

実稼動モード解析による木歩道橋の動的特性

日本大学大学院 学生員 ○芝原 正 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 日本大学工学部 正会員 五郎丸 英博

1. はじめに

橋梁の振動特性を把握する手法の一つとして近年、モード解析が広く用いられるようになってきた。その中で現在、一般に用いられているモード解析は、加振力（入力）と振動応答（出力）に関する周波数応答関数の振動測定からモーダルパラメータを推定する手法である。しかし、この手法では橋梁を加振する装置が必要で膨大な費用と時間がかかり、また測定された応答が実際の稼動状態を表現しているとはいいいにくい。

そこで、本研究では加振力（入力）を必要としない振動応答（出力）のみによる実稼動モード解析の手法を用いて、木歩道橋の実稼動状態における振動特性を明らかにした。

2. 思惟公園 1 号橋の概要

本研究では、思惟大橋コミュニティー公園内に架設された思惟公園 1 号橋を対象として振動実験を行った。対象橋梁は橋長 16.50m、幅員 2.00m の下路式トラストランガー橋である。この橋は、木歩道橋で材料は構造用大断面集成材を主材料としている。支承条件は両端固定支承である。またアーチ部と床版部それぞれ 4 箇所連結部を有している。

3. 有限要素法によるモード解析（FEA）

実験に先立ち、思惟公園 1 号橋の振動特性を把握するために FEM によるモード解析を行い、固有振動数と振動モードを求めた。FEM 解析モデルはビーム要素で 3 次元モデル化し、要素数は 658 要素、節点数は 488 点であった。また、連結部はパネ要素を用いてモデル化を行なった。

4. 実稼動モード解析（Operational Modal Analysis : OMA）

実橋実験では実稼動状態を再現するために 10 人で人力加振（走行・歩行外力）を与えて振動測定を行った。3 軸加速度計を 5 個使用し、その内 1 個を参照点として固定した。残りの 4 個の加速度計をそれぞれ図 - 1 に示す矢印の方向各点に順次設置し測定を行った。解析は周波数領域分解法を用いて行なった。まず、実験より得られた出力信号を用いて高速フーリエ変換(FFT)を行い、パワースペクトル密度を求めた。そして、パワースペクトル密度を周波数毎に特異値分解し、得られたスペクトルより 1 自由度モデルを同定し、モーダルパラメータを推定した。

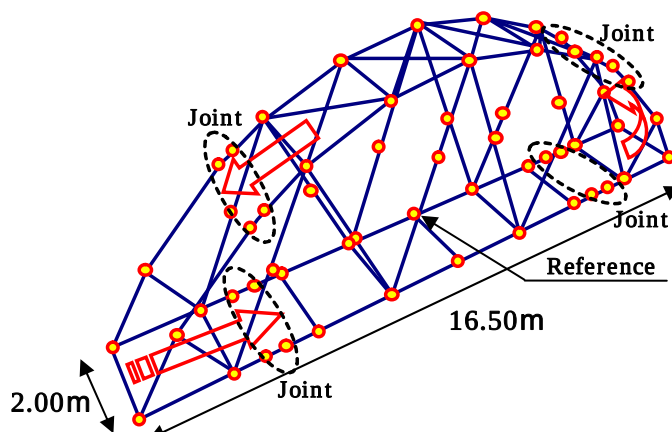


図 - 1 加速度計配置図

5. 解析結果及び考察

図 - 2 に FEA で得られた、固有振動数と振動モード及び OMA における周波数分解能が 0.0625Hz(4096Line)、0.125Hz(2048Line)それぞれのモード図を示す。さらに、表 - 1 に各モードの周波数及び減衰比を示し、表 - 2 に FEA と OMA の相関解析結果を示す。FEA の各モードは実稼動状態において励起される振動モードのみを抽出した。

Keywords：木歩道橋，実稼動モード解析，動的特性，モーダルパラメータ

〒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

この結果から，FEA では低次から水平振動が連続して発生し水平 1 次振動モードとアーチ部水平 2 次振動モードにおいてアーチリブと床版が逆対称に変形する水平振動であった。次に，OMA は FEA と同様に低次から水平振動が連続して発生し，水平方向の剛性が弱いことがわかる。また，連結部の影響を大きく受けていることがわかる。表 - 1 に示すように 4096Line において，歩道橋で歩行者に不安感や不快感を与えられている 2Hz 付近での固有振動数が 2.56Hz で推定できた。しかし，これはアーチリブのみの水平振動で床版への影響はなく使用性に対する問題は少ないと考えられる。また，周波数分解能により推定できるモードと減衰比の結果に誤差があり，2048Line において全体的に大きい減衰比の値を示している。これは，周波数分解能により特異値スペクトルのピークが変化したためと考えられる。しかし，実稼動解析における 4096Line，2048Line の両者をモード信頼性基準 (MAC) に基づいたモード形状の相関解析を行った結果，各モードとも相関性が高いことがわかった。

OMA において他の周波数分解能 0.03125Hz(8192Line), 0.25Hz(1024Line) でも同様に周波数領域での解析を行ったが，4096Line，2048Line が最も多くモード推定ができ FEA 結果とも類似していたため，この 2 つの解析条件を適用した。

また，表 - 2 の FEA 結果は OMA の結果と相関の高いモードのみ抽出した。

6. まとめ

FEA と OMA の結果から，実稼動モード解析で得られたモーダルパラメータは本橋の実稼動状態における振動特性を表現しているといえる。また，従来のモード解析に比べ，この出力のみによるモード解析は容易かつ経済的な手段で振動特性を把握できることがわかった。

今後，実稼動モード解析の手法は FEM モデルアップデATING への適用や稼動中における橋梁の健全度診断などへの応用性が高い技術と考えられる。

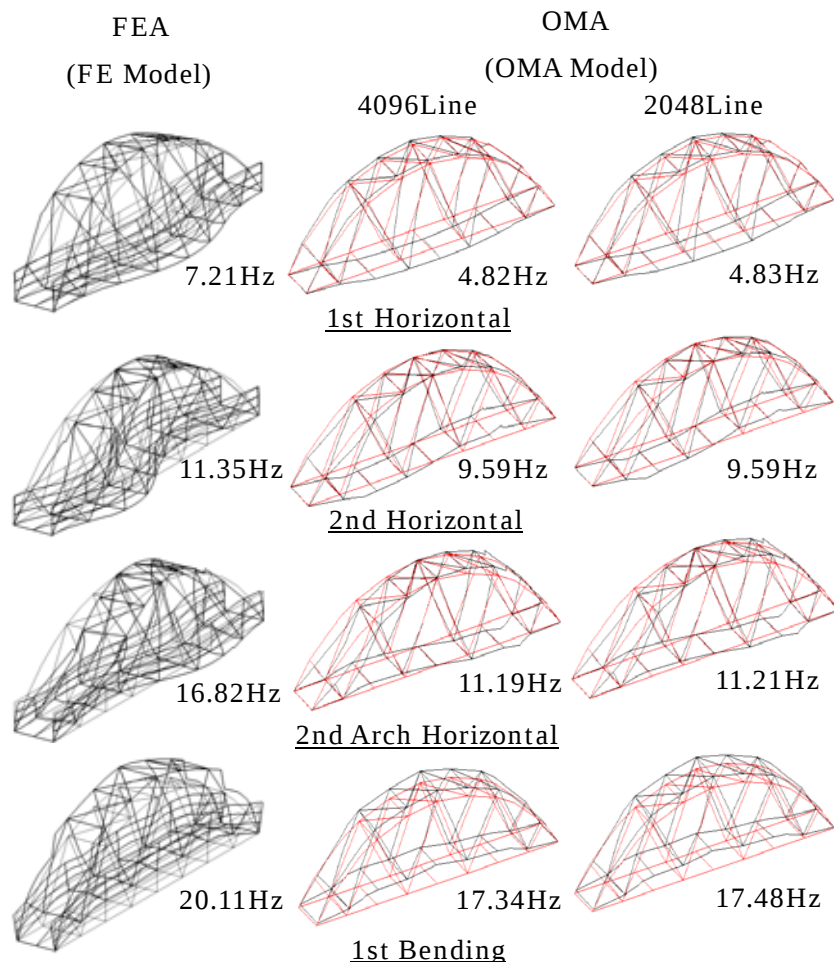


図 - 2 解析によるモード図

表 - 1 実稼動モード解析 (OMA) 結果

Mode	Shape	Frequency(Hz)		Change(%)	Damping Ratio(%)		MAC
		4096Line	2048Line		4096	2048	
1	1st Arch Horizontal	2.56	-	-	2.34	-	-
2	1st Horizontal	4.82	4.83	0.21	3.16	3.99	0.98
3	2nd Horizontal	9.59	9.59	0.00	2.58	3.03	0.99
4	2nd Arch Horizontal	11.19	11.21	0.18	1.96	2.11	0.99
5	1st Bending	17.34	17.48	0.81	4.91	6.09	1.00

表 - 2 相関解析結果

Mode	Shape	FEA(Hz)	OMA(Hz)	Change(%)	MAC	OMA(Hz)	Change(%)	MAC
			4096Line			2048Line		
2	1st Horizontal	7.21	4.82	49.49	0.76	4.83	49.27	0.76
3	2nd Horizontal	11.35	9.59	18.28	0.88	9.59	18.30	0.85
4	2nd Arch Horizontal	16.82	11.19	50.32	0.82	11.21	49.98	0.83
5	1st Bending	20.11	17.34	16.00	0.81	17.48	15.04	0.81