

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 —地盤のモデル化範囲と橋梁の挙動—

日本大学 学生会員 ○桑原 朱里
日本大学 正会員 仲村 成貴
日本大学 正会員 関 文夫

1. はじめに

新しい PC バランスド扁平アーチ構造が採用された人道橋を対象として、著者らはこれまでに振動実験と数値解析に基づいて段階的に振動特性を検討してきた。これまでの実験結果から同定された対象橋梁の振動特性には、橋梁近傍地盤の影響が無視できないことを確認している²⁾。構造物の規模は異なるものの、ダム¹⁾の3次元解析では、地盤境界がダムの挙動に影響を及ぼさないように十分な広さをモデル化の対象とすることが一般的である³⁾。そこで本稿では、解析モデルにおける地盤のモデル化範囲が橋梁の挙動に及ぼす影響について検討する。

2. 対象橋梁および周辺地盤の概要²⁾

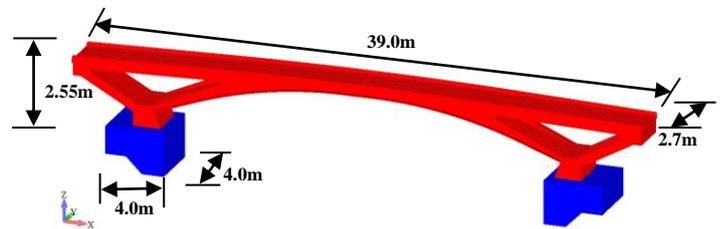
対象橋梁は静岡県富士宮市白糸の滝の下流に位置する滝見橋である(写真1)。滝見橋は直接基礎で支持され、橋長39.0m、アーチ支間28.0m、高さ2.55m、有効幅員2.50m、縦断勾配3.0%である。原位置地盤調査によると、周辺地盤の表層(GL0~GL-2m)は礫混じりシルト、GL-2m以深はN値50の凝灰角礫岩で構成されている。

3. 数値モデル

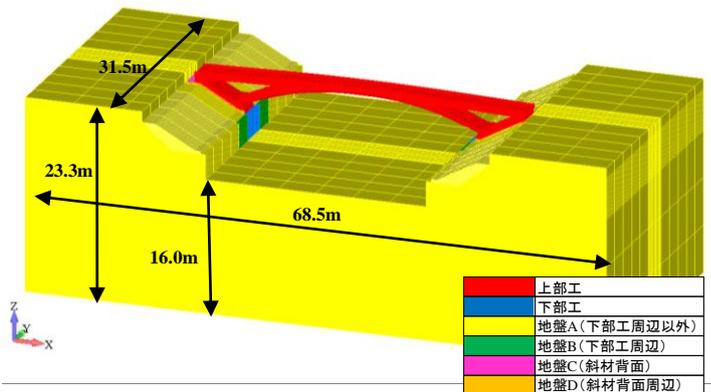
3次元有限要素モデルの構造図を図1に示す。また、表1に本稿で検討したモデルの諸元、表2物性値を示す。Model A0は橋梁のみをモデル化し、下部工の底面を固定とした。橋梁—地盤連成系モデルの7種類は地盤のモデル化範囲のみが異なり、いずれも地盤境界を固定とした。Model P53はこれまでに検討してきたモデルであり²⁾、地盤のモデル化範囲は橋軸直角方向(上下流方向)で橋梁幅員の約11.7倍、橋軸



写真1 滝見橋全景



(1) 橋梁単体モデル (Model A0)



(2) 橋梁—地盤連成系モデル (Model P53)

図1 数値モデル構造図

表1 モデルの諸元

モデル名称	モデル条件	境界条件	地盤のモデル化範囲	
			橋軸直角方向(m)	橋軸方向(m)
A0	橋梁単体	下部工底面固定	—	—
P53	橋梁—地盤連成系	地盤Aの底面と側面を固定	31.5	68.5
P43	橋梁—地盤連成系	地盤Aの底面と側面を固定	26.0	68.5
P33	橋梁—地盤連成系	地盤Aの底面と側面を固定	20.5	68.5
P23	橋梁—地盤連成系	地盤Aの底面と側面を固定	15.0	68.5
P13	橋梁—地盤連成系	地盤Aの底面と側面を固定	9.5	68.5
P22	橋梁—地盤連成系	地盤Aの底面と側面を固定	15.0	57.0
P21	橋梁—地盤連成系	地盤Aの底面と側面を固定	15.00	45.0

表2 物性値

モデル名称	上部工			下部工			地盤A			地盤B・C・D		
	ヤング係数 E (N/m ²)	ポアソン比 ν	質量密度 ρ (kg/m ³)	ヤング係数 E (N/m ²)	ポアソン比 ν	質量密度 ρ (kg/m ³)	ヤング係数 E (N/m ²)	ポアソン比 ν	質量密度 ρ (kg/m ³)	ヤング係数 E (N/m ²)	ポアソン比 ν	質量密度 ρ (kg/m ³)
A0	2.68E+10	0.150	2.50E+10	2.25E+10	0.150	2.50E+10	—	—	—	—	—	—
P53~P21	2.68E+10	0.150	2.50E+10	2.25E+10	0.150	2.50E+10	1.00E+09	0.20	2.00E+10	1.00E+05	0.20	2.00E+10

キーワード バランスド扁平アーチ構造, 固有振動数, 3次元有限要素モデル, 橋梁—地盤連成系モデル, 地盤モデル範囲

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 Email:csak15038@g.nihon-u.ac.jp

方向(左右岸方向)で約 1.8 倍である. 橋軸直角方向で最も地盤のモデル化範囲が狭いものは Model P13 であり, 橋梁幅員の約 3.5 倍である. 橋軸方向で最も地盤のモデル化範囲が狭いものは Model P21 であり, 橋長の約 1.2 倍である. 解析には TDAP III を用いた.

4. 固有値解析結果

各モデルについて固有値解析を行った. 一例として, Model P53 で得られた鉛直曲げ 1~3 次と橋軸直角曲げ(水平曲げ)1~3 次のモード形を図 2 に示す. 図中の薄黒色は変形前の状態を示す. モード形については他のモデルでも同様の結果を得られたことを確認している. 固有振動数について, 実験結果と対応させて図 3 に示す. また, 実験値との相対誤差を図 4 に示す. 橋梁のみをモデル化した Model A0 では相対誤差が非常に大きく, 地盤のモデルが必要なことを確認できる. Model P53 から橋軸直角方向の地盤モデル化範囲を順に小さくさせた Model P43, P33, P23, P13 を比較すると, Model P23 までは固有振動数がほぼ一致したが, P13 では鉛直曲げ 1, 3 次と橋軸直角曲げ 2 次で大きく異なった. 次に, Model P23 から橋軸方向の地盤モデル化範囲を順に小さくさせた Model P22, P21 を比較すると, 橋軸直角曲げ 1 次と鉛直曲げ 2 次以外のモードで固有振動数が異なった. 以上より, 対象橋梁の挙動を把握できる地盤の最小モデル化範囲は, 橋軸直角方向については橋梁幅員の 5.6 倍以上, 橋軸方向については橋長の 1.8 倍以上とすればよいといえる.

5. まとめ

地盤の影響を無視できない小型橋梁の挙動把握に際して, 地盤のモデル化範囲について検討した. 対象橋梁の挙動把握において地盤の最小モデル化範囲は, 橋軸直角方向については橋梁幅員の 5.6 倍以上, 橋軸方向については橋長の 1.8 倍以上とすればよいことが確認された. 今後は, 下部工底面地盤が橋梁の挙動に及ぼす影響について検討する予定である.

参考文献 1)関文夫 他: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)鈴木一功, 仲村成貴, 関文夫: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ー埋め戻し地盤の剛性と橋梁の振動特性変化ー, 第45回土木学会関東支部技術研究発表会論文集, I-69, CD-ROM, 2018, 3)有賀義明, 上島照幸, 仲村成貴, 塩尻弘雄:三次元的解析による2011年東北地方太平洋沖地震におけるダブルアーチダムの耐震性評価, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.70, No.4, pp.I_121-I_129, 2014.

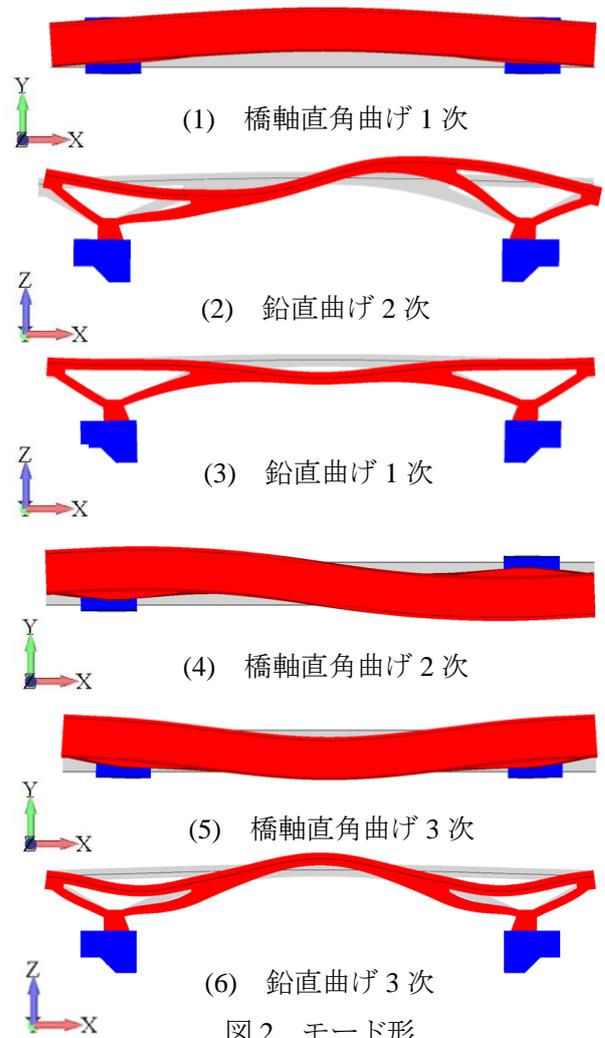


図 2 モード形

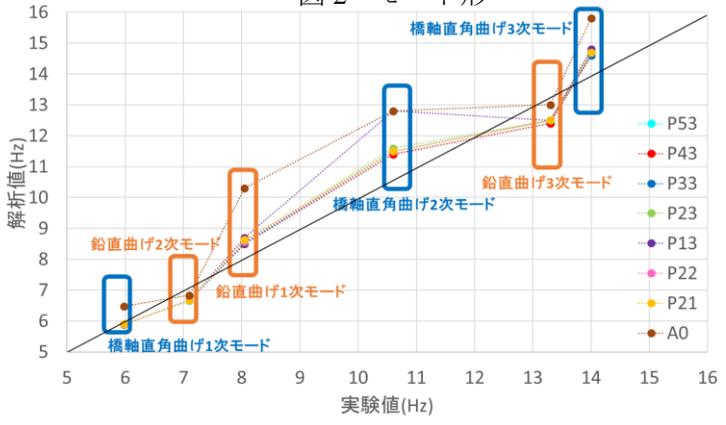


図 3 固有振動数

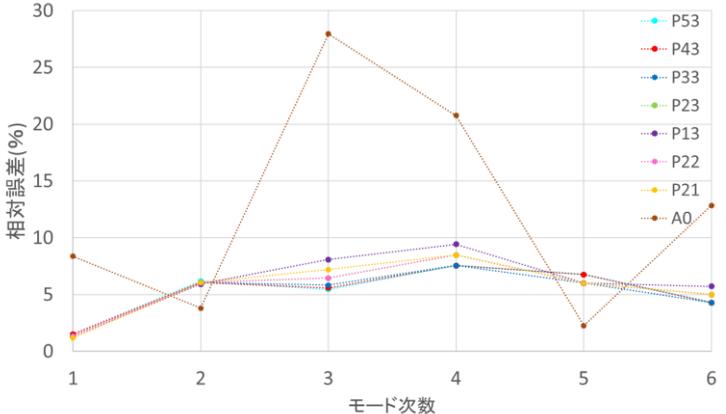


図 4 実験値と相対誤差