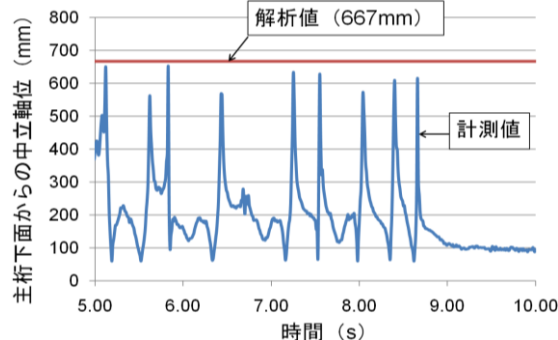


図-7 主桁の中立軸位置  
SOFOひずみから求めた変位

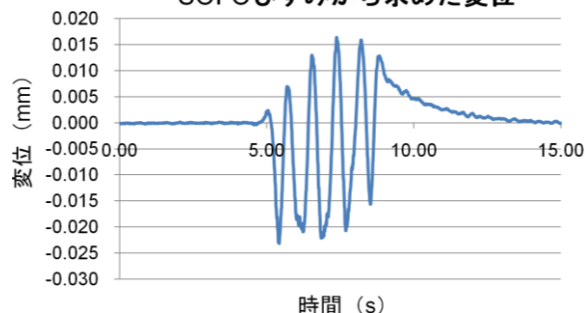


図-8 断面ひずみより求めた主桁の変位履歴  
非接触レーザー変位計による変位

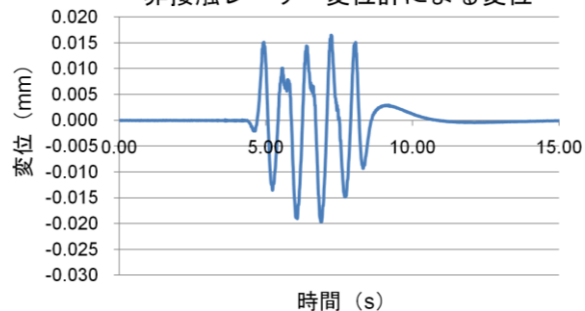


図-9 レーザー変位計より計測した主桁の変位履歴