

### 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

日本大学 正会員 ○仲村 成貴  
 非会員 山崎 佳樹  
 日本大学 正会員 関 文夫

#### 1. はじめに

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。そのような新しい構造形式の橋梁について、実測記録に基づいて振動特性を把握し、振動に対する使用性や耐震性などを検証することはたいへん重要である。本稿では、現地で実施された振動実験の記録から推定した対象橋梁の振動特性について、既報 1) で報告した内容を精査した結果を報告する。

#### 2. 対象橋梁と振動実験の概要<sup>1)</sup>

滝見橋の全景を写真 1 に示す。滝見橋は白糸の滝から約 80m 下流に位置し、橋長 39.0m、高さ 2.55m、有効幅員 2.50m、縦断勾配 3% である。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。

振動実験は、高欄工の直後、左右岸端部の埋め戻し工および舗装工前の 2013 年 9 月 30 日～10 月 2 日に実施された。主な振動実験内容として、起振実験、常時微動観測、人力加振実験が行われた。実験時の測点配置を図 1 に示す。



写真 1 対象橋梁

#### 3. 振動特性の同定結果

データ処理の初期段階に各実験でのスペクトルを推定した。その一例として、起振実験記録に  $H_1$  推定を適用して得られた周波数応答関数 (FRF) を図 2 に示す。同図には桁上に設置した測点の応答のみを掲載している。スペクトルのピークが明瞭に得られており、S/N 比の高い計測が実施できたことを示している。同図(1)より、鉛直方向については、7, 8, 13Hz 付近に固有振動数を確認できる。同図(2)より、橋軸直角方向については 6Hz 付近に固有振動数が認められる。

次に、実験モード解析および実稼動モード解析によって振動特性を精緻に同定した。モード特性の同定法には直交多項式法を採用し、起振実験記録では FRF,

常時微動観測記録では ODS FRF, 人力加振実験記録ではフーリエスペクトルにそれぞれ適用した。直交多項式法を適用する際の次数については、モードインジケータ関数にスムージング処理を施して決定した。なお、同定結果を用いてカーブフィットを行い、実験記録を十分な精度で再現できることを確認している。得られた固有振動数、モード減衰定数、モード形を図 3 に示す。起振実験と常時微動観測では計 6 次まで、人力加振実験では鉛直曲げ 3 次モードまでを同定できた。橋軸直角曲げ 1, 3 次および鉛直曲げ 2, 3 次は左右対称、鉛直

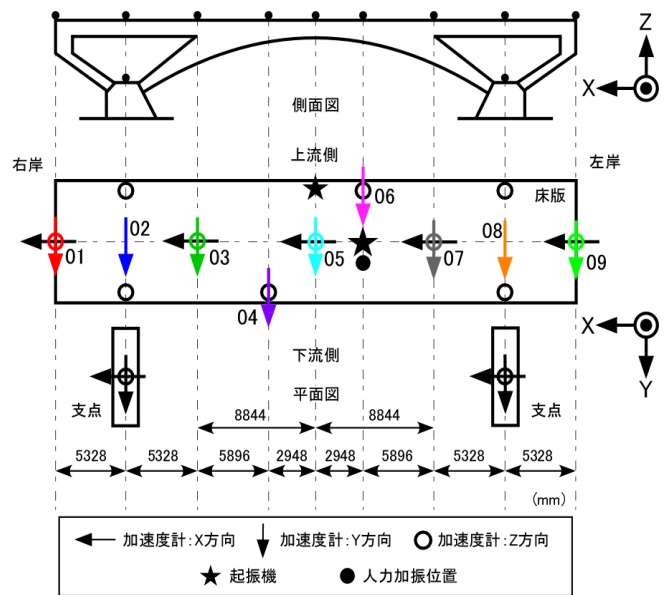


図 1 測点配置

キーワード バランスド扁平アーチ構造, 振動実験, 固有振動数, モード形, モード減衰定数

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部まちづくり工学科 TEL 03-3259-0689

曲げ1次および橋軸直角曲げ2次は左右逆対称のモード形状を呈す. 滝見橋の下部工は直接基礎が採用されているが, モードによっては支点部が相対的に稼動した結果が得られた. 各次の固有振動数をモード減衰定数に対応させて図4に示す. 固有振動数については実験に依らず一致した値を得られた. モード減衰定数については起振実験と人力加振実験ではほぼ一致した値を得られたが, 常時微動観測ではそれらの実験よりも概ね高い値が得られた. 特に橋軸直角曲げ2次モードについては, 起振実験よりも約8倍大きい値が得られた.

4. 地盤の固有振動数

対象橋梁からやや離れた地表面に設置した動電型速度計(固有振動数1Hz)による常時微動記録に, バンド幅0.3HzのParzenウィンドウ処理を施して得られたH/Vスペクトルを図5に示す. 同図に↓印で示した振動数は地盤の固有振動数と推定される. このうち10.8Hzでは, 滝見橋の橋軸直角曲げ2次固有振動数と一致することから, 地盤と橋梁が連成挙動をする可能性を示唆している.

5. おわりに

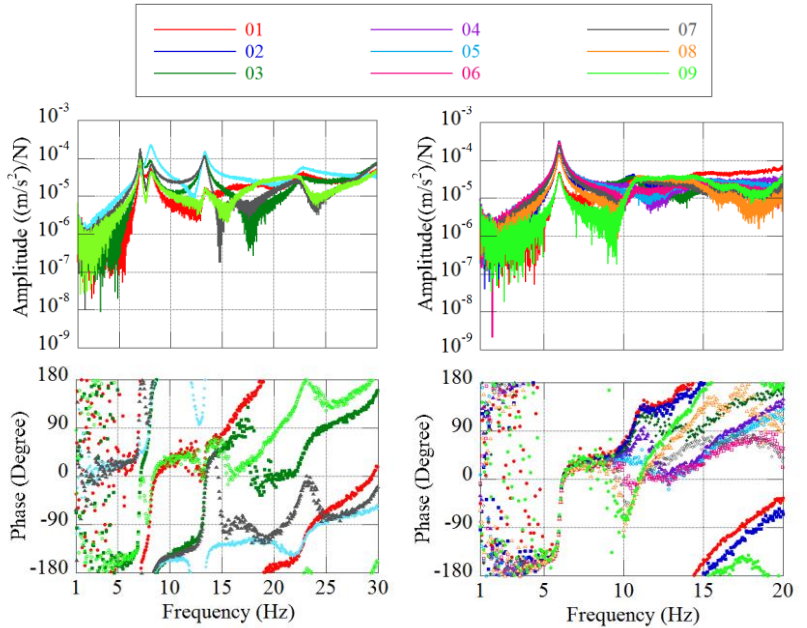
新しい構造形式であるバランスド扁平アーチ橋で実施された振動実験記録に, 実験モード解析法および実稼動モード解析法を適用して, 振動特性を同定した. その結果, 1~3次の鉛直曲げモードと1~3次の橋軸直角曲げモードが得られた. また, 地盤の固有振動数と一致する橋軸直角曲げ2次モードでは, 地盤と橋梁が連成挙動を呈する可能性がある.

謝辞

振動実験の実施に際し, 富士宮市役所とドーピー建設工業(株)より多大なご協力をいただきましたことを感謝申し上げます.

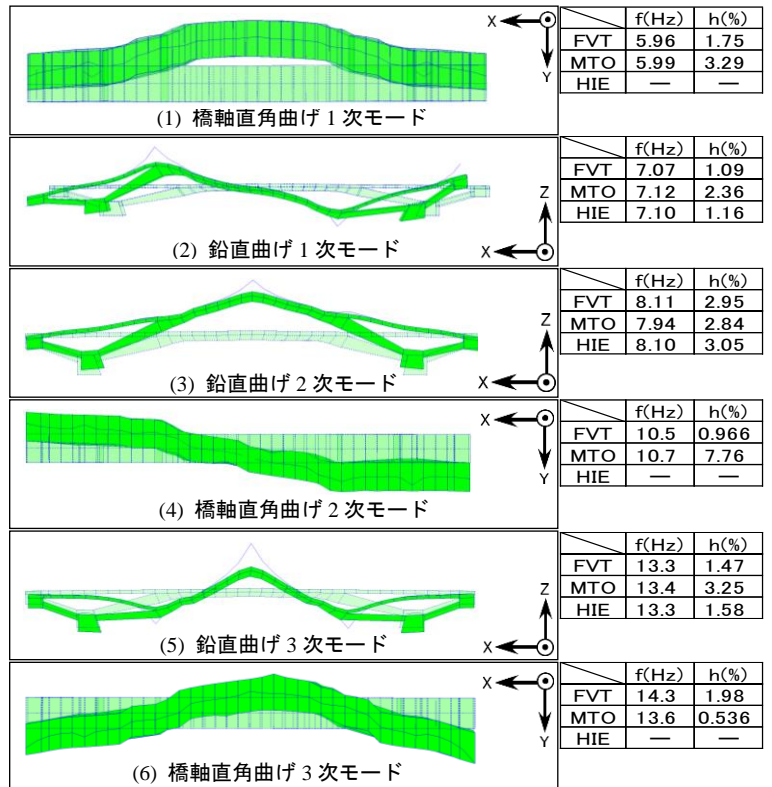
参考文献

- 1) 関文夫ほか: バランスド扁平アーチ構造の滝見橋(1)~(5), 土木学会第69回年次学術講演会, pp.213-222, 2014.



(1) 鉛直起振 (2) 水平起振

図2 周波数応答関数



※FVT:起振実験 MTO:常時微動観測 HIE:人力加振実験  
f:固有振動数 h:モード減衰定数

図3 振動特性の同定結果

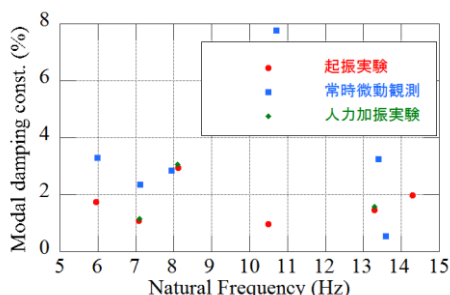


図4 固有振動数とモード減衰定数

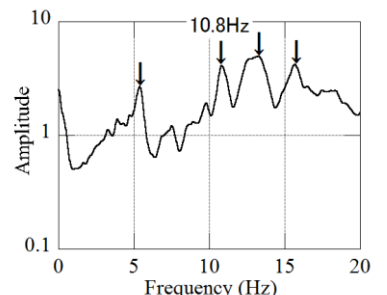


図5 H/V スペクトル