

実測記録と数値モデルに基づくバランスド扁平アーチ橋の振動特性把握  
—下部工底面地盤の影響—

日本大学 正会員 ○仲村 成貴  
八千代エンジニアリング(株) (元日本大学学生) 塚崎 翔太  
日本大学 正会員 関 文夫

1. 目的

静岡県富士宮市白糸の滝近傍に建設された滝見橋は、日本で初めての構造形式であるバランスド扁平アーチ (BFA: Balanced Flat Arch) 構造が採用された PC 人道橋である<sup>1)</sup>。そのような新しい構造形式の橋梁について、振動特性を把握し、耐震性などを検証することはたいへん重要である。そこで、振動実験や数値解析を通じて BFA 構造の振動特性を精緻に把握することを目指し、本稿では下部工底面の地盤による橋梁の振動特性への影響について検討した結果を報告する。

2. 対象橋梁の概要と振動実験結果<sup>1),2)</sup>

滝見橋の全景を写真 1 に示す。白糸の滝から約 80m 下流に位置する滝見橋の橋長は 39.0m、高さは 2.55m、有効幅員は 2.50m、縦断勾配は 3.0%である。滝見橋はスパンライズ比が 1/12 と扁平で、控え斜材を有したバランスド構造であり、 $\pi$  ラーメン構造とアーチ構造の性格を併せ持つ人道橋である。原位置地盤調査結果によると、周辺地盤の表層 (GL0~GL-2m) は礫混じりシルト、GL-2m 以深は  $N$  値 50 の凝灰角礫岩で構成されている。橋梁基礎には直接基礎が採用された。

高欄工の直後、左右岸端部の埋め戻し工および舗装工前に振動実験 (起振実験、人力加振実験、常時微動観測) を実施し、表 1 に示す結果が得られた。

3. 数値モデル

図 1 に数値モデルの構造図、表 2 にその概要を示す。検討対象とした 4 つのモデルは、橋梁単体 (上部工と



写真 1 滝見橋全景

表 1 実験結果

| モード次数 | 固有振動数(Hz) | モード形状    |
|-------|-----------|----------|
| 1     | 5.98      | 橋軸直角曲げ1次 |
| 2     | 7.10      | 鉛直曲げ1次   |
| 3     | 8.05      | 鉛直曲げ2次   |
| 4     | 10.6      | 橋軸直角曲げ2次 |
| 5     | 13.3      | 鉛直曲げ3次   |
| 6     | 14.0      | 橋軸直角曲げ3次 |

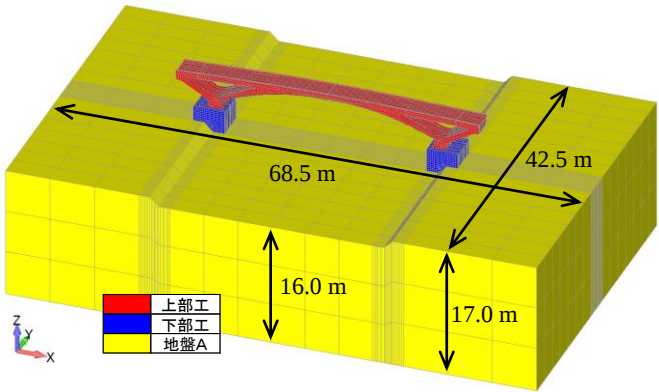


図 1 数値モデル構造図

表 2 数値モデル概要

| モデル名称    | 地盤A                        |       |                                | 境界条件        | モデル条件    | 要素数   | 節点数   |
|----------|----------------------------|-------|--------------------------------|-------------|----------|-------|-------|
|          | ヤング係数                      | ポアソン比 | 質量密度                           |             |          |       |       |
|          | $E \text{ (N/m}^2\text{)}$ | $\nu$ | $\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$ |             |          |       |       |
| Model A0 | -                          | -     | -                              | 下部工底面を固定    | 橋梁単体     | 14472 | 23681 |
| Model A1 | $2.000 \times 10^9$        | 0.20  | $2.000 \times 10^3$            | 地盤A底面と側面を固定 | 橋梁—地盤連成系 | 21792 | 29111 |
| Model A2 | $1.000 \times 10^9$        | 0.20  | $2.000 \times 10^3$            | 地盤A底面と側面を固定 | 橋梁—地盤連成系 | 21792 | 29111 |
| Model A3 | $0.500 \times 10^9$        | 0.20  | $2.000 \times 10^3$            | 地盤A底面と側面を固定 | 橋梁—地盤連成系 | 21792 | 29111 |

下部工) のみの Model A0, および橋梁とその周辺地盤をモデル化した Model A1~A3 である. 3 つの橋梁-地盤連成系モデルは地盤のヤング係数のみが異なり, Model A1, A2, A3 の順にその値を小さく設定した. 上部工と下部工については, 表 2 に示す道路橋示方書<sup>3)</sup>の物性値を用いて各モデルとも同様とした. 境界条件については, Model A0 では地盤を剛体と仮定して下部工底面を固定, Model A1~A3 では地盤底面と側面を固定とした. なお, 橋梁-地盤連成系モデルにおける地盤のモデル化範囲については, 別途にモデル化範囲を変動させて固有値解析を実施し, 橋梁の固有振動数が収束した範囲とした. 解析には TDAP III<sup>4)</sup>を用いた.

#### 4. 固有値解析結果

得られた固有振動数を実験値に対応させて図 2 に示す. また, モード形を図 3 に示す. モード形については, 本稿で対象とした全モデルで図 3 と同様の形状が得られた. 固有振動数については, 鉛直曲げ 1, 3 次ではモデルによる相違はわずかで, いずれも実験値をほぼ再現できた. しかし, 他のモード次数ではモデルによる相違が大きく得られた. 全体的には Model A0 が最も高く, 次いで A1, A2, A3 へと固有振動数が低く得られ, 実験値には Model A2 が最も近い結果となった. この結果は, 対象橋梁の振動特性には下部工底面の地盤の影響が無視できないことを示している. なお, 振動実験からも同様の傾向が得られている<sup>2)</sup>.

#### 5. まとめ

新しい構造形式の滝見橋を対象として, 振動実験結果を再現できる 3 次元有限要素モデルの作成を目指し, 下部工底面の地盤について検討した. 実測記録を再現するためには, 下部工底面の地盤の影響を無視できない結果が得られた. 今後は, 実験時には埋め戻されていた下部工周辺や斜材背面の地盤と対象橋梁の振動特性との関連を検討する予定である.

#### 参考文献

- 1) 関文夫ほか: 世界文化遺産の構成資産白糸の滝に架けられた滝見橋のデザイン, 景観・デザイン研究講演集, pp.117-122, No.9, 2013.
- 2) 仲村成貴, 山崎佳樹, 関文夫: 実測記録に基づくバランスド扁平アーチ構造の振動特性推定, 土木学会第 70 回年次学術講演会, pp.691-692, 2015.
- 3) 社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編・V 耐震設計編, 2012.
- 4) 株式会社アーク情報システム: TDAP III バッチ版使用手引書 Ver3.04, 2012.

表 2 橋梁上部工と下部工の物性値

| 材 料 | ヤング率 (N/m <sup>2</sup> ) | ポアソン比 | 質量密度 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|--------------------------|-------|---------------------------|
| 上部工 | $2.980 \times 10^{10}$   | 0.15  | $2.498 \times 10^3$       |
| 下部工 | $2.500 \times 10^{10}$   | 0.15  | $2.498 \times 10^3$       |

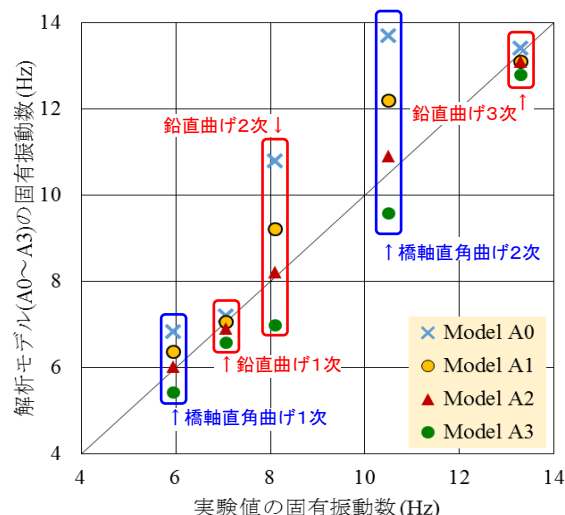


図 2 解析値と実験値の比較

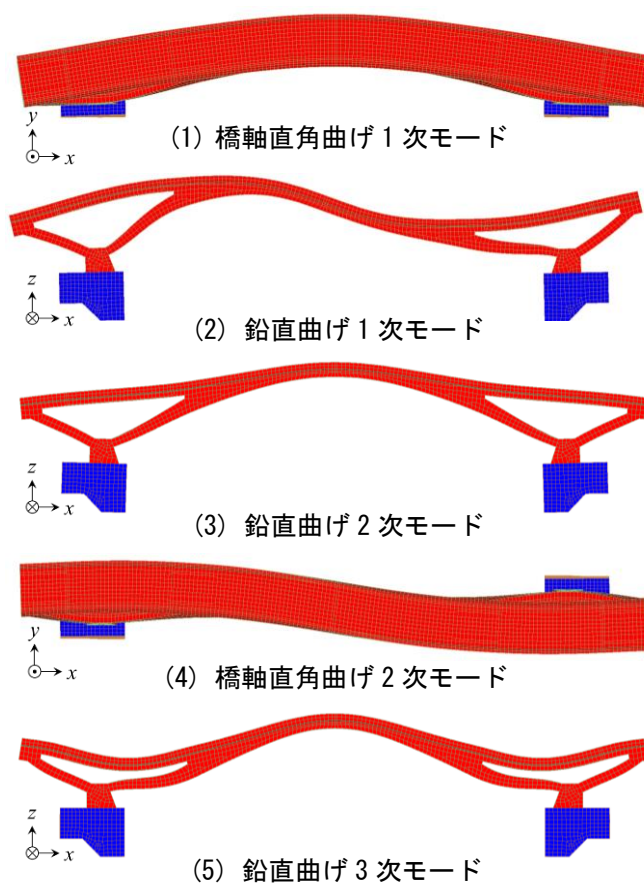


図 3 解析結果のモード形