

センシングデータを活用した斜張橋 FEM モデルの構築と固有モードの検証

株式会社 TTES

阪神高速道路 株式会社

阪神高速技術 株式会社

一般財団法人 阪神高速道路技術センター

正会員 ○勝山 真規, 菅沼 久忠, 梅川 雄太郎

正会員 篠原 聖二

正会員 坂本 直太, 藤田 賢司

正会員 赤松 伸祐

1. はじめに

ビッグデータやデータ処理技術の発展に伴い、様々なデータを可視化できるようになってきており、データドリブン思考が注目、重要視されてきている。データドリブンとは、計測などにて得られたデータをもとに仮説を立て、検証した上で次のアクションを行うことである。インフラメンテナンスにおいては、モニタリング・センシングデータの分析、可視化などを行い、より費用対効果の高いアクションにつなげ、維持管理を効率化していくことが期待されている。

本研究では、長大橋の実挙動をセンサにより捉え、FEM 解析モデルを再現することを目的とした。実挙動を把握するために、まず長大橋に複数の三軸加速度計を配置した。続いて加速度データを ERA 分析、可視化し、FEM 固有値解析結果との比較を行った。

2. 対象橋梁とセンサ配置

対象橋梁は、図 1 の全長 885m、中央支間長 485m の斜張橋である。センサは、三軸加速度計を用い、主塔 P24 に 14 箇所、主構は支間中央～P26 橋脚側までの主に上路を対象とし、主塔、橋脚位置や変形が大きくなると想定された各支間中央に 14 箇所設置した(図 2)。全加速度計を時刻同期した状態でデータを計測し、データサンプリングは 50Hz とした。

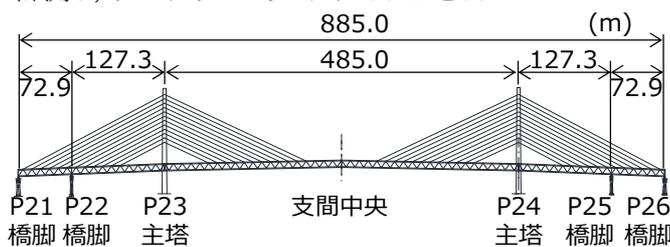
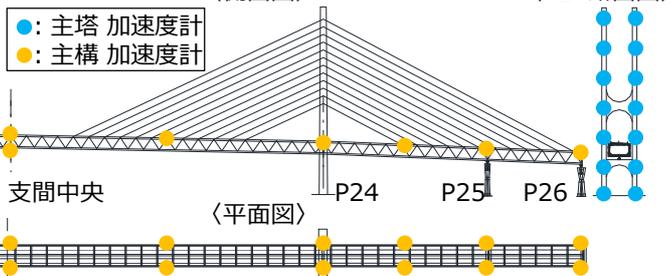
図 1 対象橋梁
(側面図)

図 2 加速度計設置位置

3. 加速度データ分析

加速度データ分析は ERA(Eigensystem Realization Algorithm)により行った。ERA はシステム同定手法の一つであり、測定データのみから対象構造物の固有振動数、固有モード等を同定する手法である。分析期間は、風の穏やかな日(2018/6/5 0:00～4:00)のデータを利用した。着目したモードは FFT によりピークが卓越し、かつ設計計算書で示されている①主桁横たわみ、②主桁たわみ、③塔面内曲げの各モードとした。

4. FEM 解析モデル

解析モデルは、設計図面をもとに主塔、橋脚を含めた全長をモデル化した(図 3)。斜張ケーブルと主構トラスはバー要素、その他の部材は主にシェル要素でモデル化した。アスファルト¹⁾はソリッド要素で作製し「なしモデル」と「ありモデル」の 2 種類を比較した。メッシュ分割数は公称応力を算出できる程度とした。支持位置は主塔、橋脚下端のみを完全固定とした。

5. 比較結果

固有振動数の比較結果を表 1 に示す。アスファルトなしの場合は、①主桁横たわみモード以外では、ERA と FEM の値に乖離があった。アスファルトをモデル化することで、各モードとも良い精度で一致してい

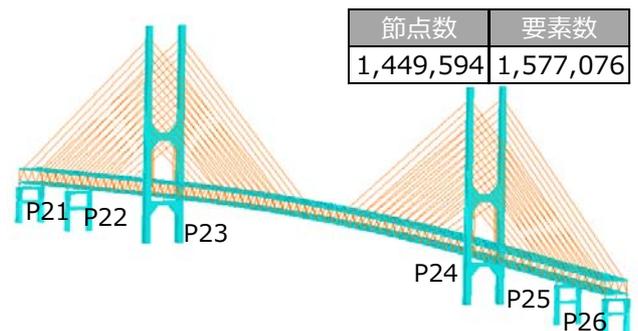


図 3 FEM モデル図(アスファルトあり)

表 1 固有振動数比較

モード	固有振動数(Hz)		
	ERA	FEM	
		アスファルトなし	アスファルトあり
①主桁横たわみモード	0.24	0.22	0.18
②主桁たわみモード	0.41	0.54	0.44
③塔面内曲げモード	0.68	0.71	0.64

キーワード モニタリング, センシング, データドリブン, 固有モード, 固有振動数, ERA, FEM

連絡先 〒153-0051 東京都目黒区上目黒 3-30-8 (株)TTES TEL:03-5724-4011

ることが確認できたため、以降の検討はアスファルトありモデルで実施した。

ERA と FEM の固有モード比較図を図 4~6 に示す。ERA は加速度計設置位置の変位を示し、FEM では加速度計設置位置に相当する節点変位のみを抽出し、両者を比較した。変形具合を把握しやすくするために、各モードで最大変位発生箇所の変位を 1mm として他の計測位置の変位を正規化し、変形倍率を 1 万倍してグラフ化した。

①主桁横たわみモード(図 4)の主構平面図を確認すると支間中央~P24 では変形挙動が一致した。P24~P26 では、FEM の方が ERA と比較して、変形が若干大きくなった。②主桁たわみモード(図 5)の主構側面図を確認すると全長に渡り変形挙動が全計測位置で精度良く一致した。主塔側面図を確認すると主構と同方向に主塔が引っ張られおり、ケーブルを介して主構と主塔が連動しているような挙動を示した。本計測では前述の通り全加速度計の時刻同期を行っているため、他のモードでも同様に各部材が連動した挙動を確認できた。③塔面内曲げモード(図 6)の主塔断面図を確認すると主塔下端~主塔頂部までの変形挙動が精度よく一致した。

最後に、モード信頼性評価基準(MAC)を用いて、FEM の固有モード形状と ERA 分析結果と照合することでお互いのモード間の相関を確認した。MAC が 1 に近いほど信頼性が高いことを示すが、表 2 より各モードは 1 に近い値を示しており、非常に高い相関を有していることが確認できた。

6.まとめ

以上より、データドリブン思考のもとセンシングデータを活用し橋長 885m の長大橋 FEM 解析モデルの構築、固有振動数と固有モードの検証が行えた。今後は、当該モデルを利用し他のモニタリングデータとの比較、仮説、検証を経て精緻化を行う予定である。

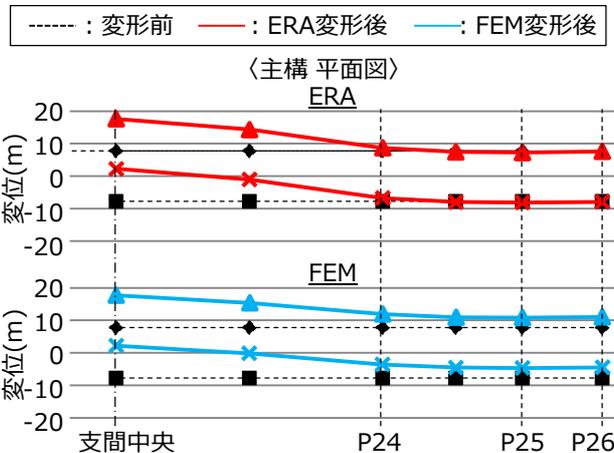


図 4 ①主桁横たわみモード 比較結果

なお、本研究は、阪神高速道路(株)と(株)TTES の大規模解析モデルによる応答シミュレーションに関する共同研究」の成果の一部である。

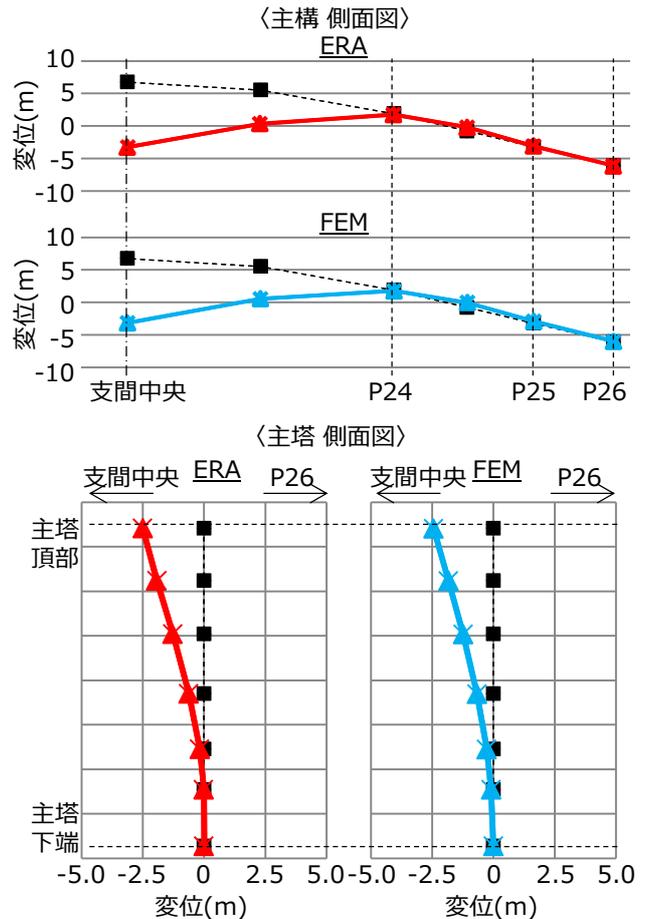


図 5 ②主桁たわみモード 比較結果

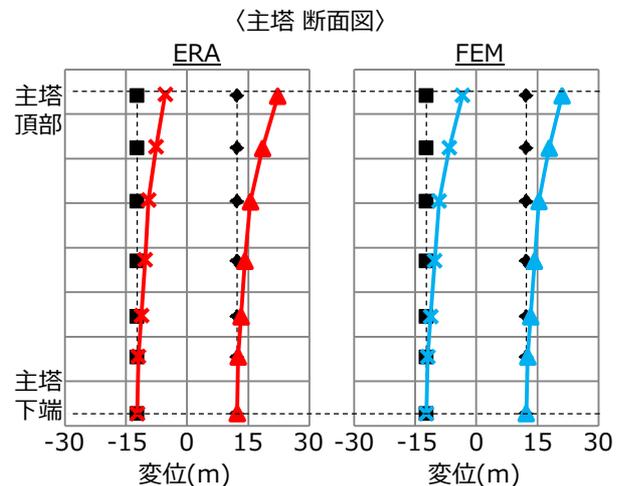


図 6 ③塔面内曲げモード 比較結果

表 2 MAC によるモード信頼性評価

MAC評価		ERA		
		①主桁横たわみ	②主桁たわみ	③塔面内曲げ
FEM	①主桁横たわみ	0.90	-	-
	②主桁たわみ	-	0.93	-
	③塔面内曲げ	-	-	0.98

参考文献: 1) 久利ら: "高温域を考慮したアスファルト混合物のスティフネス測定に関する研究", 土木学会舗装工学論文集 第 13 巻, 2008.12