

トラス橋の FEM モデルアップデーティング

日本大学大学院 学生員 ○宮田 朋和
株式会社サクラダ 正会員 小森 武

日本大学大学院 学生員 大黒 孝之
株式会社サクラダ 正会員 瀬尾 高宏
日本大学工学部 正会員 五郎丸 英博

1. はじめに

橋梁建設において、機能重視の時代から景観重視、環境調和の時代へと移り変わり、維持管理の時代に到達している。そのため、維持管理を行う上で橋梁の健全度を知る必要があり、橋梁の初期状態を表現できる FE model を構築することが求められている。

本研究では、振動応答（出力）のみによる実稼動モード解析を用いてトラス橋の実稼動状態における振動特性を明らかにした。さらに、FE model のモデルアップデーティングを行い、実橋の振動特性を再現した最適な FE model の作成を行った。

2. 橋梁概要

研究対象である橋梁は、橋長 190.5m、支間長 104.75m+83.75m、幅員 車道 7.5m+歩道 2.5m の上路式 2 径間連続変断面トラス橋である。

3. 有限要素法（FEM）によるモード解析

図-1 に FE model を示し、表-1 に設計時の材料特性を示す。この FE model は、床版を Solid 要素、桁を Shell 要素、横構・対傾構・トラスを Rod 要素で 3 次元モデル化したものである。要素数は 229065 要素、節点数は 69660 点である。支承条件については、A1 と A2 を可動、P1 を固定としている。

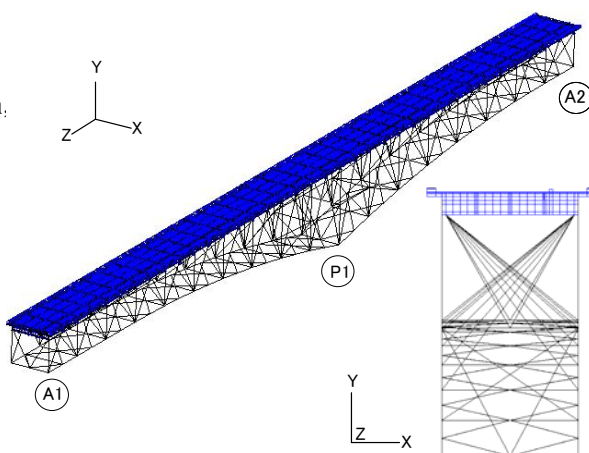


図 - 1 FE model

4. 実稼動モード解析（OMA）

実験では、車両が橋梁を走行している実稼動状態の応答加速度を測定した。図-2 に示すように、3 軸加速度計（XYZ 方向計測）を 5 個使用し、その内 2 個を参照点として固定する。残り 3 個の 3 軸加速度計を順次橋軸方向に移動させ、各測定点での振動応答を計測した。計測は、地覆の内側にピックアップを設置して行った。

解析は周波数領域分解法を用いて行った。各測定点で得られた応答加速度を高速フーリエ変換し、パワースペクトル密度を算出した。この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推定した。

表 - 1 設計時材料特性

	鋼	鉄筋コンクリート	コンクリート	アスファルト
ヤング係数(N/m ²)	2.10E+11	2.10E+10	1.40E+10	1.40E+10
ポアソン比	0.30	0.15	0.15	0.20
単位体積質量(kg/m ³)	7850	2500	2350	2300

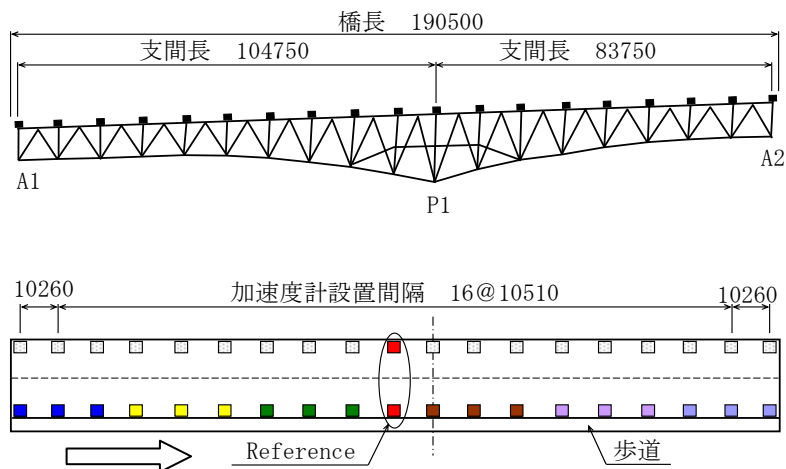


図 - 2 側面図・平面図ならびに加速度計配置図

Keywords：トラス橋，振動測定，モード解析，FEM モデルアップデーティング

〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学 橋工学研究室 TEL・FAX 024-956-8714

5. 実稼動モード解析結果

図-3に OMA の固有振動数，モード減衰比及びモード形状を示す．実稼動モード解析では，周波数分解能 0.015625Hz (8192lines)から 0.125Hz (1024lines)の範囲で解析を行った．この結果，0.03125Hz (4096lines)において最も多くのモード推定ができ，各測定点での周波数のばらつきが少なく，減衰比の値も妥当な評価ができたため，4096lines の解析条件が最も本橋梁の振動特性を表現していると判断した．

6. FEM モデルアップデート

OMA の結果と比較すると FEM の結果は振動数がいずれも低く算出されていたため，OMA の結果を参考にして最適な FE model の作成を行った．その結果，桁のヤング係数 5%増加，RC 床版のヤング係数 15%増加・密度 10%減少で最も OMA の結果に周波数が近似し，相関性の高い結果が得られた．このモデルを最適な FE model と決定した．なお，相関解析はモード信頼性評価基準 (MAC) に基づき評価した．図 - 3 にモデルアップデート前後の固有振動数及びモード形状を示す．表 - 2 にモデルアップデート前後の相関解析結果を示す．図 - 4 に OMA と FEA の相関図を示す．

7. まとめ

本研究では，トラス橋の実稼動状態における振動特性を明らかにした．本研究で採用した実稼動モード解析は，従来のモード解析に比べ容易かつ経済的な手段で振動特性を把握できる．さらに，実稼動モード解析で得られたモードパラメータを用いて，FE model のモデルアップデートを行い，実橋の振動特性を再現した最適な FE model を作成することができた．

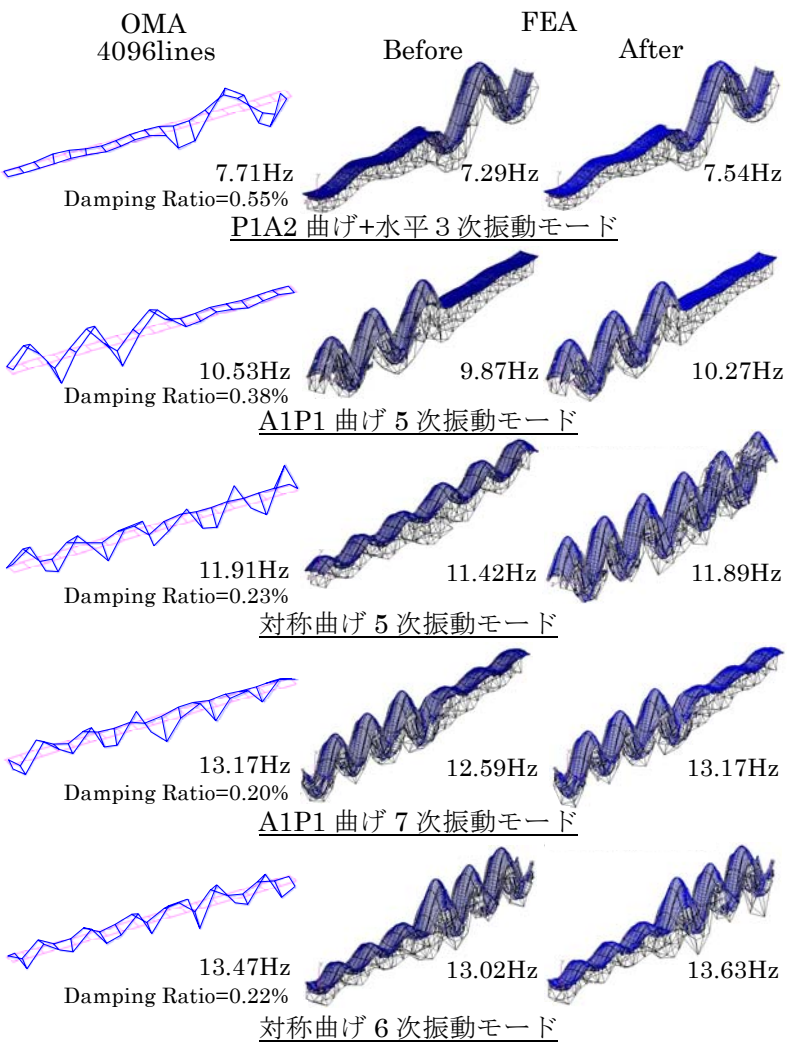


図 - 3 OMA・FEA モード形状

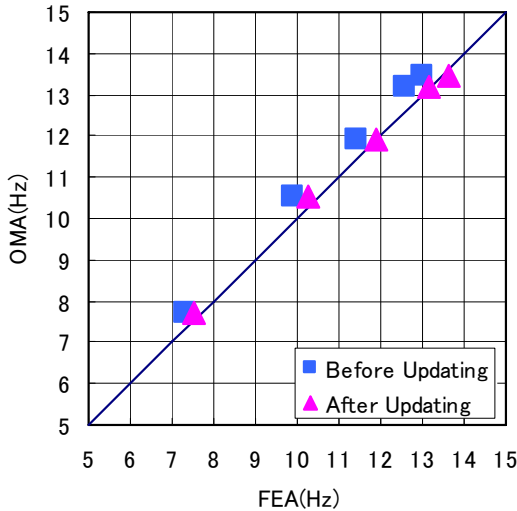


図 - 4 OMA・FEA の相関図

表 - 2 モデルアップデート前後の相関解析結果

Mode	モード形状	OMA(Hz)	Before Updating			After Updating		
			FEA(Hz)	% Change	MAC	FEA(Hz)	% Change	MAC
1	P1A2曲げ+水平3次振動モード	7.71	7.29	-5.45	0.61	7.54	-2.20	0.61
2	A1P1曲げ5次振動モード	10.53	9.87	-6.27	0.89	10.27	-2.47	0.91
3	対称曲げ5次振動モード	11.91	11.42	-4.11	0.61	11.89	-0.17	0.65
4	A1P1曲げ7次振動モード	13.17	12.59	-4.40	0.56	13.17	0.00	0.56
5	対称曲げ6次振動モード	13.47	13.02	-3.34	0.68	13.63	1.19	0.66