

口頭発表 | [共通セッション] 土木分野における計測・センシング技術の利用と可能性

📅 2025年9月12日(金) 14:40 ~ 16:00 🏢 3階 F1+F2 (熊本城ホール)

土木分野における計測・センシング技術の利用と可能性 (その12)

座長：広瀬 知晃 (エービーコンサルタント)

15:00 ~ 15:10

[CS9-73] 橋梁の実振動を利活用した床版のモニタリング技術の研究

*新居見 英樹¹、森田 祐樹¹、八木 孝行¹、永坂 英明²、吉原 優介²、山本 和範³、赤坂 哲司³ (1. 中日本建設コンサルタント株式会社、2. 株式会社中電シーティーアイ、3. 愛知道路コンセッション株式会社)

キーワード：長寿命化、維持管理、非定常振幅スペクトル、モニタリング技術

本研究は、橋梁の長寿命化に向けた維持管理技術の向上を目的とし、RC床版の劣化を簡易に検知できるモニタリング技術の開発を目指した。鋼単純合成鈹桁橋を対象に、加速度センサで計測した振動データを解析し、非定常振幅スペクトルを用いて分析を実施した結果、各床版における2次卓越振動数の変化が明確に確認され、2次卓越振動数を基に算出した各床版の曲げ剛性比と定期点検結果が一致することを確認し、本手法が床版の劣化状態の評価に有効である可能性を示した。また、主桁の加速度データを分析し、主桁の1次および2次卓越振動数を算定した結果、床版の卓越振動数と異なることが確認され、床版単独の評価が可能であることを示した。

橋梁の実振動を活用した床版のモニタリング技術の研究

中日本建設コンサルタント株式会社 正会員 ○新居見英樹, 森田祐樹, 八木孝行
株式会社中電シーティーアイ 永坂英明, 吉原優介
愛知道路コンセッション株式会社 山本和範, 赤坂哲司

1. 背景・目的

橋梁の長寿命化に向けた最適な時期での対策実施をはかるためには、橋梁の状態を定量的に把握することが望ましい。特に床版の疲労損傷等で剛性低下が懸念される場合は、定量的に継続的な劣化進展の把握が重要である。これまで床版の疲労損傷を把握する手法について、床版部材の振動特性に着目した研究では、輪荷重走行試験や衝撃振動試験による非破壊試験を用いた床版評価^{1), 2)}が検討されているが、従来の床版診断手法には交通規制の発生や高コストといった課題がある。

これらの課題をふまえ、中日本建設コンサルタント(株)及び(株)中電シーティーアイでは、劣化の簡易的な検知を目的としたモニタリング技術について共同研究を進めている。既往の技術として、(株)中電シーティーアイでは、橋面に設置した加速度センサで取得した周波数の時間変化を捉える非定常分析を行い、橋梁全体の振動性状から橋の劣化を検知する技術を実用化している。

今回の実証では、同技術を床版の健全性評価に応用するため、計測データを用いた分析手法の有効性を検証することを目的とした。

2. 今回の実証課題

今回の実証実験では、前述した技術を応用し、特定の部材に生じている劣化検知が可能であるかの検証に取り組む。具体的には、RC床版の振動特性について、鋼主桁の振動やノイズ等の他の要因による影響を区別・除去し、床版の振動特性が簡易的に検知可能かどうか検証する。

3. 実証フィールド及び実証実験内容

今回実証は、愛知県の有料道路（南知多道路）の鋼単純合成鉄桁橋（RC床版、写真-1）で実施した。愛知道路コンセッション(株)が点検・修繕等の維持管理を担う本橋は、令和3年度の定期点検時に床版下面に新規損傷や修繕箇所の再劣化が確認されている（図-1）。

実証試験では、加速度センサを用いた振動データ分析

により行い振幅、卓越振動数等の振動特性を抽出した。具体的には橋梁主桁・床版下面に加速度センサ（図-2 右上）を設置し、試験車両は使用せずに一般車両の走行による振動を測定し、振動特性の分析を実施した。床版下面への設置は、下図（図-2 左上）に示すプレートを使用し、床版下面とは接着剤で接着し、プレートと加速度センサはネジ留めで設置した。また、主桁への設置は、加速度センサに取付けた磁石を用いて直接設置し、1箇所あたり1時間を目安に個別計測を行った。

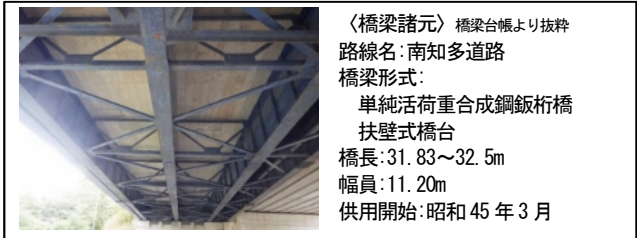


写真-1 実証橋梁

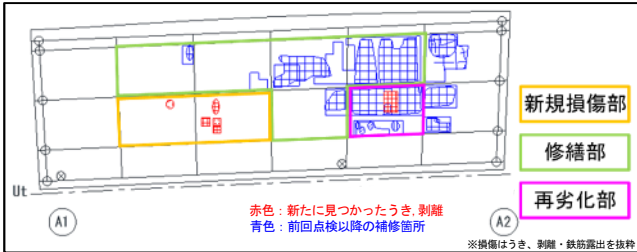


図-1 令和3年度定期点検結果（加筆修正）

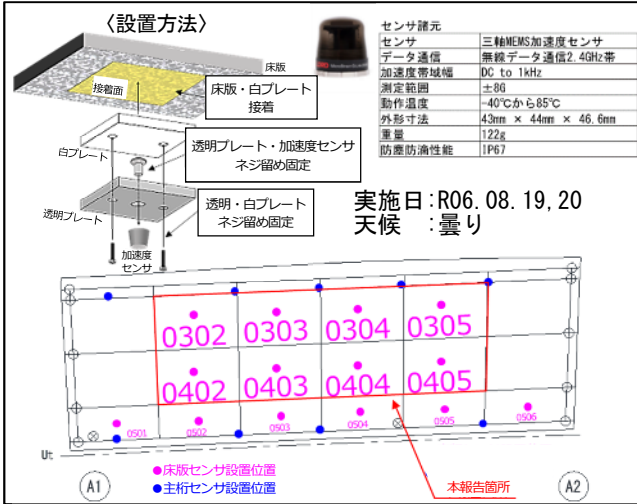


図-2 実証状況

キーワード 長寿命化, 維持管理, 非定常振幅スペクトル, モニタリング技術
連絡先 〒460-0002 名古屋市中区丸の内1丁目16番15号 名古屋シミズ富国生命ビル TEL052-232-6033

4. 分析方法及び結果

本研究にて非定常振幅スペクトル分析からの振動数発生頻度から明確な1次と2次の卓越振動数が確認できた。床版 0405 における非定常振幅スペクトル及び発生振動数時系列からの正規化頻度に関する結果を図-3 に示す。また、各床版の計測地点における分析結果より卓越振動数の変化が確認でき、特に2次卓越振動数の変化が顕著であったことが確認できた。床版 (0302~0405) の卓越振動数について比較した結果を図-4 に示す。

次に、単純梁における卓越振動数と曲げ剛性の関係(式-1)を基に、2次の卓越振動数を用いた床版の曲げ剛性比について算出し、各床版における曲げ剛性比を比較した。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{384EI \cdot g}{5WL^4}} \quad \dots \text{式-1}$$

ここに、 f : 卓越振動数, EI : 曲げ剛性, WL^4 : コンクリート断面特性

表-1 に示す結果より、再劣化部(0405)では健全部(0302, 0303, 0304)と比較して約40%の剛性低下が示された。このように、加速度振動データ分析を導入することで、図-5 に示す定期点検による床版劣化の評価と同様な結果が得られた。

5. 主桁卓越振動数との比較

卓越振動数が主桁に影響されていた場合、床版としての適切な評価が困難となる。このため、主桁の加速度データを用いて主桁の1次および2次の卓越振動数を算定し分析を行った結果、主桁の卓越振動数と床版の卓越振動数は異なることが確認でき(図-6)、床版単独の評価が可能であることが示された。

6. まとめ

非定常振幅スペクトルからの振動数発生頻度を用いた分析手法は、交通規制なしに床版の劣化状態を評価できる可能性を示した。また、主桁の卓越振動数が床版評価に影響を及ぼさないことが確認された。

7. 今後の方針

年1回程度の継続的計測を実施し、時間経過とともに床版の卓越振動数が低振動数化していく過程の監視、またはセンサ常設及びLTEデータ転送による詳細なデータ収集を長期で実施し、本検討で求めた結果の妥当性を確認していきたい。

【参考文献】

1)道路橋 RC 床版における疲労劣化と振動特性の関係に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No. 3, pp.1693-1698, 2007.

2)FWD を用いた床版の健全度判定方法に関する一提案, 第 11 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.35-40, 2020.10.

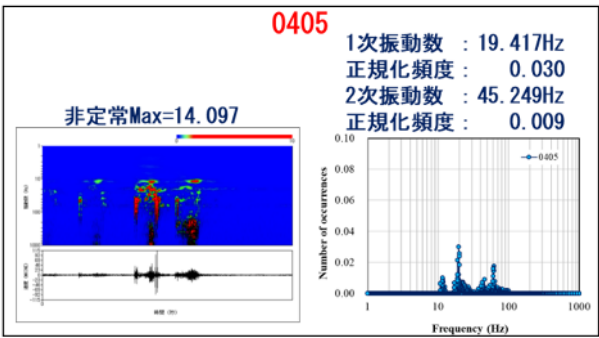


図-3 非定常振幅スペクトル及び、発生振動数時系列からの正規化頻度 (10~100Hz)

0302	0303	0304	0305
1次振動数: 19.120Hz 正規化頻度: 0.036	1次振動数: 18.553Hz 正規化頻度: 0.026	1次振動数: 19.157Hz 正規化頻度: 0.028	1次振動数: 19.194Hz 正規化頻度: 0.039
2次振動数: 58.140Hz 正規化頻度: 0.057	2次振動数: 58.140Hz 正規化頻度: 0.088	2次振動数: 58.140Hz 正規化頻度: 0.060	2次振動数: 55.556Hz 正規化頻度: 0.053
0402	0403	0404	0405
1次振動数: 19.268Hz 正規化頻度: 0.038	1次振動数: 19.194Hz 正規化頻度: 0.030	1次振動数: 19.268Hz 正規化頻度: 0.056	1次振動数: 19.417Hz 正規化頻度: 0.030
2次振動数: 53.763Hz 正規化頻度: 0.014	2次振動数: 54.348Hz 正規化頻度: 0.013	2次振動数: 50.505Hz 正規化頻度: 0.015	2次振動数: 45.249Hz 正規化頻度: 0.009

図-4 各床版の卓越振動数の比較

表-1 2次卓越振動数による曲げ剛性比

地点番号	曲げ剛性比	地点番号	曲げ剛性比	地点番号	曲げ剛性比	地点番号	曲げ剛性比
0302	1.000	0303	1.000	0304	1.000	0305	0.913
0402	0.855	0403	0.874	0404	0.755	0405	0.606

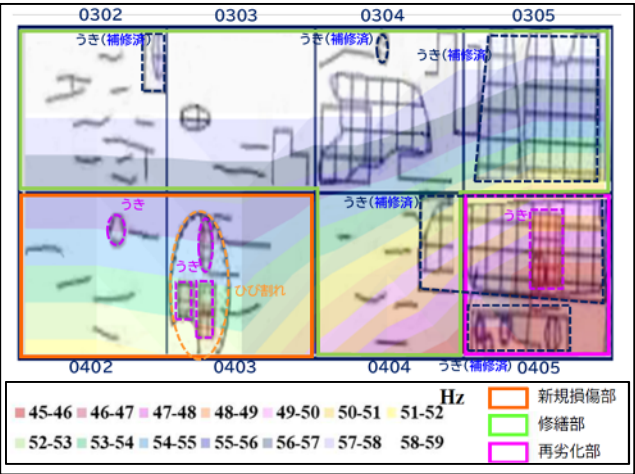


図-5 点検結果と2次卓越振動数のカラーコンター

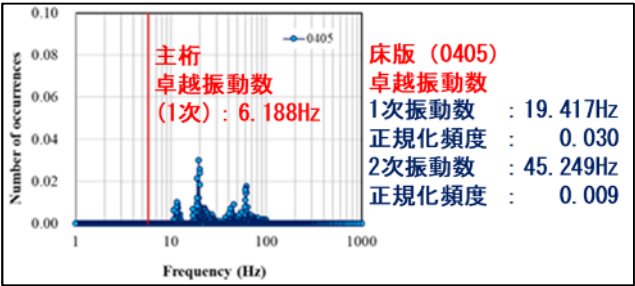


図-6 主桁・床版の卓越振動数の比較