

バランスド扁平アーチ橋の振動特性推定

Identification of the Dynamic Characteristics of a Balanced Flat Arch Bridge

○山崎佳樹<sup>1</sup>, 塚崎翔太<sup>1</sup>, 仲村成貴<sup>2</sup>, 関 文夫<sup>3</sup>

\*Yoshiki Yamazaki<sup>1</sup>, Shota Tsukazaki<sup>1</sup>, Masataka Nakamura<sup>2</sup>, Fumio Seki<sup>3</sup>

Abstract: This paper presents outlines of the vibration tests at a PC balanced flat arch bridge and its numerical model. As a result of forced vibration tests, three bending mode were identified by peak picking technique after estimating frequency response functions. It was confirmed that the eigenvalue varies greatly depending on the size of element and the thickness of arch.

1. はじめに

新しい構造形式の橋梁の振動特性を把握することは振動に対する使用性や耐震性を検討する上でたいへん重要である。本稿は、PC バランスド扁平アーチ橋<sup>[1]</sup>で実施した振動実験の概要と、数値モデルの概要について報告する。

2. 実験結果の概要

対象橋梁は、静岡県富士宮市白糸の滝近傍にある滝見橋<sup>[1]</sup>である。滝見橋の全景を Photo 1 に示す。滝見橋は橋長 39m, 有効幅員 2.5m の人道橋である。振動実験は、高欄の施工直後、左右岸端部の埋戻しや舗装工前に実施された。実験の内容は、起振実験や常時微動観測、人力インパルス加振実験、歩行加振実験である。実験の際に設置した加速度計と起振機の設置位置を Figure 1 に示す。実験内容に応じて、同図に示した測点のうち 13 成分を同時観測した。実験結果の一例として、Figure 1 の★印の位置で起振機を鉛直方向に sweep 起振させたときの、○印の位置での周波数応答関数(アクセラランス)を Figure 2 に示す。アクセラランスは起振力を基準とした加速度応答を示しており、アクセラランス振幅のピーク位置が固有振動数に相当する。得られたアクセラランスにピークピッキング法を適用して固有振動数を同定した結果、後述する 3 つの曲げモード(橋軸直角 1 次, 鉛直 1~2 次)が得られた。

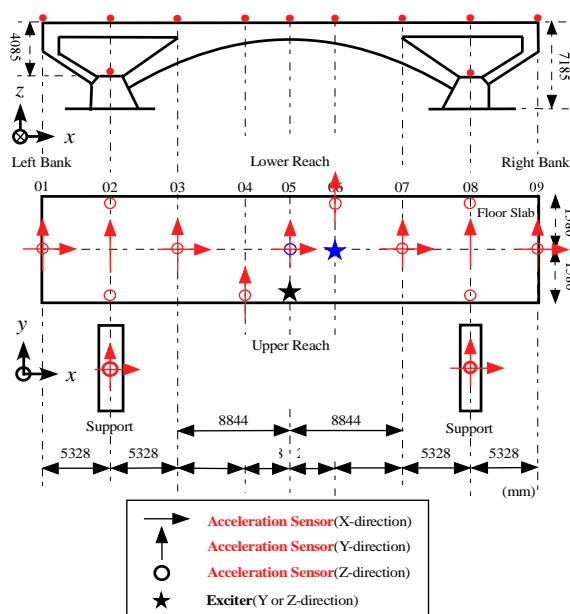


Figure 1. Measurement Point

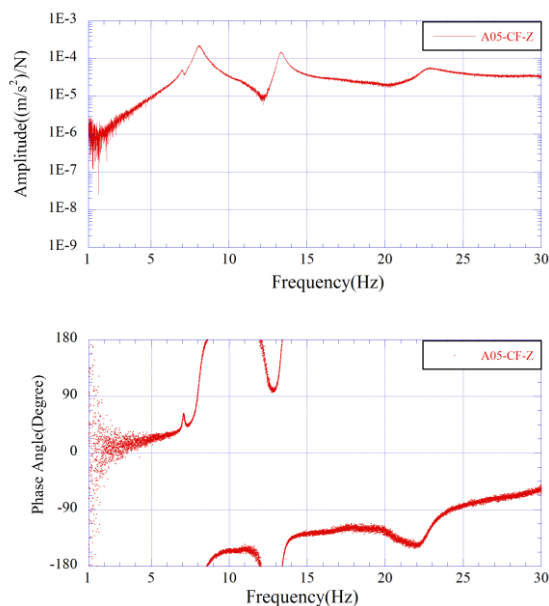


Figure 2. Frequency Response Function



Photo 1. The Subject Bridge

1 : 日大理工・学部・土木 2 : 日大理工・教員・まち 3 : 日大理工・教員・土木

### 3. 3次元数値モデル

#### 3.1 モデルの概要

対象橋梁を3次元有限要素でモデル化した。モデル構造図を **Figure 3** に示す。モデル化の範囲を上部工と下部工とし、高欄と舗装はモデル化の対象外とした。また、横断勾配は無視し、アーチと桁の断面を矩形断面に近似した。要素には、**Table 1** に示す材料特性<sup>[2]</sup>を持つ3次元ソリッド要素を用いた。なお、解析には TDAPIII を用い、固有値解析法としてサブスペース法を適用した。

#### 3.2 要素数の検討

要素サイズを決定するために、要素数の異なる4つのモデル (Model A~D1) の固有値解析を実施した。各モデルの節点数と要素数を **Table 2** に示す。Model A と比較して Model D1 の節点数は約 82 倍、要素数は約 173 倍である。各モデルを固有値解析して得られた固有振動数を曲げモード形状に対応させて **Figure 4** に示す。いずれのモードにおいてもモデルの要素数が多くなると固有振動数の値が急速に収束し、Model C と Model D1 との固有振動数の差が最も小さく得られた。Model D1 が実験結果に最も近い値を得られたものの、実験値とは一致するまでには至らなかった。

#### 3.3 アーチ厚の検討

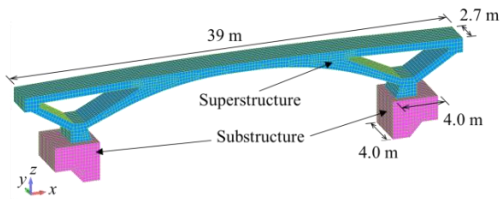
アーチ部の厚さが固有振動数に及ぼす影響について調査した。設計図ではアーチ部の表面厚さは支点との接合部で 500mm、はりとの接合部で 1000mm であり、はりに近づくほど厚い。Model D1 ではアーチ部の厚さを支点からはりにかけて線形増加させた。Model D2 では支点接合部での厚さのまま 500mm 一定とした。固有値解析して得られた低次の固有振動数とモード形を **Table 3** と **Figure 5** にそれぞれ示す。アーチ部の厚さを薄くしたことにより、鉛直曲げ 1 次と橋軸直角曲げ 1 次の固有振動数が大幅に低下した。一方で、鉛直曲げ 2 次の固有振動数に大きな変化は生じなかった。

### 4. おわりに

PC バランスド扁平アーチ橋の振動特性を把握することを目標として、振動実験結果の概要と数値解析の初期検討の結果を報告した。今後は、実験記録に実験モード解析法を適用して詳細なデータ処理を行うとともに、実験結果を再現できる数値モデルの作成を継続して行う予定である。

#### 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.
- [2] 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編, 2012.



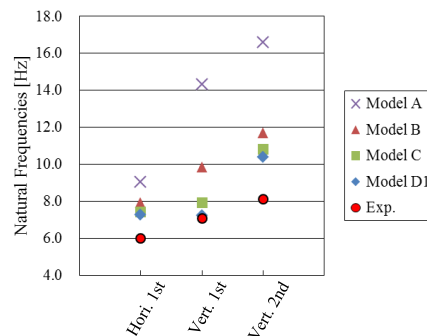
**Figure 3.** Numerical Model

**Table 1.** Material Property

Young's modulus(Superstructure)	$2.980 \times 10^{10}$ [N/m <sup>2</sup> ]
Young's modulus(Substructure)	$2.500 \times 10^{10}$ [N/m <sup>2</sup> ]
Poisson's ratio	0.15
Mass density	$2.498 \times 10^{10}$ [N/m <sup>3</sup> ]

**Table 2.** Numerical Model

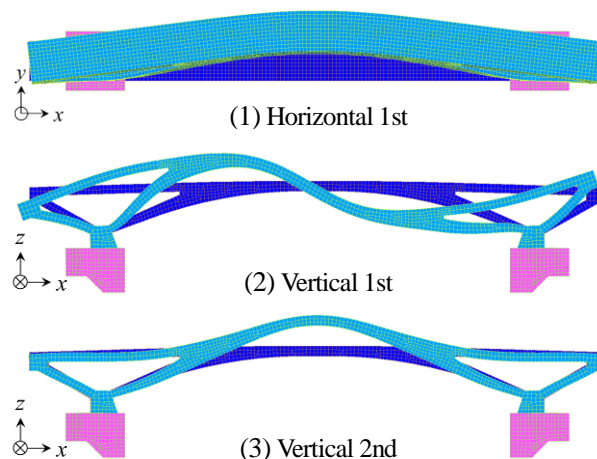
Analysis Model	Number of Nodes	Number of Elements
Model A	236	84
Model B	784	378
Model C	2,604	1,470
Model D1	19,428	14,566
Model D2	17,940	13,136



**Figure 4.** Change of the Natural Frequencies

**Table 3.** Natural Frequencies [Hz]

Bending Mode	Model D1	Model D2	Result of Exp.
Horizontal 1st	7.25	6.66	5.98
Vertical 1st	7.23	6.22	7.08
Vertical 2nd	10.4	10.2	8.09



**Figure 5.** Bending Mode Shapes