

## 勝手川橋（波形鋼板ウェブPC橋）の振動実験について（面外振動）

日本道路公団 正会員 青木圭一，正会員 木水隆夫，非会員 黒田健二  
 オリエンタル建設(株)○正会員 吉川卓，非会員 丸山正志，正会員 浦川洋介

### 1. はじめに

波形鋼板ウェブPC橋は近年急速に検討され採用され始めたことから，静的特性に関しては多くの研究が行われているが，動的特性に関しては十分に把握されているとは言い難い．そこで，波形鋼板ウェブPC構造の(1)解析モデル（せん断剛性，ねじれ剛性の設定）の妥当性の検証，(2)等価減衰定数の推定等を目的とした振動実験を日本海沿岸東北自動車道の勝手川橋で行った．本稿では，面外振動モード（橋軸直角水平モード，ねじれモード）についての結果の報告を行う<sup>1)</sup>．

### 2. 橋梁概要および実験概要

本橋は3径間連続ラーメン橋であり，主方向のPC鋼材は全外ケーブル方式を採用している．また，橋脚付近のウェブはコンクリートとの合成ウェブ構造としている<sup>1)</sup>．振動実験としては，起振機実験（共振実験，自由減衰実験），常時微動実験および衝撃加振実験を行い，本橋梁の固有振動数，振動モード，減衰定数を測定した．起振機実験では，鉛直方向，橋軸直角方向および橋軸方向の加振を行った<sup>1)</sup>．

### 3. 解析モデル

実験結果との比較検討のために，図-1に示す3次元骨組モデルおよびFEMモデルを用いた解析を行った．

骨組解析モデルでは，主桁の面外曲げ剛性は上下コンクリート床版のみを考慮した．また，ねじり定数は，主桁の扁平度を考慮したねじり剛性評価式<sup>2)</sup>により算出した．なお，柱頭部付近の合成ウェブ区間については，コンクリート箱桁断面として断面剛性を算出した．端支点は，橋軸方向および鉛直方向はゴム支承のパネをモデル化し，橋軸直角方向は変位制限構造を考慮して固定とした．

FEMモデルでは，波形鋼板ウェブをシェル要素により，上下床版および横桁等をソリッド要素によりモデル化し，外ケーブルの定着突起や横桁，地覆等の剛性が面外振動モードに与える影響について検討を行った．

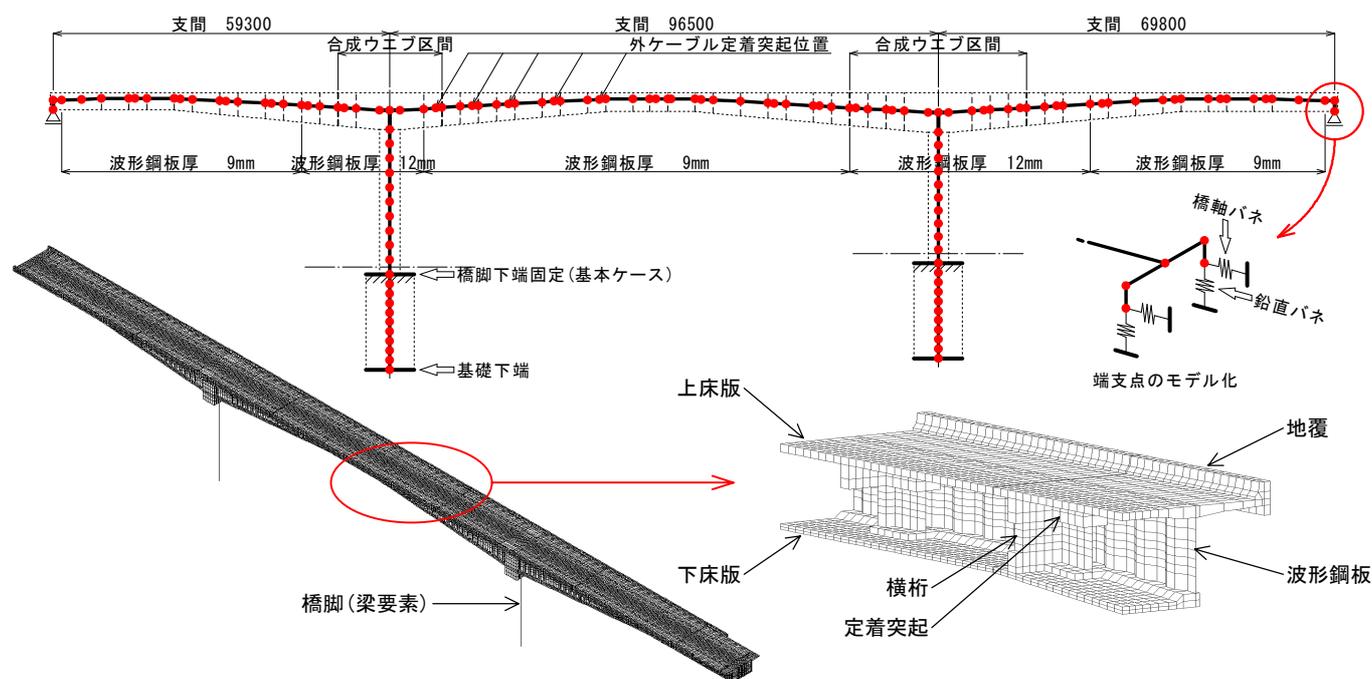
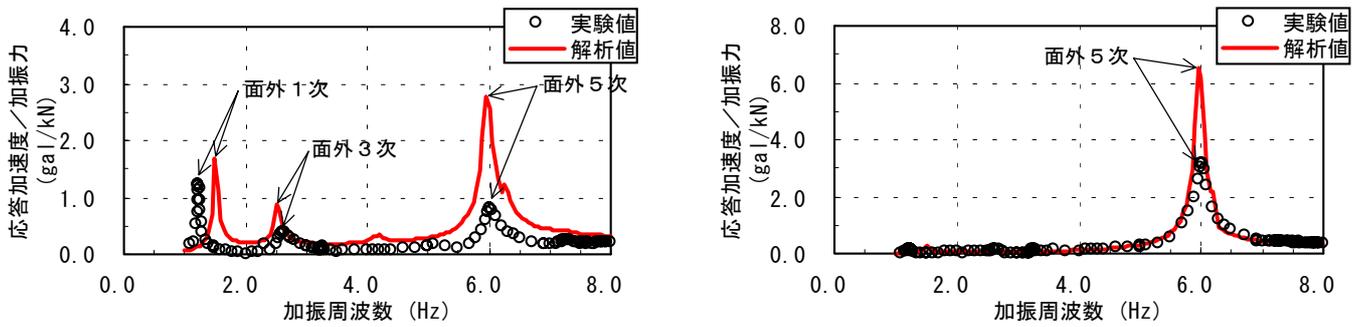


図-1 3次元骨組モデルおよびFEMモデル

キーワード：波形鋼板ウェブPC橋，固有振動数，減衰定数，ねじり剛性

連絡先：〒102-0003 東京都千代田区平河町 2-1-1 オリエンタル建設 第二技術部 TEL;03-3261-1176 FAX;03-3261-1139



(a) 橋軸直角加振 水平応答（中央径間 2/5 点）

(b) 橋軸直角加振 鉛直応答（中央径間 1/5 点）

図-2 加速度共振曲線

4. 実験結果

共振実験より得られた加速度共振曲線の一例を、加振力で正規化して図-2に示す。また、図中には、骨組モデルより算出した共振曲線を付記する。固有振動数は、面外1次モードでは実験値に比べて解析値の方が若干高くなっているが、面外3次および面外5次モードでは実験値と解析値は良く一致している。

図-3に、実験から同定した固有振動モードと骨組モデルより算出した固有振動モードを示す。面外1次モードの実験値は、橋脚下端を固定とした解析値と比較して橋脚位置の変形が大きいモード形状を示しているが、これは橋脚下端の境界条件（基礎の変形）による影響と考えられる。なお、面外3次および面外5次モードの実験値は、解析値と良く一致する結果となっている。

各振動実験より得られた固有振動数および減衰定数を、表-1に示す。ここで、面外5次と面外6次モードは振動数が近接し、水平とねじれが連成したモードとなっている。連成モードおよびねじれモードの固有振動数の実験値は、骨組モデルによる解析値と良く一致しており、設定したねじり剛性の妥当性が確認された。なお、FEMモデルによる解析結果では、水平モードでは横桁の影響は小さく、ねじれモードでは地覆の影響は小さい結果となっている。モード減衰定数は1.2~2.8%程度であり、面内振動と比較して高い値となっている<sup>1)</sup>。主桁の等価減衰定数を各部材のひずみエネルギー比率より同定すると、1.2%程度となった。

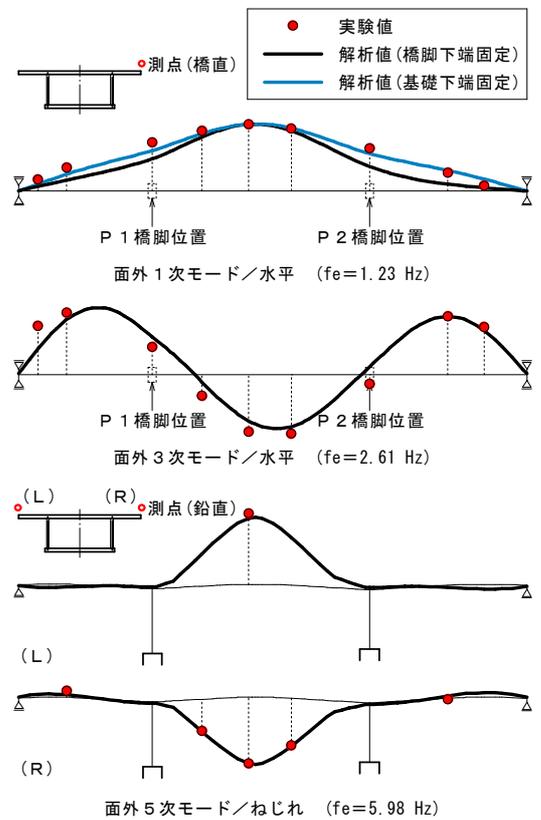


図-3 振動モード

表-1 固有振動数および減衰定数

| 次数 | 形状  | 固有振動数（実験値 Hz） |       |       |       | 固有振動数（解析値 Hz） |        |        | 減衰定数   |        |          |           |
|----|-----|---------------|-------|-------|-------|---------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------|
|    |     | 起振機           | 常時微動  | 衝撃加振  | 骨組    | FEM**         |        |        | 起振機    |        | 常時微動 RD法 | 衝撃加振 モード円 |
|    |     |               |       |       |       | Case A        | Case B | Case C | 大振幅    | 平均振幅   |          |           |
| 1  | 水平  | 1.233         | 1.257 | 1.245 | 1.511 | 1.483         | 1.478  | 1.534  | 0.0170 | 0.0180 | 0.0222   | 0.0215    |
| 2  | 水平  | —*            | 1.760 | 1.733 | 2.036 | 1.987         | 1.983  | 2.112  | —      | —      | 0.0188   | 0.0164    |
| 3  | 水平  | 2.612         | 2.686 | 2.698 | 2.521 | 2.444         | 2.450  | 2.927  | 0.0277 | 0.0279 | 0.0170   | 0.0123    |
| 4  | 水平  | 3.255         | 3.276 | 3.625 | 4.159 | 3.931         | 3.957  | 4.789  | —      | —      | —        | —         |
| 5  | 連成  | 5.984         | 5.906 | 5.920 | 5.968 | 5.365         | 5.721  | 5.977  | 0.0151 | 0.0167 | 0.0118   | —         |
| 6  | 連成  | —             | —     | 6.140 | 6.219 | 5.554         | 6.007  | 6.607  | —      | —      | —        | 0.0140    |
| 7  | ねじれ | 7.268         | 7.300 | 6.860 | 7.169 | 5.891         | 6.790  | 6.823  | —      | 0.0191 | 0.0202   | —         |
| 8  | ねじれ | 7.889         | 8.013 | 7.837 | 7.522 | 6.169         | 6.996  | 7.161  | —      | 0.0170 | —        | —         |

\* : 加振位置がモードの節

\*\* : Case A は横桁剛性無視，地覆剛性無視 / Case B は横桁剛性考慮，地覆剛性無視 / Case C は横桁剛性考慮，地覆剛性考慮