

合成床版を用いた開断面箱桁橋の性能確認

Performance Check of Tub Girders with Steel-Concrete Composite Slab

土木研究所寒地土木研究所 正員 安達 優 (Yutaka Adachi) 近代設計 正員 藤川 守 (Mamoru Fujikawa)
モドテック 正員 本田 明成 (Akinari Honda) 土木研究所寒地土木研究所 正員 三田村 浩 (Hiroshi Mitamura)

1. はじめに

旭川・紋別自動車道に架設された丸瀬布大橋（橋長 $L = 108.60\text{m}$ 、写真 - 1、図 - 1）は、底鋼板を有する鋼・コンクリート合成床版（以下合成床版）と鋼開断面箱桁によって構成される 2 径間連続合成桁橋である。本形式は閉断面箱桁に対し、製作・架設費の低減や工期短縮、維持管理費の低減が図れるなど、建設コスト縮減が可能な合理化橋梁であり、全国的にもその採用が増えつつある。しかしながら、これまでに本構造形式の挙動について、供試体レベルでの確認¹⁾は行われているが、実橋レベルでの確認は実施されていない状況である。

そこで本研究では、丸瀬布大橋にて供用前状態での振動・静的載荷実験を実施し、合わせて解析検討を行った。このことにより、今後の維持管理に資する初期挙動データの蓄積を図るとともに、本構造の合成評価を実施した。



写真-1 丸瀬布大橋（桁下より撮影）

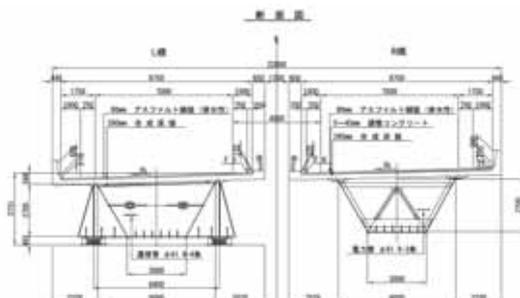


図-1 上部工断面図

2. 実験概要

2.1 振動実験概要

本橋の固有振動数、振動モード、減衰性能の基本的な初期振動特性の取得を目的に 2 つの振動計測を行った。

- ・常時微動計測：風等により励起された振動を計測
- ・強制加振時振動計測：図-2 に示すように、曲げ振動モードが励起し易い車線中央部とねじれ振動モードが励起し易い直角方向に対してクレーンで吊り上げた重錘（50 kN）を上下させ振動を計測



図-2 強制加振位置

2.2 静的載荷実験概要

開断面箱桁と合成床版との合成挙動確認を目的として、載荷荷重総重量 196 kN/台に調整した 3 軸ダンプトラック 4 台を使用し、ゲージが設置されている支間中央および中間支点の主桁に着目した静的載荷実験を行った。

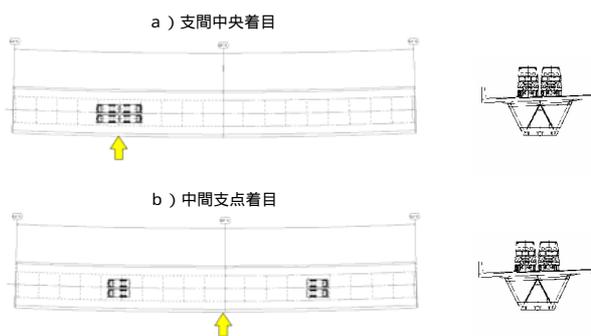


図-3 静的載荷位置

3. 考察

3.1 振動実験および固有値解析による初期挙動について

2 つの振動実験結果から、本橋の固有振動数は、曲げ逆対称 1 次モードによって特定された振動数が 1.96Hz であった。また常時微動計測から、曲げ 1 次モードでの減衰定数は平均で 0.018 であり、一般的な鋼上部桁の 0.01~0.03 の範囲内であることが確認できたことから、上部構造の全体挙動は、設計および完成後の剛性に対して健全な状態を保持していることがわかる。

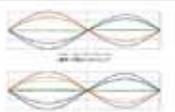
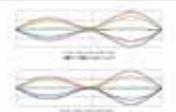
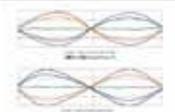
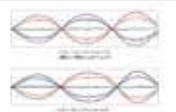
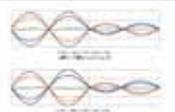
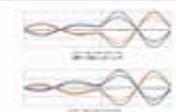
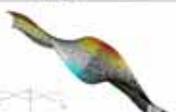
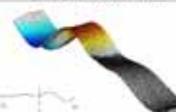
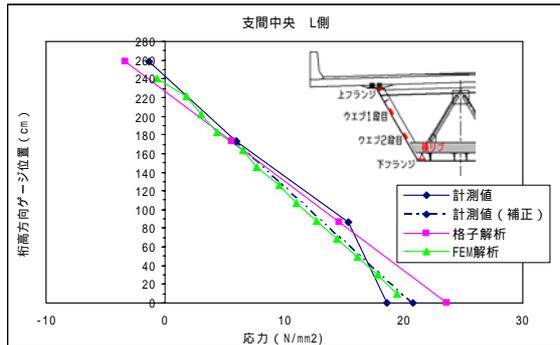
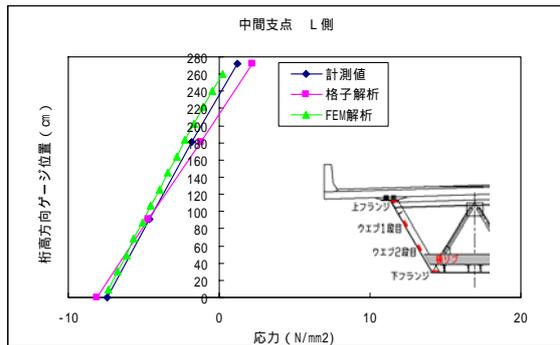
項目	1次モード				2次モード	
	曲げ対称1次モード	曲げ対称1次モード	ねじり対称1次モード	ねじり対称1次モード	曲げ対称2次モード	曲げ対称2次モード
振動実験結果	 振動数:1.961[Hz] 減衰定数:0.012~0.023	 振動数:2.598[Hz] 減衰定数:0.016~0.024	 振動数:6.931[Hz] 減衰定数:0.007~0.010	 振動数:9.771[Hz] 減衰定数:-----	 振動数:6.801[Hz] 減衰定数:0.007~0.022	 振動数:7.731[Hz] 減衰定数:0.003~0.011
固有値解析結果	 振動数:1.881[Hz]	 振動数:2.791[Hz]	 振動数:5.801[Hz]	 振動数:8.481[Hz]	 振動数:6.381[Hz]	 振動数:7.671[Hz]

図-4 振動実験および固有値解析における振動モードと振動数



a) 支間中央断面の桁高と応力の関係



b) 中間支点上断面の桁高と応力の関係

図-5 着目断面における桁高と応力の関係

ここで、本橋梁の今後の維持管理段階における異常時原因を探る高度ツールとして、実験で得られた初期挙動を再現した FEM モデルを構築した。構築したモデルを用いた固有値解析結果を図-4 の下段に示す。固有値解析と振動実験の振動数の誤差は、曲げモードで概ね 5%、ねじりモードで概ね 15%であった。これは床版張出し部のメッシュサイズおよび高欄のモデル化が、開断面形状で生じる曲げねじり（平面保持されないそり）変形を十分に再現できていない為と考えられる。しかしながら、1次の曲げモードと高次の曲げモードは、精度良く算出できており静的載荷実験の比較用として十分な変形特性を有していることや本橋梁の基本的な振動特性が十分に表現できることが明らかになった。このことにより、本橋梁の異常時に本モデルを初期値として活用できることや、本形式による同規模橋梁の設計・施工での細部構造の検討などに活用できるものと考えられる。

3.2 静的載荷および応力解析による合成評価について

静的載荷実験結果について、桁高方向ゲージ位置と主桁応力の関係を図-5 に示す。支間中央断面において、ウェブ2 段目と下フランジの応力値に横リブによる影響と思われる変化がみられるため、真値と想定される上フランジとウェブ1 段目を結ぶ勾配を応力勾配として補正した。対して中間支点上断面においてはほぼ直線的な応力勾配が得られた。

ここで実験結果を評価するため、固有値解析で作成した FEM モデルを用い、載荷実験荷重状態での応力解析を行った。また同時に設計時の桁剛度を用いた格子解析を行い、設計値を算出した。応力解析および格子解析の結果を図-5 にプロットした結果、計測値および解析値の中立軸は、設計値に対して上方に位置しており、合成床版の剛性が高いことがわかる。また、計測値および解析値の応力勾配は、設計値に対して急勾配になっており、合成桁の剛性が設計値より上限側にあることも確認できた。これらのことから、現設計は合成応力上、余裕のある設計と考えられ、性能照査型の設計を考慮するならばさらに桁高などの構造部材の縮減が可能であり、現状の設計法に対してより合理的な設計が可能であるとの結論が得られる。ただし、合成床版は数種類のものが提案されており、本検討結果を反映させるためには、他の合成床版での照査が今後必要である。

4. まとめ

本研究結果を以下にまとめる。

- ・各振動モードと固有振動数が特定でき、橋梁全体としての剛性および変形性能に対して健全な状態が確認された。
- ・今後の維持管理に資する初期挙動データを取得した。
- ・維持管理に資する高度ツールとして初期データを基本とした FEM モデルを構築した。
- ・合成桁全体の剛性が設計値の上限側にあり現橋梁は安全余裕側の設計となっている。
- ・合成床版を用いた合成桁の剛性評価を適切に行うことで、桁高が低減できる合理的な設計が可能である。

参考文献

- 1) 伊藤・渡辺・橘・街道・松井・栗田：鋼・コンクリート合成床版を適用した連続合成桁の静的載荷試験（その2）、土木学会第56回年次学術講演会