

## 実橋の床版モニタリングにおける振動モードと損傷との対応解析

|            |     |       |
|------------|-----|-------|
| 日本電気(株)    | 正会員 | ○葛西 茂 |
| 日本電気(株)    | 正会員 | 木下 翔平 |
| 日本電気(株)    | 正会員 | 清川 裕  |
| 東日本高速道路(株) | 正会員 | 藤野 和雄 |
| 東日本高速道路(株) | 正会員 | 本間 淳史 |

### 1. はじめに

RC 床版の損傷評価法として、固有モードに着目した研究が種々報告されている。そこで、著者らは東北自動車道の大森川橋上下線を対象に、RC 床版の固有モードを推定した<sup>1)</sup>。次に、鉛直たわみの 3 次モードが上下線で異なり、モード形状の差異が損傷程度に起因している可能性を見出した<sup>2)</sup>。本報は、続報として、約 90Hz 付近に抽出した特徴的な固有モードと損傷との関係を報告する。

### 2. 対象橋梁

実験橋梁である、東北自動車道の大森川橋の概要を表 1 に示す。構造形式は鋼合成単純鈑桁橋であり、橋長は 36.3m、床版形式は RC 床版である。健全度は上り線がⅢ、下り線がⅣで下り線のほうが損傷している。

表 1 大森川橋の概要

| 項目              | 仕様                   |
|-----------------|----------------------|
| 供用開始時期          | 1975 年               |
| 構造形式            | 鋼合成単純鈑桁橋             |
| 橋長              | 36.3 m               |
| 幅員              | 10.75 m              |
| 床版形式            | RC 床版                |
| 健全度<br>(5 段階評価) | 上り線 健全度Ⅲ<br>下り線 健全度Ⅳ |

### 3. 計測条件と解析方法

#### 3.1. 計測条件

振動計測は、多点同時計測が可能な有線型解析システムで実施した。有線型解析システムの概要を図 1 に示す。解析システムは、加速度を計測するための振動センサ、FFT アナライザ、制御用 PC で構成した。振動センサは橋軸方向に 1 列となるよう、走行車線下の床版に等間隔で 9 個設置した。道路上の車両走行状態を目視しながら、大型車 1 台が走行車線を通過した際に、床版の鉛直方向に生じる振動応答を計測した。

#### 3.2. 解析方法

取得した加速度の時刻歴波形から減衰自由振動区間を選定、周波数変換処理、各卓越周波数における加速度振幅と位相情報から振動姿態を描画、の順に解析することで固有モードを推定した。それら固有モードの形状を上下線で定性比較した。

### 4. 加速度振幅の周波数スペクトル

図 2 に、上下線の計測における、代表的な加速度の周波数スペクトルを示す。センサ位置は橋軸方向の中央である。4.4Hz などの周波数で卓越が観測されている。この中でも特に、93Hz に観測された卓越に着目して損傷とモードとの関係を調査した。

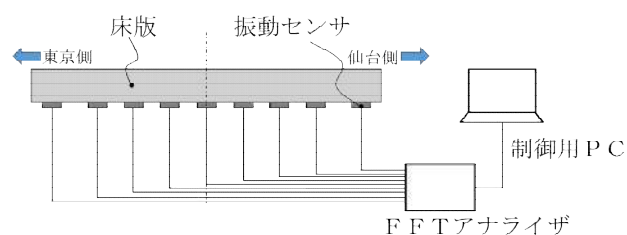


図 1 有線型解析システムの概要

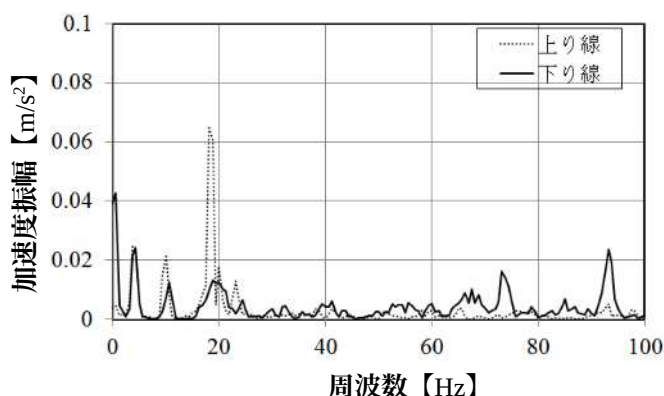


図 2 上下線の加速度振幅の周波数スペクトル

キーワード 固有モード, RC 床版, 損傷評価

連絡先 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753 日本電気株式会社 中央研究所 価値共創センター TEL 044-431-7659

## 5. 93Hz における固有モードについて

### 5.1. 実測の固有モード

図 3-(1)と図 4-(1)に、93Hz における上下線のモード形状を示す。図から、上り線の形状は、東京側付近の加速度振幅が他の計測点よりも大きくなっていた。一方、下り線の形状は、仙台側の端から東京側付近まで加速度振幅が観測されており、かつ各計測点の位相がばらついていた。また橋軸直角方向は走行車線下の両主桁を境界とするたわみ形状であった<sup>1)</sup>。

### 5.2. 数値解析による固有モード

橋軸直角方向の形状と、上り線の橋軸方向における形状が片持ち梁に類似していることから、本モードは 1 辺が自由支持で 3 辺が単純支持のモードと仮定した。次に、対象を等方性平板構造モデルとして、式(1)と式(2)から形状と共振周波数を数値解析した。共振周波数の数値解析結果は約 90Hz で実測と概ね一致した。ここで、質量などの不定パラメータは鉛直たわみ 1 次モードに対する実測データと式(1)における比較検証から導出した。数値解析による、上下線の形状は図 3-(2)と図 4-(2)に示す結果となった。

$$W(x, y, t) \approx A \exp(-i\omega t) \sin\left(\frac{\pi}{L_y} y\right) \sin(\theta x) \quad \text{--- 式(1)}$$

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{D}{\mu} \left\{ \theta^2 + \left( \frac{1}{L_y} \right)^2 \right\}} \quad \text{--- 式(2)}$$

鉛直方向変位:  $W$  初期振幅:  $A$  単位面積当たりの質量:  $\mu$   
 板の曲げ剛性:  $D$   
 板(床版橋軸直角方向)のサイズ:  $L_y$  橋軸方向の境界条件で決まるパラメータ:  $\theta$

## 6. 振動状態の特異領域と損傷との対応

図 3-(3)と図 4-(3)に、それぞれ上下線の点検記録図を示す。図中のハッチングはホップアップやスケーリングなどの損傷を示している。数値解析によるモード形状と、実測のモード形状とを比較すると、93Hz に発現した固有モードの特異領域は点検記録図における損傷領域と概ね一致していることがわかる。

## 7. まとめ

以上の結果から、実橋梁において固有モードの形状を分析することで、RC 床版に生じた損傷を評価できる可能性が示せた。本研究は、モニタリングシステム技術研究組合 (RAIMS) が実施した研究であり、内閣府の「SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の成果である。

## 参考文献

- 1) 木下, 葛西, 清川, 藤野, 本間, 寺田: 土木学会第 72 回年次学術講演会予稿集, p.33-34, 2017
- 2) 藤野, 倉田, 葛西, 廣江: 土木技術資料 No.9 Vol.59, September 2017



図 3-(1) 実測の振動姿態 (上り線、93Hz)

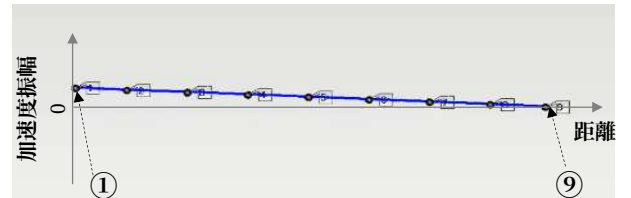


図 3-(2) 数値解析の振動姿態 (上り線、93Hz)

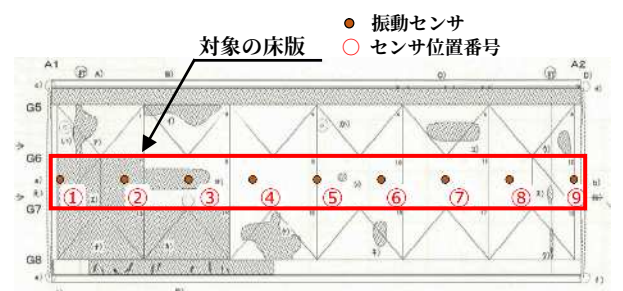


図 3-(3) 点検記録図 (上り線)



図 4-(1) 実測の振動姿態 (下り線 93 Hz)

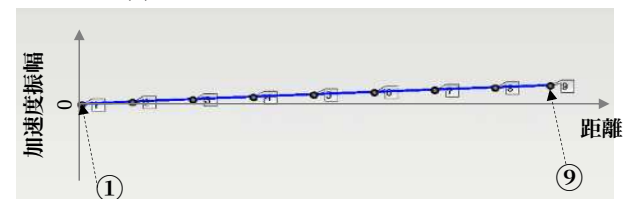


図 4-(2) 数値解析の振動姿態 (下り線 93Hz)

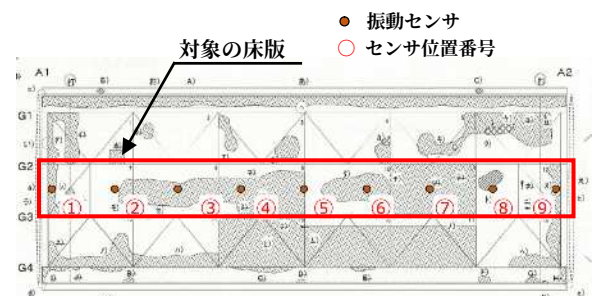


図 4-(3) 点検記録図 (下り線)