

複合ラーメン I 桁橋の起振機を用いた実橋振動試験

日本橋梁建設協会 正会員 ○奥村 学 結城 洋一 中野 隆
 日本橋梁建設協会 正会員 上島 秀作 畑中 章秀 宮崎 正男
 東日本高速道路 正会員 新井 恵一
 本州四国連絡高速道路 正会員 麓 興一郎
 茨城大学 フェロー 横山 功一

1. はじめに

複合ラーメン I 桁橋は、合理化橋梁の鋼少数 I 桁橋の中間支点をコンクリート橋脚と剛結した構造であり、山岳部橋梁で採用されるケースが多い。本形式は、中間支点の支承が削減される等により、初期建設コストや維持管理コストが縮減できるため、更なる長支間化が望まれている。一方、長支間化においては耐風安定性の確保が懸念され、合理的な耐風設計を行う上で、固有振動数と対数減衰率等の振動特性を把握することが重要である。しかし、これまでに起振機を用いて実橋での複合ラーメン I 桁橋の振動特性を調査した事例はない。

そこで、最大支間長 $L = 61m$ の複合ラーメン I 桁橋を対象として、起振機を用いた実橋振動試験を実施した。また、FEM モデルによる固有値解析を実施して、実測値と解析値の比較より解析精度を検証した。

2. 試験概要

振動試験の対象橋梁は、複合ラーメン I 桁橋の適用支間長が概ね $50 \sim 90m$ とされていることから、供用前の複合ラーメン I 桁橋の中から、国土交通省 千葉国道事務所 管内の最大支間長 $L = 61m$ を有する 4 径間連続複合ラーメン I 桁橋を選定した（図-1 参照）。実橋振動試験では、常時微動観測、定常加振試験および減衰自由振動試験を実施した（写真-1 参照）。加振方法は、独立行政法人 土木研究所所有の偏心重力式の起振機を使用した。起振機は P1-P2 径間の支間中央に 2 基設置した。振動計測は、サーボ型加速度計を各支間中央と中間支点上の床版上面に配置して行った。着目振動モードは、鉛直たわみ 1 次～3 次とねじれ 1 次～2 次とした。振動試験実施時の橋面は、舗装未施工の状態であった。

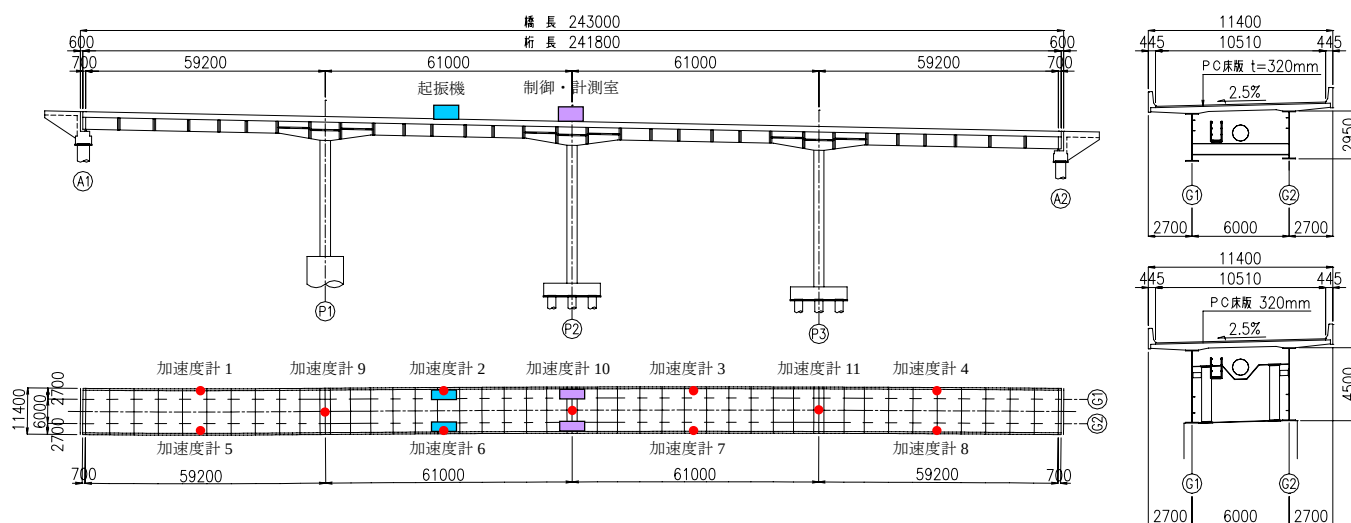


図-1 対象とした複合ラーメン I 桁橋 一般図（最大支間長 $L = 61m$ ）



写真-1 振動試験状況

キーワード 複合ラーメン橋、振動試験、起振機、固有振動数、対数減衰率

連絡先 〒105-0003 東京都港区西新橋 1 丁目 6 番 1 1 号（社）日本橋梁建設協会 TEL 03-3507-5225

3. 試験結果

実橋振動試験結果および全橋FEMモデルによる固有値解析結果を表-1に示す。なお、固有値解析では、鋼板をシェル要素、コンクリートをソリッド要素、コンクリート橋脚を梁要素でモデル化した。また、減衰自由振動波形と振動モード形状の一例を図-2に示す。微小振幅域で計測された常時微動観測の固有振動数は、100gal程度の大きな振幅レベルで計測された減衰自由振動試験の固有振動数に比べて0~2%程度高く、わずかではあるが固有振動数の振幅依存性が認められた。実測値と解析値の偏差は、鉛直たわみ振動が7%以下、ねじれ振動が2%以下であった。鉛直たわみ振動モードは、コンクリート橋脚の振動も伴うため、解析値との偏差が若干大きくなったものと推察される。

固有振動数(鉛直たわみ1次・ねじれ1次)と最大支間長の関係を図-3に示す。鉛直たわみ1次の固有振動数は、耐風設計便覧¹⁾の鋼少数主桁橋の固有振動数推定式 $f_h = 100/L$ (L : 最大支間長) に比べて3割程高い値であった。また、鉛直たわみとねじれの振動数比は、耐風設計便覧の鋼少数主桁橋の推定式 $f_\theta/f_h = 1.1$ と同程度であった。よって、複合ラーメンI桁橋の固有振動数は、中間支点の剛結の効果によって、鉛直たわみ1次、ねじれ1次とも鋼少数主桁橋のものより3割程上昇することが確認された。

構造減衰(対数減衰率)と最大支間長の関係を図-4に示す。今回の数少ない実測データに基づく、耐風設計便覧におけるゴム支承の場合の参考値である $\delta = 0.35/\sqrt{L}$ に概ね分布するとしてもよい。

表-1 実橋振動試験結果

	常時微動観測 f_{m1} (Hz)	定常加振試験 f_{m2} (Hz)	減衰自由振動試験		固有値解析 f_a (Hz)	実測値/解析値 (f_{m3}/f_a)
			振動数 f_{m3} (Hz)	対数減衰率 δ_m		
鉛直たわみ1次	2.24	2.18	2.18	0.041	2.03	1.07
鉛直たわみ2次	2.39	2.35	2.34	0.037	2.18	1.07
鉛直たわみ3次	2.86	2.82	2.83	0.038	2.70	1.05
ねじれ1次	2.69	2.61	2.63	0.043	2.58	1.02
ねじれ2次	3.16	3.11	3.11	0.024	3.09	1.01

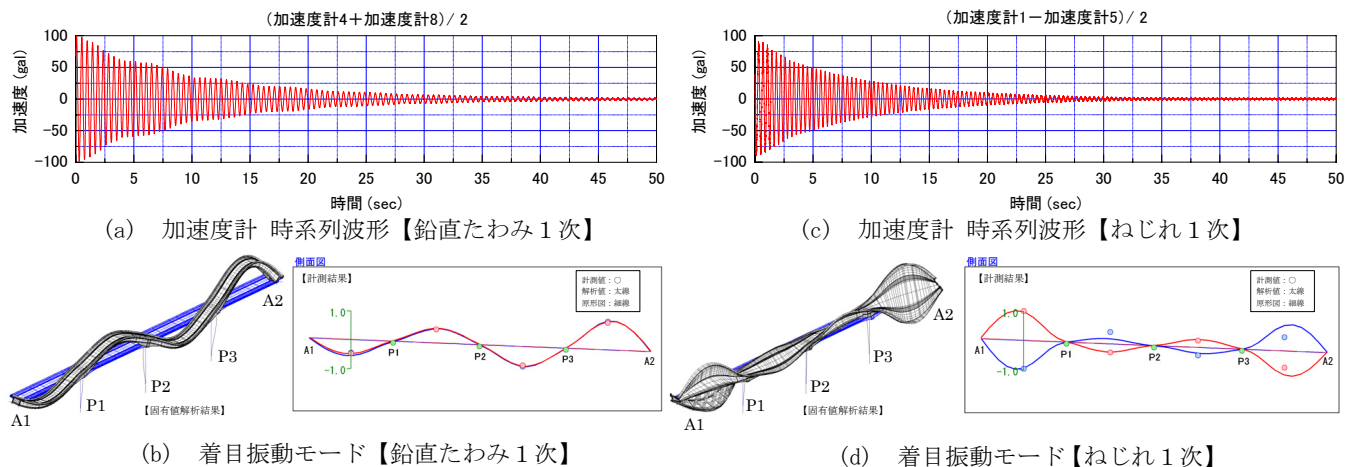


図-2 減衰自由振動波形と振動モード形状の一例

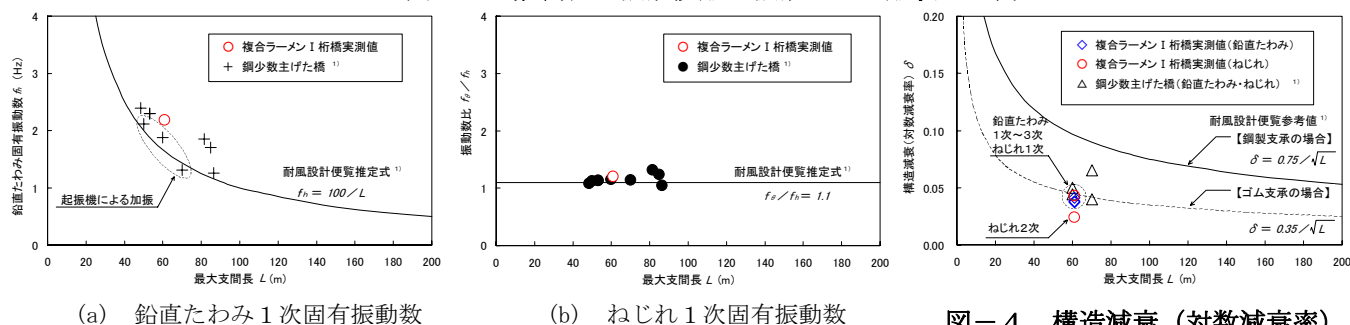


図-3 固有振動数と最大支間長の関係¹⁾

図-4 構造減衰(対数減衰率)と最大支間長の関係¹⁾

4. まとめ

起振機を用いた実橋振動試験より、複合ラーメンI桁橋の振動特性は中間支点の剛結の効果によって、鋼少数主桁橋に比べて鉛直たわみ1次、ねじれ1次の固有振動数とも3割程上昇することが確認された。また、構造減衰は、ゴム支承の場合の参考値である $\delta = 0.35/\sqrt{L}$ に概ね分布する結果となった。

固有振動数の上昇は、複合ラーメンI桁橋の耐風安定性を評価する上で極めて有利となる可能性がある。ただし、複合ラーメンI桁橋の振動特性に影響を及ぼすパラメータとしては、最大支間長のみならず、支間数、支間割およびコンクリート橋脚高等が考えられ、今後更なるデータの蓄積が必要である。

謝 辞 複合ラーメンI桁橋の実橋振動試験に当たり、ご理解とご協力を頂きました国土交通省 関東地方整備局 千葉国道事務所の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献 1) (社)日本道路協会、道路橋耐風設計便覧、平成19年12月