

鋼・コンクリート合成床版に対する振動計測と FEM モデルの検討

北見工業大学 正会員 門田 峰典
 北海道大学 正会員 宮森 保紀
 日本航空電子工業（株） 正会員 富岡 昭浩

北見工業大学大学院 学生員 ○吉川 明良
 日本航空電子工業（株） 非会員 大胡 拓矢
 長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛
 北見工業大学 正会員 齊藤 剛彦

1. はじめに

近年、施工数が増加している鋼・コンクリート合成床版（合成床版）は、床版下面が底鋼板に覆われ、直接目視で損傷を確認できず、維持管理上の課題を有する¹⁾。このような目視困難部位に対し、著者らは、振動特性の変化に着目した維持管理手法の検討を行っており、その有効性を示している²⁾。

合成床版の振動特性に着目した研究事例はこれまで少なく、まずは、合成床版の基本的な振動特性を把握することが重要となる。

そこで本稿では、振動実験によって合成床版の振動特性を把握するとともに、振動特性を再現できる解析モデルについて検討した。

2. 対象橋梁

対象橋梁は、2007年に北海道北見市に架設された鋼4径間連続少数主桁橋である（図-1）。橋長212mであり、オン・オフランプとすり付けるため、第1-3径間は3主桁、第4径間は2主桁の拡幅構造となっている。なお、主桁本数はP3上の横梁を介して変化する。床版形式は合成床版で、支承形式は免震支承である。

3. 振動実験

合成床版の振動特性を把握するため、床版下面に加速度計を設置し、一般車両走行時の加速度応答を計測した。使用した加速度計は、MEMS式の3軸加速度計である。計測は、2022年5月、7月、10月に実施し、図-2に示すように、計測位置がそれぞれ異なる。5月の計測では、第4径間の橋軸方向のモード形状を把握するため、床版支間中央に13基の加速度計を配置した。7月は同じく第4径間とし、橋軸直角方向に着目するため、横桁上の底鋼板に密に11基の加速度計を配置した。10月は、第4径間、第3径間に対して床版支間中央に14基の加速度計を配置した。

4. 解析モデル

解析モデルは、橋梁全体系を対象とした3次元FEMで構築し、平面曲率や幅員の変化を反映させている（図-3）。モデル化は、添接部を除く全ての部材を対象とした。また、主桁、横桁、補剛材をシェル要素、床版、舗装、壁高欄をソリッド要素、支承をばね要素とした。本橋は合成桁であるため、床版と鋼桁が一体となって働くよう、床版と主桁上フランジの節点を共有した。各部材のヤング率およびポアソン比は、道路橋示方書に基づき設定した。なお、単位体積重量については、設計計算の反力に合うよう割り増しを行っている。支承部のばね剛性は、設計計算書を基本に設定している。ただし、回転ばねについては、十分硬いとみなし、鉛直剛性を採用した。

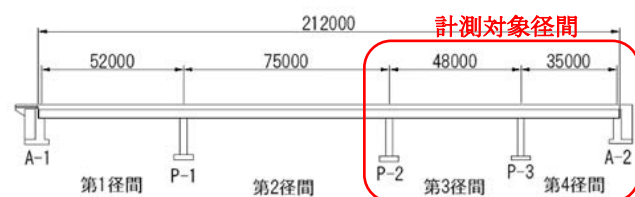
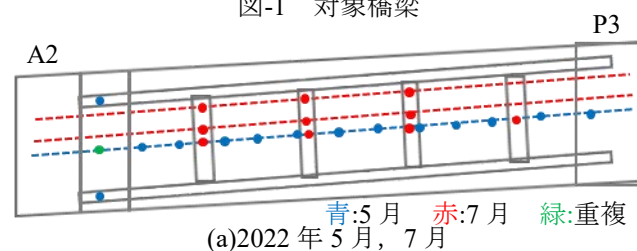


図-1 対象橋梁



(a) 2022年5月、7月

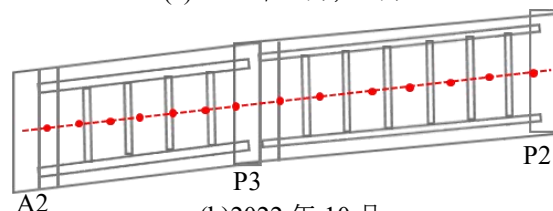
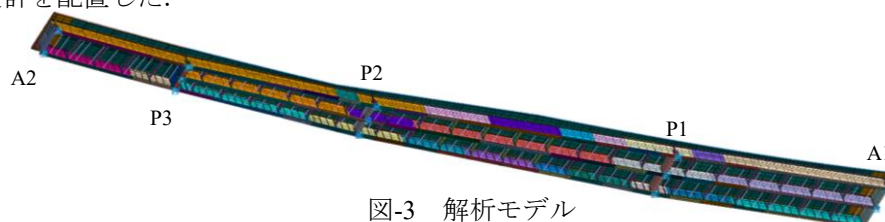
(b) 2022年10月
図-2 加速度計の配置

図-3 解析モデル

キーワード 振動特性、合成床版、振動計測、FEM 解析
 連絡先 〒090-8507 北見市公園町165番地 TEL 0157-26-9471 (門田峰典)

5. 固有振動解析の結果

5.1 第4径間の振動特性との比較結果

5月および7月の実測値との比較結果を表-1に示す。表-1の【】内の数値は実測値に対する解析値の比率を示す。なお、5月の計測では1～6次モードを、7月の計測では1～3次、7次モードをそれぞれ同定できており、固有振動数は一致している。

実測値に対する解析値の比率は、4次モード以降で小さく、10%以上の差異が生じている。一方、モード形状の信頼性評価基準であるMACは概ね0.9以上と相関性は高い。なお、7次の実測モード形状が1次と酷似している理由は、計測位置がモードの節となるためであり、高次の曲げ振動を捉えられておらず、MACが低い。

以上から、固有振動数への影響が大きい支承の水平ばね剛性や、コンクリートや舗装の弾性係数を現実的な範囲の中で修正する必要がある。

5.2 第3,4径間の振動特性との比較結果

10月の計測で同定したモードは、5月の計測での1～4次モードと同様の形状であり、表-2より固有振動数は概ね一致した。このため、実測値に対する解析値の比率は、表-1の傾向と同様となった。また、表-2のMAC₃₄は第3,4径間を合わせたMAC、MAC₄は第4径間のみのMACである。MAC₃₄より2次、3次モードで0.8を下回り、相対的に低い結果となった。一方、MAC₄より、第4径間のモード形状は高い再現性が得られている。以上から、第3径間のモデル化の精度がMACに影響していると考えられる。

6. まとめ

本研究では、合成床版の振動実験を行い、7次モードまでの振動特性を把握した。また、固有振動数および振動モード形状を概ね再現できる解析モデルを構築した。

第3径間のMACが相対的に低いこと、4次モード以降の固有振動数に差異が生じることから、支承の水平ばね剛性や、コンクリート、舗装の弾性係数の修正が必要と考える。

謝辞

合成床版の振動計測に際し、国土交通省北海道開発局網走開発建設部北見道路事務所にご協力いただきました。ここに記して感謝致します。

参考文献

- 1) 日本橋梁建設協会：鋼コンクリート合成床版、

表-1 第4径間の振動特性との比較（5,7月の実測）

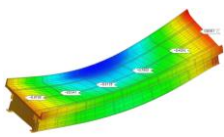
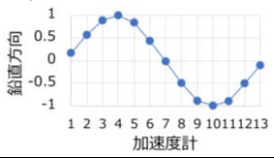
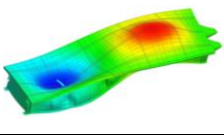
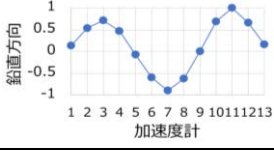
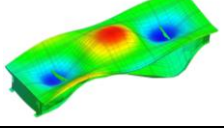
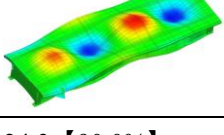
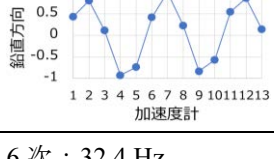
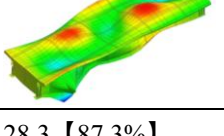
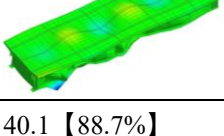
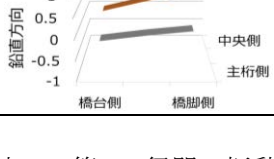
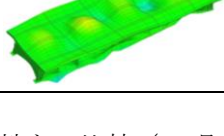
実測値	解析値	MAC
1次：3.6Hz 	3.4Hz【94.4%】 	0.987
2次：12.6 Hz 	12.7【100.8%】 	0.932
3次：16.6 Hz 	16.5【99.4%】 	0.941
4次：21.6 Hz 	19.4【89.8%】 	0.971
5次：27.0 Hz 	24.3【90.0%】 	0.832
6次：32.4 Hz 	28.3【87.3%】 	0.939
7次：45.2 Hz 	40.1【88.7%】 	0.497

表-2 第3,4径間の振動特性との比較（10月の実測）

実測値(Hz)	解析値(Hz)	MAC ₃₄	MAC ₄
1次	3.4【94.4%】	0.974	0.991
2次	12.7【97.7%】	0.758	0.922
3次	16.5【98.2%】	0.713	0.953
4次	19.4【90.7%】	0.859	0.752

維持管理の計画資料（改定第2版），2021.

- 2) 門田ら：腐食損傷した横断歩道橋に対する SHM の適用に向けた基礎的検討，構造工学論文集 A，67A 巻，pp. 261-272，2021.