

下路式アーチ木歩道橋の実稼動モード解析

日本大学大学院 学生員 ○大黒 孝之
日本大学工学部 正会員 五郎丸 英博
岩手大学工学部 正会員 岩崎 正二
岩手大学工学部 正会員 出戸 秀明

1. はじめに

本研究では、加振力を必要としない振動応答のみによる実稼動モード解析を行い、架設後 12 年と 15 年時点の木歩道橋の振動特性を明らかにした。さらに、各実稼動モード解析結果から得られた振動特性を表現した有限要素モデルを作成し、橋梁の詳細な材料特性の値を算出した。これらの結果を用いて架設時から架設後 12 年と 15 年時点での橋梁の劣化の経年変化の把握を試みた。

2. 橋梁概要

本研究は、思惟大橋コミュニティ公園内に架設された、思惟公園 1 号橋を対象に振動実験を実施した。図-1 に対象橋梁の概略図を示す。本橋梁は、下路式トラストランガー形式の木歩道橋で、カラマツの構造用大断面集成材を主材料としている近代木橋である。支承条件は両端ヒンジ支承である。また、アーチ部 4 箇所と桁部 4 箇所の計 8 箇所の連結部を有している。

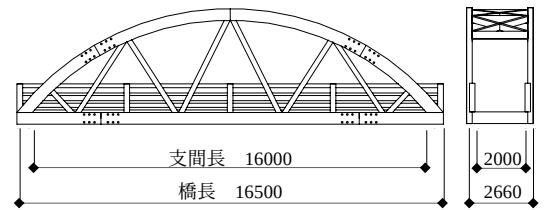


図-1 対象橋梁

3. FEM による固有値解析

実験に先立ち、FEM 解析モデルを作成し、固有値解析を行った。作成した FEM 解析モデルは、部材の構成要素や接合条件を変更した Model 1～Model 4 の計 4 種類である。Model 1 と Model 2 は各部材を Bar 要素で作成し、Model 3 と Model 4 は主要構成部材を Solid 要素で作成した。また、接合条件は鋼橋の摩擦接合とは異なり、鋼板とボルトでの接合となり、ボルトのせん断力を利用したピン接合であるため、部材接合条件を剛結接合とピン接合で仮定し算出した。支承条件は両端ヒンジ支承で定義した。この各モデルのモデル別定義を表-1 に示し、解析モデルの概略図を図-2 に示す。また、本橋梁の連結部は、2 つの長大材の中に鋼板 4 枚を挟んで両側から固定する、構造になっている。このため、連結部は半剛結の特性を有するものと考え、バネ要素を用いてモデル化を行った。その結果、次で示す実稼動モード解析の結果と比較して、Model 4 が最も良好な結果と判断したため、最適な FEM 解析モデルと決定した。

表-1 モデル別定義

	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
支承条件	両端ヒンジ	両端ヒンジ	両端ヒンジ	両端ヒンジ
構成部材	Bar要素	Bar要素	Solid要素	Solid要素
部材接合条件	剛結接合	ピン接合	剛結接合	ピン接合

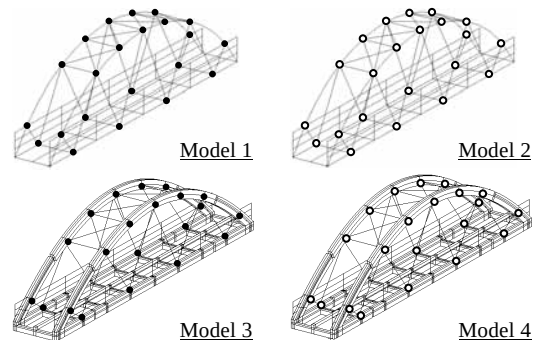


図-2 FEM 解析モデル

4. 実稼動モード解析 (OMA) と解析結果

実稼動モード解析に先立って実施した実橋実験では、大人数人が任意に歩行及び走行外力を与え、各測定点で加速度応答を計測した。測定点数は、架設後 12 年経過時点の測定で 60 点、架設後 15 年経過時点の測定で 38 点使用した。実稼動モード解析は、強化周波数領域分解 (EFDD) 法を用いた。EFDD 法は、パワースペクトル密度の特異値分解を周波数毎に適用し、得られた特異値のピークにおいて 1 自由度系の同定を行い、モーダルパラメータを算出する手法である。本研究では、周波数分解能を 0.03125Hz～0.25Hz の範囲で解析を行った。その結果、EFDD 周波数分解能 0.0625Hz において、最も多くモードが抽出でき各測定点での特異値スペクトルのピークのばらつきが少なく、減衰比の値においても妥当な評価ができたため、この解析条件を採用した。表-2 に架設後 12 年経過時点と 15 年経過時点の OMA の固有振動数と変化割合を示す。本橋梁は、低次から橋軸直角方向の水平振動モードが

連続して発生しており、橋軸直角方向の剛性が低いと考えられる。架設後 12 年時点と 15 年時点を比較すると、固有振動数の変化は水平方向の振動モードに比べ、鉛直方向の振動モードにおいて変化割合が大きく、剛性の低下が認められた。

5. 橋梁の経年変化の把握

OMA 結果を元に、主構成部材である集成材のヤング係数及び密度、アーチ、桁の連結部のバネのバネ定数を変化させ、架設後 12 年、15 年時点の振動特性を表現する FEM 解析モデルを作成し橋梁の経年変化を把握した。表-3 に設計値、架設後 12 年、15 年時点の FEM 解析モデルの材料特性を示す。OMA の固有振動数は、架設後 12 年時点に比べ 15 年時点で低下しており、特に Mode5 において大幅に低下し、振動モードから、鉛直方向のバネの劣化が予測される。また OMA 結果を元に作成した FEM 解析モデルからは、設計値に比べ架設後 12 年時点では、集成材のヤング係数が 22.70%低下、アーチ連結部の鉛直方向のバネ定数が平均 52.17%低下しており、集成材、アーチ連結部の鉛直方向バネの劣化が進行しているものと思われる。更に架設後 15 年時点では、集成材のヤング係数が 48.48%架設時に比べ低下していた。また、連結部のバネ定数が、アーチ連結部で鉛直方向平均 68.14%、橋軸直角方向平均 10.40%、桁連結部で鉛直方向平均 20.71%、橋軸直角方向平均 16.81%低下している。このことから、架設後 12 年時点に比べ架設後 15 年時点では、集成材とアーチ連結部の劣化が更に進行し、桁連結部にも劣化が発生したものと思われる。

6. まとめ

実稼動解析と FEM 解析を通して、本橋梁の架設から 12 年経過と 15 年経過した経年変化の度合を把握する事ができ、劣化が進行している事が確認された。

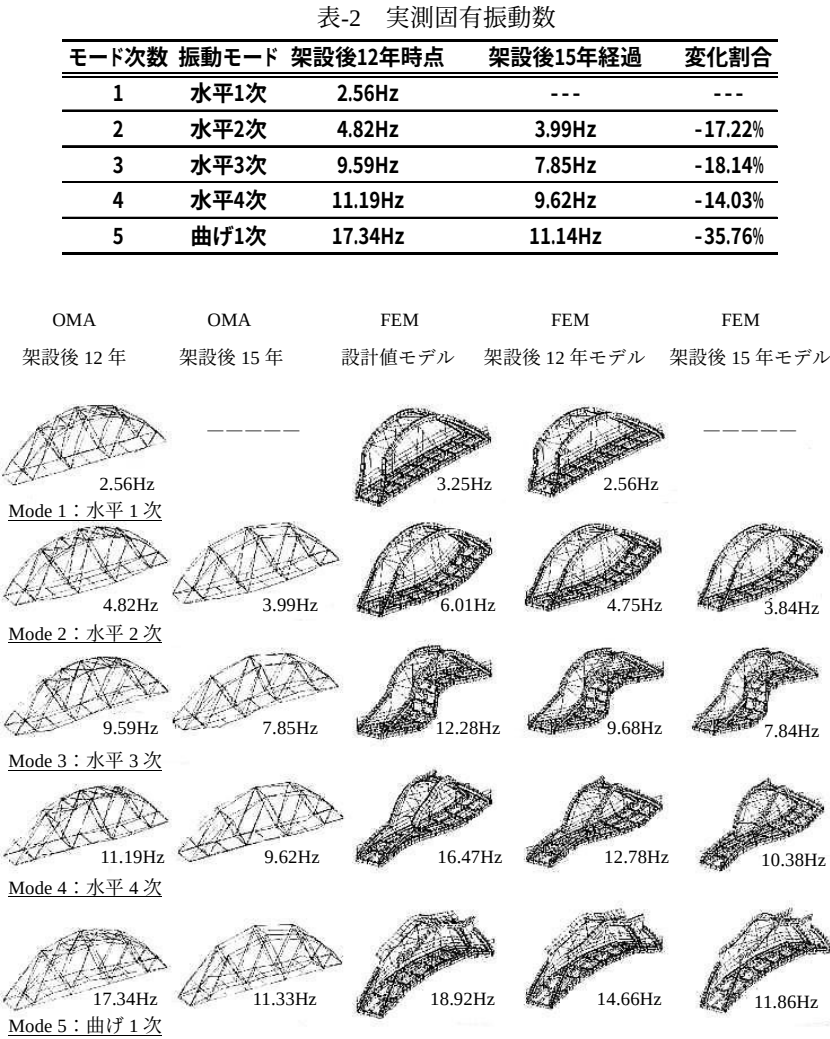


図-3 振動モード図

表-3 FEM 解析モデルの材料特性

		架設時	架設後12年経過		架設後15年経過	
		設計値	変更値	変化割合	変更値	変化割合
ヤング係数: E(N・m ³)		1.223E+10	9.454E+09	-22.70%	6.301E+09	-48.48%
密度: ρ (kg/m ³)		550.00	684.93	24.53%	691.53	25.73%
橋軸方向バネ定数	アーチ	2.385E+08	2.367E+08	-0.77%	2.137E+08	-10.40%
	桁	2.385E+08	2.378E+08	-0.30%	1.984E+08	-16.81%
橋軸直角方向バネ定数	アーチ	1.622E+07	1.622E+07	0.00%	1.622E+07	0.00%
	桁	1.622E+07	1.622E+07	0.00%	1.621E+07	-0.08%
鉛直方向バネ定数	アーチ	3.984E+06	1.906E+06	-52.17%	1.270E+06	-68.14%
	桁	3.984E+06	3.902E+06	-2.06%	3.159E+06	-20.71%