

小型多機能センサを用いた橋梁の振動モニタリング

豊橋技術科学大学 正会員 ○松本幸大
 豊橋技術科学大学 正会員 三枝玄希
 豊橋技術科学大学 齋藤翔, 小橋実咲

1. はじめに

道路橋構造物の老朽化が進む中、適正な健全度を維持しながら継続的に利用するために、効率的な維持管理を実施しなければならない。そのため、健全度を定量的に明らかにする必要があるが、近年ではセンシングデバイス・技術の発展とともに、それらの建設分野へ応用も盛んに行われている。特に振動性状の変化を利用して構造物の劣化検知、健全性のモニタリング実験が多く実施され、構造物の振動特性の測定法や健全性の評価手法に関する研究が深まっている。一方、全国に膨大な数が存在する橋梁に対して、常設型のセンサを設置することは予算やデータ取得頻度の必要性の面で非合理的である。以上より、本研究では、設置・撤去が可能な小型多機能センサを用いて、効率的かつ迅速な補修効果の検証や経時的変化の分析を目的に、実橋梁を対象とした振動特性の評価を行った。

2. 計測概要と分析方法

本研究で用いた小型多機能センサは、主にモーションセンサ等の用途として開発されたものであり、バッテリーと内部メモリを有し、加速度だけでなく角速度、温度等も計測可能であるが、本研究では加速度のみ使用している。対象橋梁の地覆に小型多機能センサを強力両面テープによって6個設置し、車両等が通過することによって発生する振動(加速度)を計測する。交通量によって計測時間を調整し、交通量が極めて少ない橋梁に関しては人為的な衝撃を加えた。計測データは1000Hzに平均化を5回行った200Hzの分解能とし、幅員方向(X)、橋軸方向(Y)、鉛直方向(Z)の3次元方向に対して加速度を計測した。分析方法は、計測データをフーリエ変換し卓越振動数を分析するとともに、代表的な卓越振動数に対して逆フーリエ変換を行った各センサの加速度時刻歴の相関関係から振動モードを推定した。

3. 計測結果

対象橋梁は1981年に建設された鋼橋である。図1に対象橋梁の概要を示す。図中の□1~□6は加速度計の番号No.1~No.6の設置位置を示している。計測は5回行い、計測時間は約11(2¹⁷データ)~45(2¹⁹データ)分間の計測時間とした。また、11月上旬~12月に補修工事が行われており、4回目(11月13日)の計測データは補修工事中、5回目は補修工事後の計測データである。図2に計測から得られた上下方向応答加速度の時刻歴波形を示す。センサの仕様上、通行が無い状態でも±7Gal程度のノイズが見られるが、車両通行に伴う振動が計測できていることが分かる。図3に各計測日毎のX方向、Z方向におけるフーリエ変換したフーリエスペクトルを示す。図3より、主要な振動数として、6, 7, 15, 20, 25Hzが読み取れる。この卓越振動数に対して逆フーリエ変換を行い、各小型多機能センサの相関から振動モードを分析した結果を図4に示す。これより、振動モードは、6Hzは1次モード、7Hzと15Hzは振り、20Hzは剛体振動と推定される。図5には各計測回における卓越振動数の変化を示している。図6か



図1 対象橋梁の概要

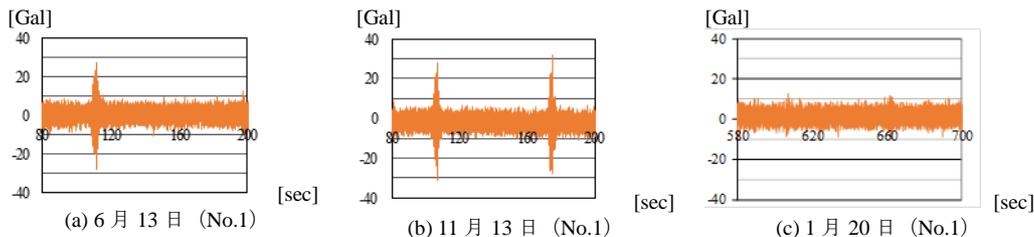


図2 上下方向時刻歴応答加速度

キーワード 橋梁 加速度センサ 固有振動数 振動モード
 連絡先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 (Tel)0532-44-6845

ら補修工事前で生じていた 25Hz の振動数は補修工事中には発生せず、他の卓越振動数も 2, 3 回目の計測で変動は見られたが、補修工事後には低減していることが確認できた。この理由として、補修工事中の計測は橋梁の下部全体に足場が吊り下げられた状態での計測であったため、その影響で重量が増加し、振動数が減少したのではないかと考えられる。更に、伸縮装置が一時的に取り外され、剛結されていたことから、面内剛体振動に相当する 25Hz 付近の振動モードが生じなかったものと考察できる。

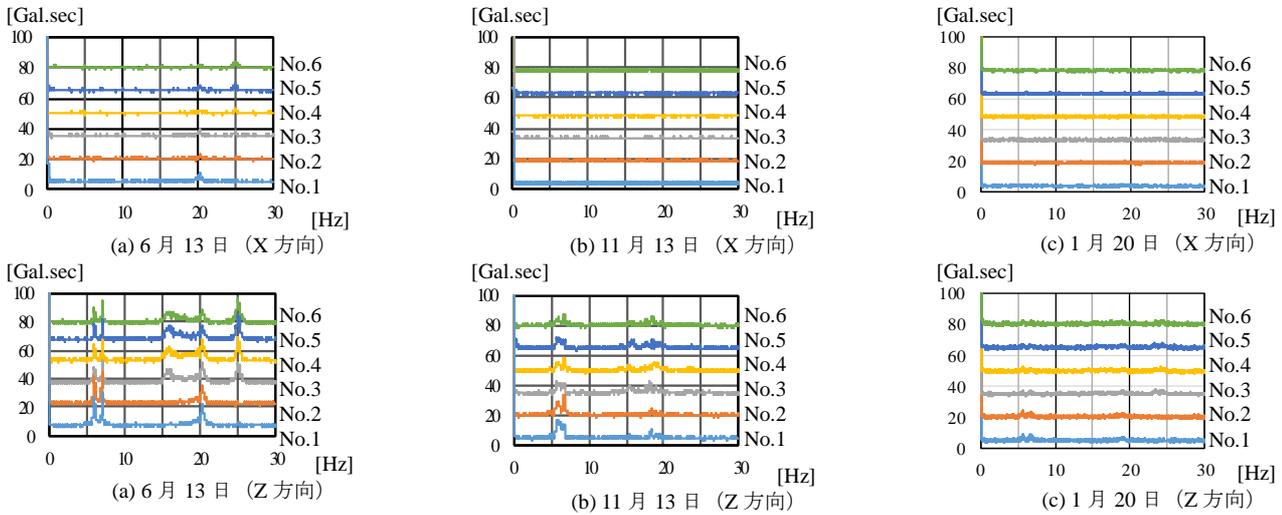
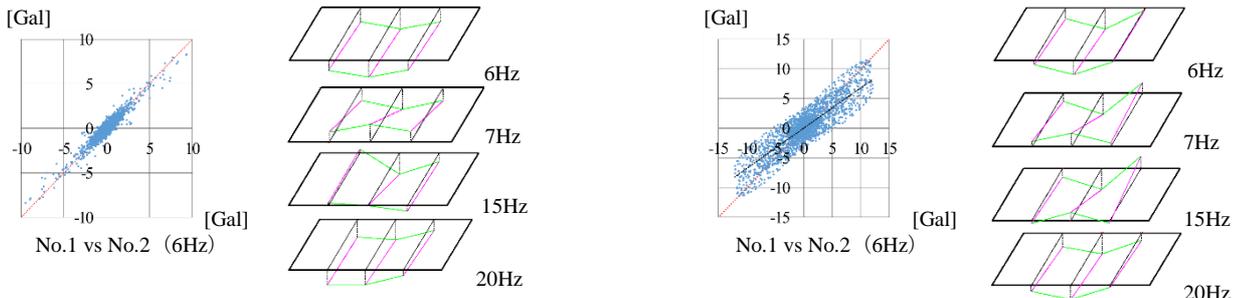


図3 応答加速度のフーリエ振幅スペクトル



(a) 相関関係の例と振動モード (6月13日)

(b) 相関関係の例と振動モード (11月13日)

図4 応答加速度の相関関係と推定した振動モード

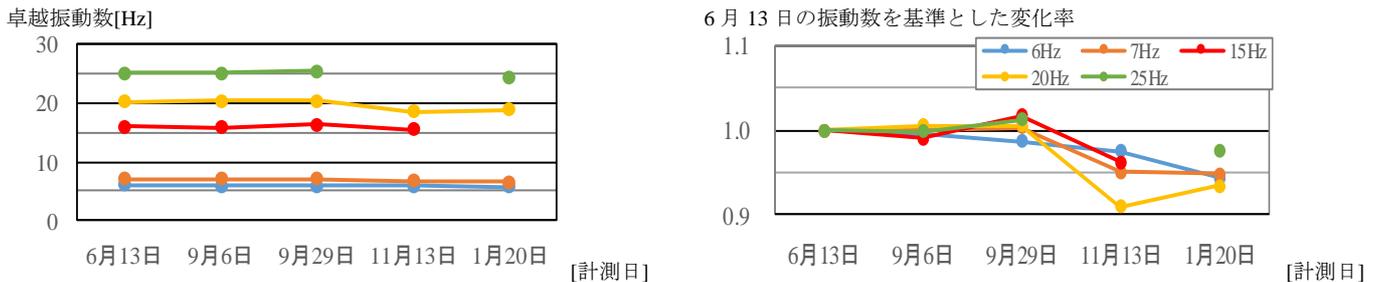


図5 卓越振動数の経時変化

4. まとめ

本研究では小型多機能センサを活用し既存構造物の振動性状を計測・分析した。その結果、以下のことが言えた。

- 1) 一橋梁に対して約一時間程度の計測時間で対象橋梁の振動性状を推定することができた。
- 2) 補修工事中では質量増加等に伴う固有振動数の変化と振動モードの変化が確認できた。

本手法により、同一の計測システムを多数の橋梁に対して用いることができ、膨大な橋梁数が存在する中小橋梁においても財政負担を軽減した定量評価が可能となると考えられる。

謝辞

本研究は豊橋市大学連携調査研究費補助金によって行われました。また、豊橋市役所 建設部 道路建設課の皆様には対象橋梁の選定やフィールド提供に多大なご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 土木学会：構造工学シリーズ 24 センシング情報社会基盤，2015