

橋脚を考慮した既設合成鋼鈹桁橋の実稼動試験について

日本大学工学部 学生会員 森谷 和貴
日本大学工学部 正 会 員 五郎丸 英博
岩手大学工学部 正 会 員 出戸 秀明

1. はじめに

現在、我が国の多くの橋梁は老朽化が進んでおり、維持管理、補修、補強が必要である。そのためには橋梁の現在の状態を把握しなければならない。本研究では、架設後 25 年経過した単純合成鋼鈹桁橋の振動測定を行い、その振動特性と橋の現状の推定を試みた。本橋の車両走行試験の結果から、橋脚の橋軸方向への水平移動が認められたため、橋脚を含めた実稼動状態における振動測定を行い、2005 年 11 月に行った橋脚を考慮しなかった実稼動実験結果との比較検討も行った。

2. 橋梁概要

研究対象である橋梁は、橋長 57.000m、幅員 5.000m の 2 連単純合成鋼鈹桁橋であり、架設後 25 年が経過している。今回の実稼動実験は、この 1 径間と橋脚を対象に実験を行った。支承条件は橋台部が Fix、橋脚部が Move である。

3. 実稼動モード解析 (OMA)

実稼動実験は橋梁に車両を走行させ、その実稼動状態の振動応答を計測した。図 - 1、図 - 2 に示すように、3 軸加速度計 (XYZ 方向計測) を 4 個使用し、うち 1 個を参照点 (Reference) として第 1 径間中央部に固定する。残りの 3 個の加速度計をそれぞれ各測定点に移動させ、振動応答を計測した。表 - 1 に計測条件を示す。測定は下フランジの下側と橋脚に 3 軸加速度計を設置して行った。実験は計 2 回行い、1 回目は P1 地点の橋脚から A2 地点に向かい移動し測定を行い、2 回目は A2 地点から P1 地点の橋脚に向かって測定を行った。実稼動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、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) し、パワースペクトル密度を求める。

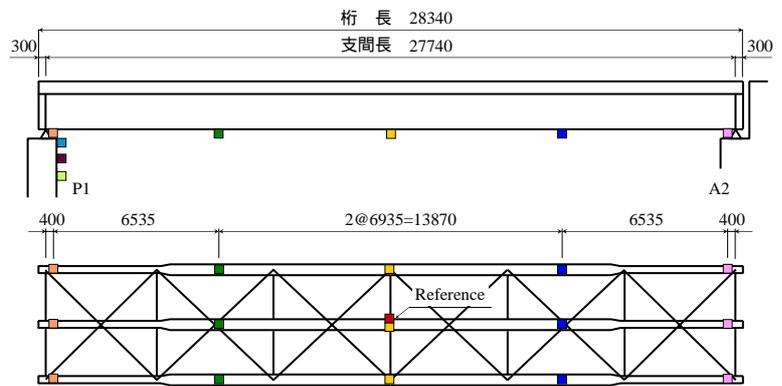


図 - 1 加速度計配置図

| | |
|--------------------|--------------|
| Total Length | 248 [s] |
| Samples | 31744 |
| Sampling Interval | 0.007813 [s] |
| Sampling Frequency | 128 [Hz] |
| Nyquist Frequency | 64 [Hz] |

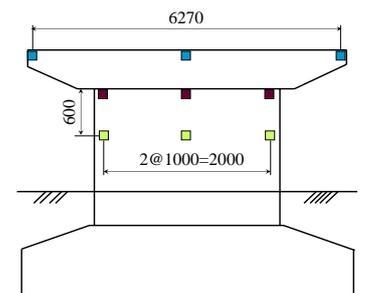


図 - 2 加速度計配置図

その値を周波数毎に特異値分解し、得られたデータスペクトルより 1 自由度モデルを同定し、モーダルパラメータを推定する。SSI 法は、信号処理した時間領域データを利用し、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。

4. 解析結果

実稼動モード解析は、周波数分解能 0.03125Hz (2048lines) で解析を行った。この結果、SSI 法では固有振動数・減衰比の標準偏差のばらつきが共に大きく、良好な結果が得られなかった。しかし、EFDD 法においては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ため、EFDD 法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。図 - 3 に EFDD 法の橋脚を考慮しない測定結果と橋脚を考

慮した測定結果の振動数と振動モード図を示す。表 - 2 に固有振動数をまとめて示す。表 - 3 にモード減衰比の結果を示す。解析結果から、7 次までの固有振動数を同定できた。Mode1 と Mode2 で単純支持の曲げ 1 次振動モードが推定され、Mode3 で両端固定支持の曲げ 1 次振動モードが推定された。Mode1 と Mode2 で得られた単純支持の曲げ 1 次振動モードは、橋脚の劣化により、橋脚が橋軸方向へ水平移動したために得られた振動モードと考えられる。また、Mode1 は実験の際に走行した大型車両のバネ上振動 (2.5Hz ~ 3.5Hz) に近く、この影響により現われた振動モードと考えられる。Mode3 の振動モードは、可動支承が十分に機能していないため、現われた振動モードと考えられる。表 - 2 より、橋脚未考慮の解析結果と橋脚を考慮した解析結果を比較すると、固有振動数は近似した値が得られた。しかし、橋脚未考慮の解析結果では Mode1 の曲げ 1 次振動モードは得られなかった。表 - 3 より、モード減衰比は、橋脚未考慮の解析結果より橋脚を考慮した解析結果の方が全体的に低い値が得られていた。

5. まとめ

本研究では、架設後 25 年経過した単純合成鋼鈹桁橋の橋脚を考慮した実稼動状態における振動特性を明らかにした。その結果、可動支承の水平移動機能が損なわれており、なおかつ橋脚の劣化が進行している可能性が認められた。橋脚を考慮した測定は、橋脚未考慮の測定と比較して、橋梁の全体の状況をより詳細に把握することができた。今後は今回得られた解析データを基に、FEM モデルアップデートングを行い、その劣化の度合を推定する予定である。

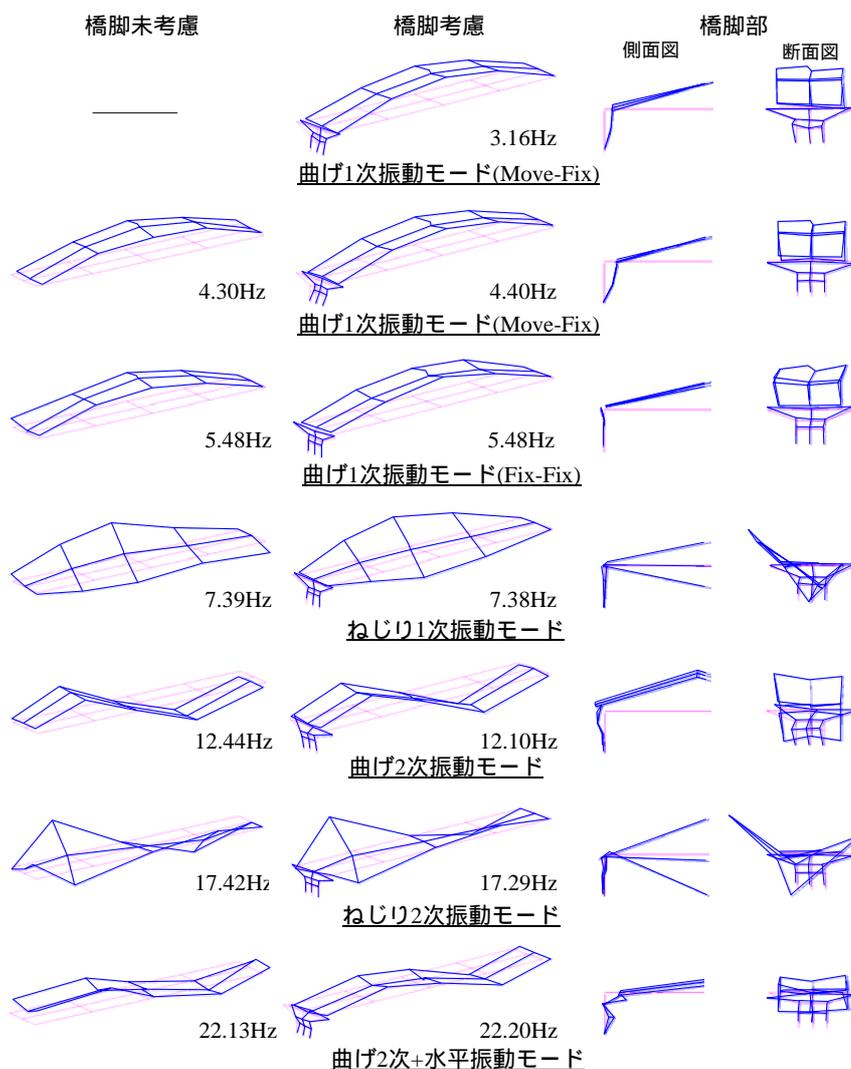


図 - 3 振動モード

表 - 2 固有振動数の比較

| Mode | Shape | 橋脚未考慮 | | 橋脚考慮 | |
|------|----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| | | Frequency [Hz] | Std. Frequency [Hz] | Frequency [Hz] | Std. Frequency [Hz] |
| 1 | 曲げ1次(Move-Fix) | | | 3.16 | 0.05 |
| 2 | 曲げ1次(Move-Fix) | 4.30 | 0.03 | 4.40 | 0.08 |
| 3 | 曲げ1次(Fix-Fix) | 5.48 | 0.02 | 5.48 | 0.16 |
| 4 | ねじり1次 | 7.39 | 0.10 | 7.38 | 0.11 |
| 5 | 曲げ2次 | 12.44 | 0.09 | 12.10 | 0.04 |
| 6 | ねじり2次 | 17.42 | 0.17 | 17.29 | 0.07 |
| 7 | 曲げ2次+水平 | 22.13 | 0.03 | 22.20 | 0.09 |

表 - 3 モード減衰比の比較

| Mode | Shape | 橋脚未考慮 | | 橋脚考慮 | |
|------|----------------|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| | | Damping Ratio [%] | Std. Damping Ratio [%] | Damping Ratio [%] | Std. Damping Ratio [%] |
| 1 | 曲げ1次(Move-Fix) | | | 2.03 | 0.51 |
| 2 | 曲げ1次(Move-Fix) | 4.04 | 0.85 | 2.72 | 1.45 |
| 3 | 曲げ1次(Fix-Fix) | 3.22 | 0.71 | 2.92 | 0.86 |
| 4 | ねじり1次 | 1.62 | 0.59 | 0.76 | 0.35 |
| 5 | 曲げ2次 | 1.84 | 0.65 | 0.44 | 0.29 |
| 6 | ねじり2次 | 1.13 | 0.71 | 0.22 | 0.06 |
| 7 | 曲げ2次+水平 | 0.23 | 0.07 | 0.29 | 0.15 |