

振動モードに着目した取替前後の道路橋床版の健全性評価

日本電気(株)	正会員	○木下 翔平
日本電気(株)	正会員	葛西 茂
東日本高速道路(株)	正会員	塩畑 英俊
東日本高速道路(株)	正会員	広瀬 泰之

1. はじめに

著者らは、道路橋床版を対象に詳細点検（定期点検）における人による近接目視に加えた触診または打音と同等以上の手法として、振動モードに着目した健全性評価技術の開発を試みている。本研究では、床版の健全性を評価できるかを検証する目的で、鋼単純桁橋の床版取替前後の振動モードを加速度計測により抽出し解析を行った。その結果、床版取替前に確認されなかった4次の振動モードを床版取替後に抽出した。また、取替前に確認された93Hzの振動モードが取替後には抽出されなかった。これらは、床版取替による床版の健全性回復に起因する可能性が高いと考えられる。以下にその概要を述べる。

2. 対象橋梁と取替工事概要

表1と図1に、対象橋梁諸元と橋梁一般図をそれぞれ示す。対象橋梁は東北自動車道大森川橋の下り線であり、鋼単純桁構造である。本工事では、RC床版をプレキャストPC床版へ取り替えて、健全性の回復を図っている。振動モードは、構造情報を反映しやすい高次モードほど局所的な損傷に対して敏感とされり。健全性が回復した取替後は、高次モードの発現などが期待される。

表1 橋梁諸元

梁名	東北自動車道 大森川橋 下り線
構造形式	鋼単純桁
橋長	36.30 m
幅員	10.75 m
床版形式	RC床版(取替前), PC床版(取替後)

3. 分析方法

加速度センサの設置位置、設置例を図2(a)(b)に示す。センサは走行車線部分の床版底面へ橋軸方向に9個設置した。図中○内はセンサCH番号である。

振動モードの抽出フローを図3(a)に示す。まず、車両走行状況を目視確認し、車軸数3以上の大型車両1台が走行した際の加速度応答を計測する。例として図3(b)に加速度時刻歴波形を示す。図3(b)から2.3秒で車両退出を確認できる。次に、全CHにおける車両退出直後の減衰自由振動区間を選定し周波数変換する。例として図3(c)に加速度周波数スペクトルを示す。図3(c)から複数のピークを確認できる。最後に、スペクトルからピークを抽出し、ピークの周波数における全CHの相対的な振幅と位相情報を基にモード形状を描画する。ここに、大型車1台が走行した応答を1イベントと定義し、30程度のイベントを解析した。

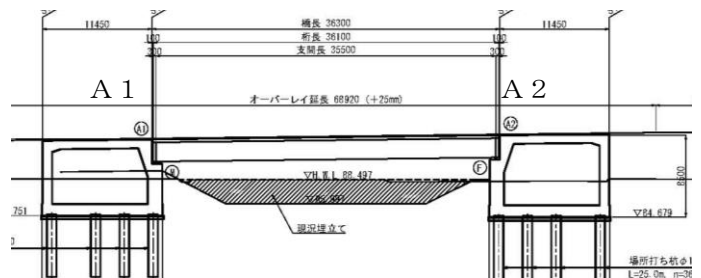
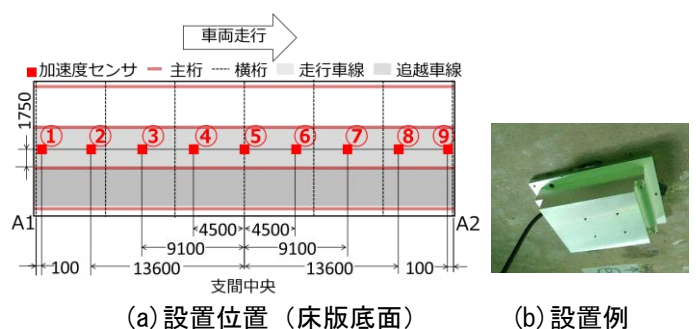


図1 橋梁一般図（側面図）



(a) 設置位置（床版底面） (b) 設置例

図2 加速度センサ設置概要

キーワード 振動モード、床版、取替前後

連絡先 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753 日電気株式会社 第二都市インフラソリューション事業部 TEL 044-455-8587

4. 結果

抽出した振動モードのうち、基本モードと取替前後で顕著な差異が見られた代表例として、4Hz、31Hz、93Hz 付近の振動モード抽出結果を表 2 に示す。ここに、各センサのモード振幅は、その振幅の二乗和平方根が 1 になるように規格化されており、図中の左端、右端はそれぞれ CH1, CH9 を示す。表 2 に示すように、基本モードである 4Hz 付近はたわみ 1 次形状であり、取替前後で差異は見られなかった。一方、取替前に確認されなかった 31Hz 付近の 4 次モードが取替後に抽出された。また、取替前に確認された 93Hz 付近のモードが取替後に抽出されなかった。

5. 考察

取替前後の 4 次モード、93Hz のモードの挙動は、床版の健全性回復によると推測される。まず、4 次モードは構造性能を反映しやすい高次モードのため、健全であれば発現すると推定される。取替後は剛性や粘性の空間分布ばらつきが減少し健全性が回復したため発現したと推測する。そして、93Hz のモードは、床版と主桁との結合部を境界とするモードで、健全であれば振動増幅率が低く発現しないと推定される。取替前のこのモードの特異性は、床版や床版主桁結合部あるいはジョイントの劣化に起因すると思われる³⁾、取替後はそれらの劣化が改善されて健全性が回復したため発現しなかったと推測する。

6. まとめ

取替前後の鋼単純桁橋の床版振動モードを解析した。結果、床版取替前に確認されなかった 4 次モードが床版取替後に新たに抽出された。また、取替前に確認された 93Hz のモードが取替後は抽出されなかった。これらは、床版の健全性回復に起因する可能性が高いと考える。以上より、振動モード、特に高次モードに着目することで、床版の健全性を評価できる可能性が示された。今後、計測数を増やし振動モードと健全性の関係をさらに明確にすることで、本技術の広範な活用が期待される。

参考文献

- 1) Los Alamos NATIONAL LABORATORY: Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in Their Vibration Characteristics: A Literature Review, LA-13070-MS, pp.5-6, 1996.
- 2) 木下他 5 名: 振動可視化分析を用いた実橋梁床版のモード形状推定, 第 72 回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.33-34, 2017.
- 3) 葛西他 4 名: 実橋の床版モニタリングにおける振動モードと損傷との対応解析, 第 73 回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.51-52, 2018.

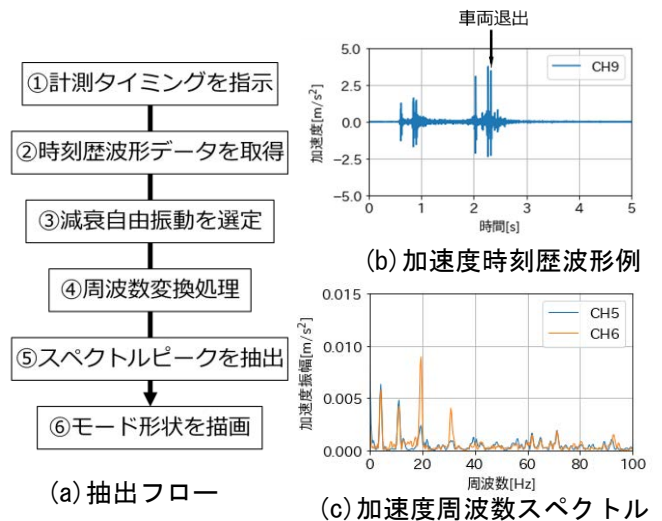


図 3 振動モード抽出方法の概要

表 2 取替前後の代表的な振動モード抽出結果

周波数	取替前	取替後
4 Hz		
31 Hz	(観測されず)	
93 Hz		(観測されず)