

I - 9

2径間連続トラス橋の FEM モデルアップデーティング

日本大学工学部 学生員 ○大黒 孝之
 株式会社サクラダ 正会員 小森 武
 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

現在日本では、既存の橋梁の老朽化が進み、架け替え又は補修工事が必要となっている。架設当初の橋梁と、老朽化した橋梁の振動特性を比較できれば、橋梁の健全度診断に利用が可能となると考えられる。そのためには架設当初の橋梁の振動特性を正確に表現した有限要素モデル(FE-model)を構築する事が必要となる。

本研究では、実橋振動実験から得られるデータを用いた実稼動モード解析(OMA)と、有限要素解析(FEA)によるモード解析の結果を比較し、それを基に FE-model のモデルアップデーティングを行うことで、実橋の振動特性を表現する最適な FE-model の構築を行った。

2. 実験橋について

研究対象とした橋梁は、平成 16 年 3 月に新設された橋梁である。橋長 190.5m、支間長は長支間側 104.75m、短支間側 83.75m、幅員 10mの上路式 2 径間連続トラス橋である。

3. 有限要素法によるモード解析

実験前に対象橋梁の振動特性を把握するため、FEA によるモード解析を行い、固有振動数、固有モードを求めた。作成した FE-model は、床版を Solid 要素、桁を Shell 要素、トラスを Rod 要素で構成した。さらに、今回の橋梁は橋脚部の高さが 29.5mと上部構造に比べ高く、振動モードに影響を与える可能性が考えられたため、下部構造を Solid 要素でモデル化した。上部構造のみのモデルをケース1、下部構造を考慮したモデルをケース2とした。ケース1、2を図1に示す。支承条件は A1、A2 が可動、P1 が固定の支承とした。また、下部構造の拘束条件は全て固定とした。

4. 実稼動モード解析

実験では、橋梁供用時の実稼動状態における応答加速度のみを測定した。三軸加速度計を 5 個用い、そのうち 2 個を参照点として固定し、残りの 3 個を移動させ、12 回の測定で計 38 点の応答加速度を得た。橋梁の側面図、平面図及び加速度計の配置位置を図2に示す。

解析には強化周波数領域分解(EFDD)法を用いた。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て、得られた特異値のピークにおける1自由度系の同定を行うことで、モードパラメータを推定した。

5. 実稼動モード解析結果

本解析では、周波数分解能 0.125Hz(1024lines)、0.0625Hz(2048lines)、0.03125Hz(4096lines)で解析を行った。その結果、0.03125Hz で最も多くのモードが推定できた。さらにモード減衰比に着目したところ、0.03125Hz が最も適切な値を示していた。これらの結果から、0.03125Hz が本橋梁の振動特性を最も適切に表現していると判断した。表1に、OMA 結果とそれに対応するケース1、2の FEA 結果を示す。

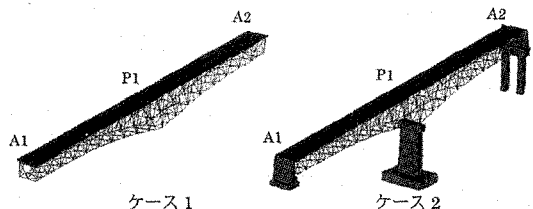


図1 FE-model

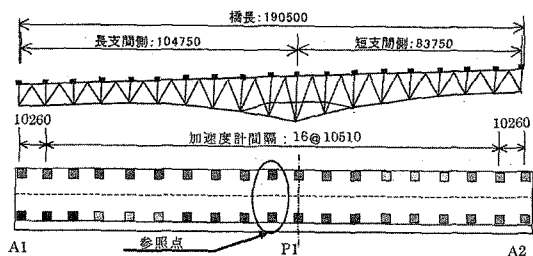


図2 側面図、平面図及び加速度計配置図

表1 OMA, FEA 結果

Mode	OMA		FEA	
	周波数(Hz)	減衰比(%)	周波数(Hz)	
			ケース1	ケース2
1	7.71	0.55	7.29	7.37
2	10.53	0.38	9.87	9.83
3	11.91	0.23	11.42	11.44
4	13.17	0.20	12.59	12.36
5	13.47	0.22	13.02	13.06

6. FEM モデルアップデーティング

FEA と OMA の相関性を調べるためモード信頼性基準 (MAC)を用いて相関解析を行った。ケース 1, 2 共に OMA の周波数が FEA の周波数に比べ高かった。そのため、RC 床版のヤング係数及び密度と桁のヤング係数をそれぞれ変化させることでアップデーティングを行った。

ケース 1 のアップデーティングは、床版のヤング係数 +15%、密度 -10%、桁のヤング係数 +5% で最適な FE-model とし、ケース 2 のアップデーティングでは床版のヤング係数 +10%、密度 -10%、桁のヤング係数 +5% で最適な FE-model とした。OMA と FEA のアップデーティング前後の相関解析結果を表 2 に、OMA とケース 1, 2 のアップデーティング後のモード形状を図 3 に、アップデーティング前後の周波数をと MAC 値のグラフを図 4 に示す。

アップデーティング前の OMA と FEA の周波数の相対誤差 (%Change) はケース 1, 2 共に、絶対値の平均が 5% 程度あった。アップデーティングを行った結果、%Change がケース 1 では、絶対値の平均が 1.21%、ケース 2 では 2.01% となった。

MAC 値は、ケース 1, 2 共にアップデーティング前後ではほとんど変化が無い。アップデーティング後のケース 1, 2 の MAC 値を比較すると、Mode 1, 2, 4, 5 では差が無いが、Mode 3 でケース 1 が 0.65、ケース 2 が 0.42 となり、下部構造を考慮することでモード形状が変化し、ケース 1 がケース 2 に比べ OMA のモード形状により近い結果となった。

6. まとめ

本研究のアップデーティング結果から、ケース 1 の、床版のヤング係数 +15%、密度 -10%、桁のヤング係数 +5% で、実際の橋梁の振動特性を最も適切に表現している FE-model を構築できた。今回構築した FE-model は、橋梁の補修工事を行う際の、損傷箇所の同定等、橋梁の健全度診断に適用可能な基本モデルであると考えられる。

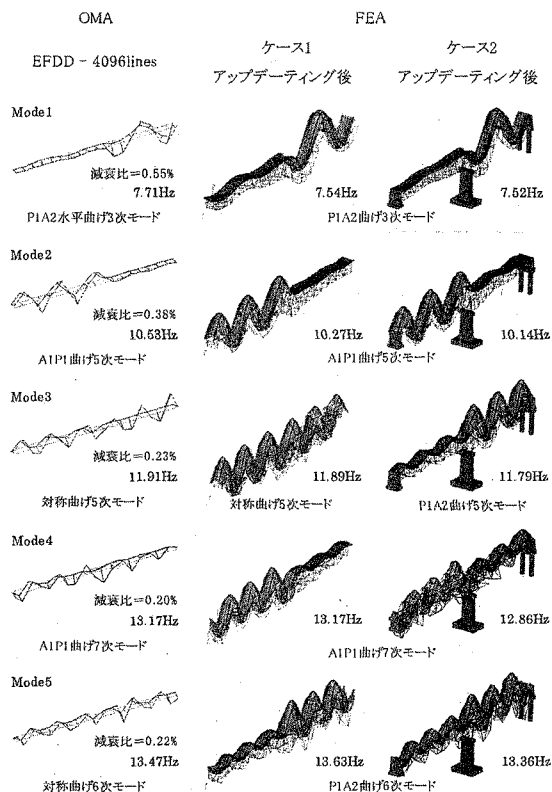


図 3 OMA・FEA 結果

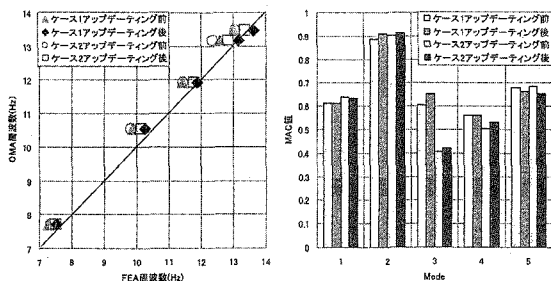


図 4 アップデーティング前後の周波数と MAC 値

表 3 モデルアップデーティング後の相関解析結果

Mode	ケース1						ケース2					
	アップデーティング前			アップデーティング後			アップデーティング前			アップデーティング後		
	OMA(Hz)	FEA(Hz)	% Change	MAC	FEA(Hz)	% Change	MAC	FEA(Hz)	% Change	MAC	FEA(Hz)	% Change
1	7.71	7.29	-5.45	0.61	7.54	-2.20	0.61	7.37	-4.48	0.64	7.52	-2.52
2	10.53	9.87	-6.27	0.89	10.27	-2.47	0.91	9.83	-6.65	0.90	10.14	-3.74
3	11.91	11.42	-4.11	0.61	11.89	-0.17	0.65	11.44	-3.91	0.41	11.79	-1.01
4	13.17	12.59	-4.40	0.56	13.17	0.00	0.56	12.36	-6.13	0.50	12.86	-2.32
5	13.47	13.02	-3.34	0.68	13.63	1.19	0.66	13.06	-2.99	0.68	13.36	-0.77