

京都大学大学院工学研究科	学生員	○HENG SALPISOTH
京都大学大学院工学研究科	正会員	大島 義信
京都大学大学院工学研究科	正会員	石川 敏之
京都大学大学院工学研究科	正会員	服部 篤史
京都大学大学院工学研究科	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、推定された振動特性は外力に依存するため、外力の影響によって推定値に差が生じている。特に、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そ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、交通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問題を明らかにする。ここでは、BWIM から通行車両を把握し、その通行車両特性によって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、振動特性に及ぼす影響を評価する。

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。対象橋梁は一般国道であり、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。

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、その車両が測定対象区間に通過時と車両が通過後の5秒間、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に相当する加速度波形のデータから振動特性を推定した。



図-1 モニタリング対象橋梁

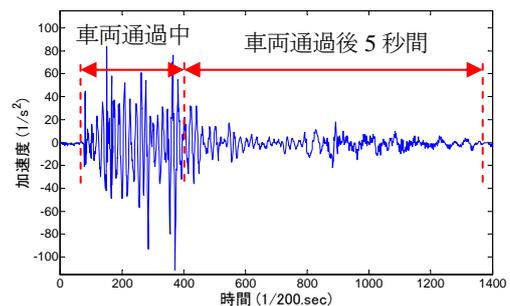


図-2 解析対象の時間領域

本研究では、振動数の分解能を上げるためデータ数 N を実際の測定時間よりも多く与えている。ここでは、測定時間が N に満たない場合、データに零を付加している。特に、すべてのケースにおいて分解能を統一するため、ここでは $N=20000$ とした。本研究のサンプリング振動数は $200Hz$ で測定しているため、フーリエ変換後の分解能は $0.1 Hz$ に統一されている。ただし、零付加によりスペクトルの性質を歪めないよう、付加前のデータにハニングウィンドウを掛けている。そしてフーリエ変換を行った後、最大のパワースペクトル、つまり、一番卓越する振動数を固有振動数として考える。

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する。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. 特性値の推定結果と考察

3.1 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。振動数に対応する振動モードを解釈するため、推定した固有振動数の中から、特に周りの車両の影響を受けない単独に上り線に通過した車両に対する 1 例を示す。

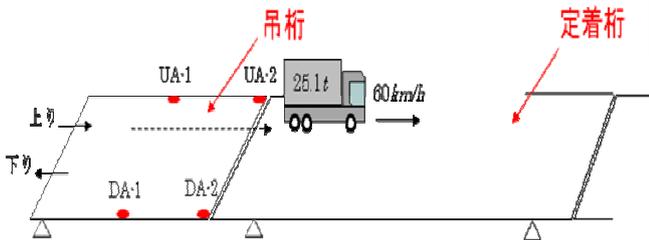


図 - 3 対象車両の通過状況

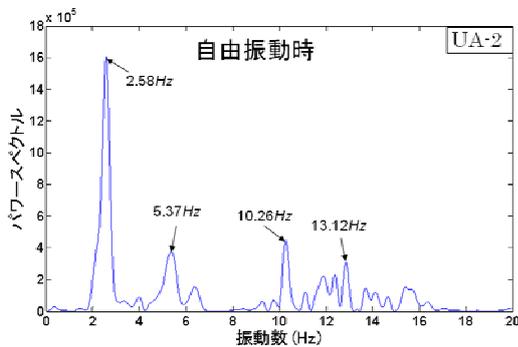


図 - 4 自由振動時の UA-2 点での推定結果

25.1 トンの 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。その時の UA-2 測定点で得られた波形から、自由時（車両が通過後 5 秒間）に対応する加速度波形を用いてフーリエ変換を行った。その結果は図 - 4 に示した。図 - 4 に示すように、振動数は 2.58Hz, 5.37Hz, 10.26Hz と 13.12Hz の付近にピークがあり、それらの振動数は卓越していることが分かる。また、すべての推定した振動数は、2.5Hz, 3Hz~5Hz, 10Hz~11Hz, 13Hz~14Hz, の 4 つ帯域に分かれ、さらにクロスパワースペクトル密度を行った結果、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と考えられる。

3.2 車両重量と固有振動数の関係

図 - 5 は強制時の 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 5 トン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とは関係があった。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 25 トン増加した場合、固有振動数は 4.11Hz から 2.80 Hz に変動し、1.31 Hz が低下した。これは、車両の質量効果によるものと考えられる。また、式(1)は単純支持桁のたわみ振動の固有振動数を表す。

$$f = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{m}} \quad (1)$$

この式から、 m が 2.5 トン増加した場合、 f は 0.41Hz 低下するが、計測値は理論値よりも大きな値となることがわかる。

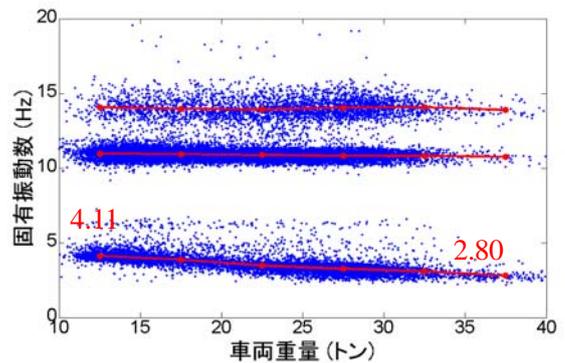


図 - 5 強制振動時の車両重量と固有振動数

4. 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、車両重量が固有振動数の推定結果に影響することが明らかになった。対象橋梁は吊桁のたわみ振動での固有振動数が通行車両の重量と関係があり、重い車両ほど固有振動数は顕著に低下した。また、その低下量が理論値よりも大きかった。よって、中小規模橋梁では、固有振動数の推定において、車両重量による影響が大きく、無視できないと考えられる。

参考文献

1. 土木学会構造工学委員会 橋梁振動モニタリング研究小委員会：橋梁振動モニタリングのガイドライン, 2000.
2. 玉越隆史他：道路橋の交通特性評価手法に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, No.188, 2004.7.