

I - 7

合成鋼鉄桁橋の実稼動モード解析

日本大学大学院 学生員 ○宮田 朋和 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 岩手県土木技術センター 平 洋文

1. はじめに

現在、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既設橋梁の健全度を把握する必要がある。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、架設後 24 年経過した単純合成鋼鉄桁橋の実稼動状態における振動特性を明らかにした。

2. 橋梁概要

研究対象である橋梁は、橋長 57.00m、幅員 5.00m の 2 連単純合成鋼鉄桁橋である。この橋は、架設後 24 年経過している。今回の実稼動実験は、1 径間を対象に実験を行った。支承条件は、P1 は可動支承、A2 は固定支承である。

3. 有限要素法（FEM）によるモード解析

MSC/Nastran を用いて固有値解析を行い、振動特性（固有振動数、固有振動モード）を把握した。FE model は、床版・舗装を Solid 要素、桁・補剛材を Shell 要素、対傾構・横構を Beam 要素で 3 次元モデル化した。図-1 に FE model を示す。要素数は 37440 要素、節点数は 19789 点である。境界条件は、P1 Mov、A2 Fix と P1A2 両端 Fix の 2 ケースで解析を行った。

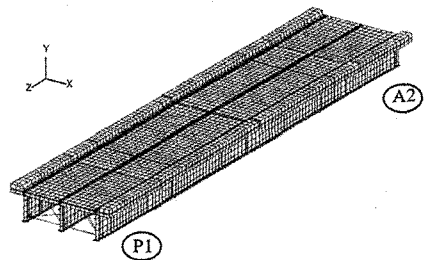


図-1 FE model

4. 実稼動モード解析（OMA）

実稼動実験は、車両が橋梁を走行している実稼動状態の振動応答を計測した。3 軸加速度計を 4 個使用し、その内 1 個を参照点として固定した。残りの 3 個の加速度計を図-2 に示すように、順次橋軸方向に移動させ測定した。測定は、下フランジの下側にピック台を設置して行った。実稼動モード解析は、強化周波数領域分解（EFDD）法と確率的小空間同定（SSI）法を用いて行った。EFDD 法は、各測定点で得られた振動応答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。SSI 法では、信号処理したデータをパラメトリックモデルに適合させ、モーダルパラメータを推定した。

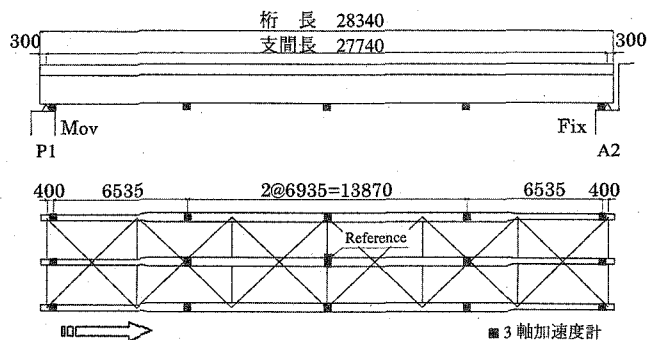


図-2 加速度計配置図

5. 解析結果

実稼動モード解析は、周波数分解能 0.0625Hz (1024lines) から 0.015625Hz (4096lines) の範囲で解析を行った。この結果、0.03125Hz (2048lines) において、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結果が得られた。さらに、FEA 結果との相関も高い結果が得られたため、2048lines 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。表-1 に EFDD と SSI の相関解析結果を示す。図-3 に OMA の固有振動数・モード減衰比・固有振動モードおよび FEA で得られた固有振動数・固有振動モードを示す。図-3

に示すように、Mode1 と Mode2 で曲げ 1 次振動モードが推定できた。Mode1 は、P1 側が橋軸方向に水平移動する曲げ 1 次振動モード、Mode2 は P1 側が固定された曲げ 1 次振動モードが得られた。表-1 から EFDD 結果と SSI 結果は、周波数も近似し、Mode5 以外は MAC (モード信頼性評価基準) 値が高い結果が得られ、ほぼ同一のモードであることがわかる。Mode5 が MAC 値 0.47 と低い理由として、SSI 法では純粋なねじり 2 次振動モードが得られなかったためと考えられる。また、図-3 に示すようにモード減衰比は、EFDD 法より SSI 法のほうが高い結果となった。表-2 に EFDD と FEA の相関解析結果を、表-3 に SSI と FEA の相関解析結果を示す。この結果から、どのモードも MAC 値が高い結果が得られた。また、EFDD 結果と SSI 結果は、FEA の境界条件が Mov-Fix の解析結果より Fix-Fix の解析結果のほうが、MAC 値が高く相関が高い。これらのことから、本橋梁は、両端 Fix-Fix に近い振動特性を有していることが明らかとなった。

6. まとめ

本研究では、架設後 24 年経過した単純合成鋼桁橋の実稼動状態における振動特性を明らかにした。得られた解析データは、維持・補修の基礎データとして利用可能である。本研究で採用した振動応答（出力）のみによる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ことがわかった。

表-1 EFDD と SSI の相関解析結果

Mode	Shape	EFDD(Hz)	SSI(Hz)	% Change	MAC
1	曲げ1次	4.30	4.26	-0.93	1.00
2	曲げ1次	5.48	5.54	1.09	1.00
3	ねじり1次	7.39	7.40	0.14	0.92
4	曲げ2次	12.44	12.43	-0.08	0.99
5	ねじり2次	17.42	17.38	-0.23	0.47
6	曲げ3次	22.13	22.39	1.17	0.81

表-2 EFDD と FEA の相関解析結果

Mode	Shape	EFDD(Hz)	Mov-Fix			Fix-Fix		
			FEA(Hz)	% Change	MAC	FEA(Hz)	% Change	MAC
1	曲げ1次	4.30	3.59	-16.51	0.98	—	—	—
2	曲げ1次	5.48	—	—	—	5.56	1.46	0.98
3	ねじり1次	7.39	7.23	-2.17	0.85	7.48	1.22	0.83
4	曲げ2次	12.44	11.53	-7.32	0.93	12.03	-3.30	0.98
5	ねじり2次	17.42	17.26	-0.92	0.82	18.27	4.88	0.87
6	曲げ3次	22.13	17.57	-20.61	0.58	25.97	17.35	0.76

表-3 SSI と FEA の相関解析結果

Mode	Shape	SSI(Hz)	Mov-Fix			Fix-Fix		
			FEA(Hz)	% Change	MAC	FEA(Hz)	% Change	MAC
1	曲げ1次	4.26	3.59	-15.73	0.98	—	—	—
2	曲げ1次	5.54	—	—	—	5.56	0.36	0.98
3	ねじり1次	7.40	7.23	-2.30	0.95	7.48	1.08	0.95
4	曲げ2次	12.43	11.53	-7.24	0.93	12.03	-3.22	0.96
5	ねじり2次	17.38	17.26	-0.69	0.19	18.27	5.12	0.20
6	曲げ3次	22.39	17.57	-21.53	0.53	25.97	15.99	0.77

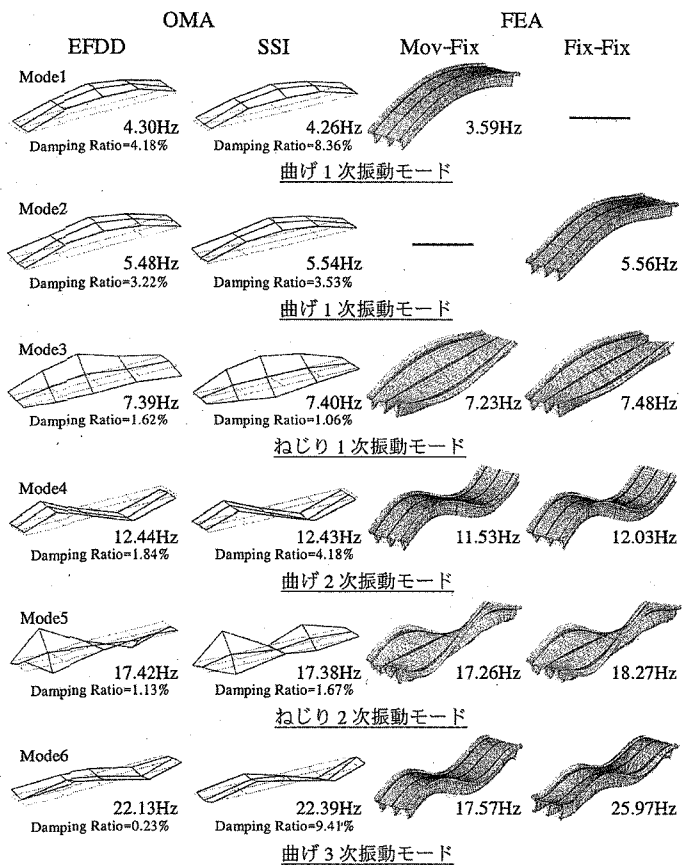


図-3 振動モード