

### 年間モニタリングデータに基づく道路橋の固有振動数推定結果に関する研究

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○HENG SALPISOTH  
 同 正会員 大島 義信 正会員 石川 敏之  
 同 正会員 服部 篤史 正会員 河野 広隆

#### 1. はじめに

振動特性変化を利用して損傷を同定しようとする構造ヘルスマニタリングでは、温度などの環境変化によっても振動特性が変化する。また、交通車両を外力として利用した場合、中小規模の橋梁では、付加重量や加振力として走行車両の影響が大きいと考えられる。

本研究では、一般道路橋桁の加速度モニタリングと、車両重量モニタリングであるBWIM(Bridge Weigh-In-Motion)を同時に行うことで、1年のデータにより上述のような影響を明らかにする。ここでは、BWIMから通行車両の重量を把握し、車両重量により橋梁の固有振動数の推定結果がどう変動するかを検討した結果を示す。

#### 2. 実橋梁モニタリングの概要

##### 2.1 対象橋梁

図-1に示すように、モニタリング対象の橋梁は、岡山と大阪を結ぶ一般国道2号線に架かる鋼橋である。対象橋梁には重量車両が多く走行し、平日の交通量は20160(台/日)、休日の交通量は15519(台/日)となっている。橋梁の形式は、7径間、主桁4本の上路ゲルバープレートガーダー(吊桁のみ合成桁)である。今回の測定対象区間は、図-1中赤い枠で示す岡山方面端部の吊桁である。



図-1 モニタリング対象橋梁

##### 2.2 振動特性の推定方法

今回の解析では、図-2に示すように、各通過車両に対して、その車両が対象区間内を通過する時間、および通過した後5秒間の2つの時間領域を設定することにした。そして、それぞれの時間領域の加速度波形から、窓付きFFTにより振動特性を推定した。

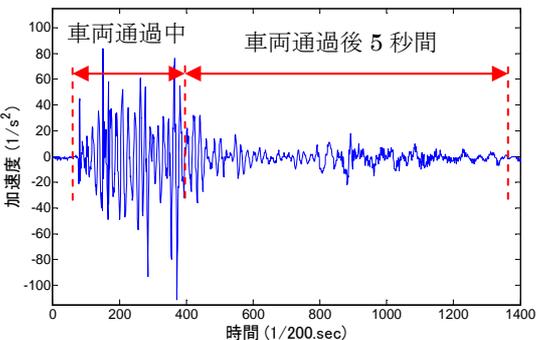


図-2 解析対象の時間領域

##### 2.3 通行車両の計測方法

通行車両を把握するため、本計測ではBWIMシステムを用いた。車両通過の有無の検出、走行速度、軸距などの算定は、床版のひずみ応答に出現するピークを利用した<sup>1)</sup>。そして、主桁のひずみ応答により、個々の車両の総重量を推定した。

#### 3. 固有振動数の推定結果

推定した固有振動数は、385日分のデータにより求めている。まず、振動数に対応する振動モードを解釈するため、上り線を単独に通過した車両に対する波形データから、振動モードを推定した。25.1tの3軸-1車両が60.0(km/h)で上り車線に通過する状況を、図-3に示す。このとき、UA-2測定点で得られた自由振動時(車両が通過後5秒間)

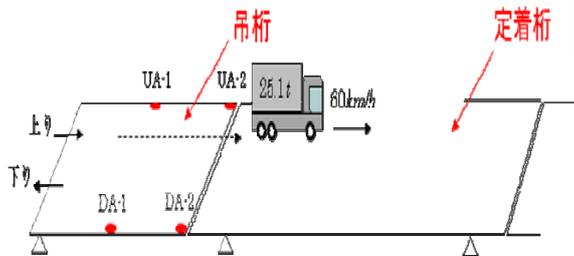


図-3 対象車両の通過状況

キーワード 固有振動数推定, Bridge Weigh-In-Motion, 交通荷重, 中小規模橋梁

連絡先 〒615-8530 京都府京都市西京区京都大学桂 構造物マネジメント工学講座 TEL075-383-3321

に対応する加速度波形を用いてフーリエ変換を行った。その結果を図-4に示す。図-4より、振動数は2.58Hz、5.37Hz、10.26Hzと13.12Hzの付近にピークが確認できる。ほぼ全ての測定データにおいて、2.5Hz、3Hz～5Hz、10Hz～11Hz、13Hz～14Hz、の4つ帯域にピークが確認されており、さらにクロスパワースペクトルを求めた結果、それぞれ定着桁ゲルバー部のねじり、吊桁のたわみ、吊桁のねじり、定着桁のねじり振動モードに対応したものと考えられる。

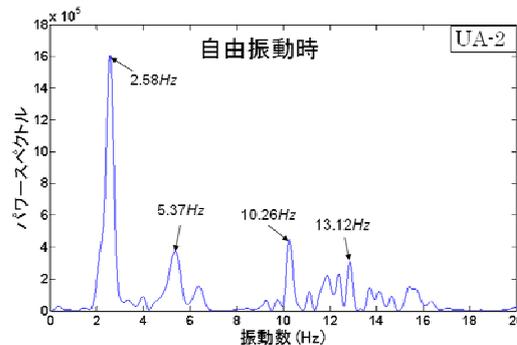


図-4 自由振動時の UA-2 点での推定結果

4. 固有振動数の経時変化

図-5は年間の日平均の固有振動数の変動および橋体の温度の変動を表す。この図から、固有振動数は温度の影響が小さいことがわかる。ただし、固有振動数推定値に一週間程度の周期性が確認できる。交通荷重は一週間での周期があるため、これは温度の影響ではなく、交通荷重による影響を強く受けているといえる。ただし、1年間で大きなトレンドとして0.2～0.4Hz程度の変化があるため、これは温度による影響と考えられる。

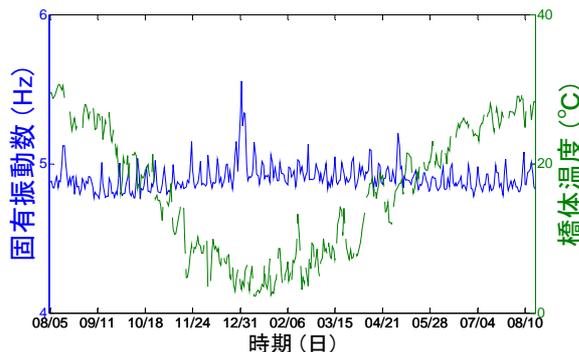


図-5 年間の日平均の固有振動数の変動

5. 車両重量と固有振動数の関係

図-6は車両通過時の UA-1 測定点での車両重量と固有振動数との関係を示す。赤い点線は5t ずつの区間の平均値を示す。この図から分かるように、3Hz～5Hz帯域の固有振動数は通行車両の重量の影響が見られた。重い車両ほど固有振動数は顕著に低下した。また、この図から車両の重量が25t増加した場合、固有振動数は4.11Hzから2.80Hzまで変化し、1.31Hz低下した。これは、車両の重量が付加されたことによるものと考えられるが、単純支持桁のたわみ振動において質量を25t増加させた場合でも、理論上は0.41Hzしか低下しない。そのため、質量による影響は理論値よりも大きくなることがわかった。

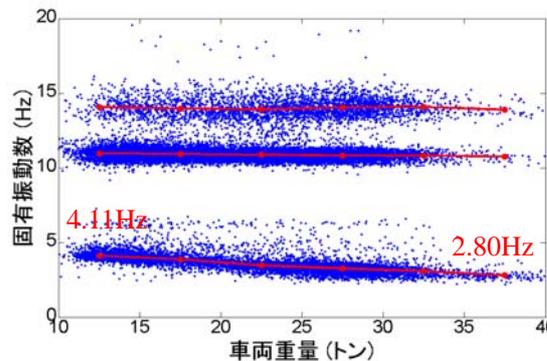


図-6 車両通過時の車両重量と固有振動数

6. 結論

本研究では、中小規模橋梁に対し走行車両を加振力として使う場合、固有振動数の推定結果は、通過車両の重量の影響を受けることが明らかになった。対象橋梁では、吊桁のたわみ振動での固有振動数は通過車両が重いほど顕著に低下する傾向があり、またその低下量は理論値よりも大きかった。よって、中小規模橋梁における振動計測では、車両重量を同時計測するなど、車両重量を考慮した解析や計測が必要となる場合があると考えられる。

謝辞：本研究は、新都市社会技術融合創造研究会「既設橋の最適延命化方策の評価・策定に関する研究プロジェクト（京都大学宮川豊章教授リーダー）」および土木学会関西支部調査研究委員会「橋梁の維持管理へのモニタリング技術の適用に関する調査研究委員会」の研究の一環として行われた。ここに記し謝意を表す。

参考文献：1) 大島ほか：モニタリングデータを活用した鋼橋 RC 床版の疲労推定とその応用，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，日本材料学会，241-248，第10巻，2010.10.