

走行車両動的応答による橋梁固有振動数の抽出

京都大学大学院 学生員 ○井上 真一
 京都大学大学院 正会員 金 哲佑
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

1. はじめに

我が国の橋梁ストックの中で、高度経済成長期に建設された多くは老朽化を迎えている。それらを迅速に検知する手法として、振動モニタリングによる構造物の健全度評価は有効である。Yang らは、間接的に橋梁の固有振動数を推定する手法として、橋梁上を走行する車両の振動応答成分から橋梁固有振動数の抽出を行っている¹⁾。一方でその手法では、車両の振動には路面凹凸の影響が大きく現れるため、橋梁の振動成分が埋もれる可能性が高い²⁾。そのため、車両に2台のトレーラーをけん引させ、トレーラー同士の振動応答を差引くことで路面凹凸の影響が低減することが考えられる。本研究では、数値シミュレーションおよび実験を行い、トレーラー同士の振動応答を差引くことによる橋梁の固有振動数の抽出可能性について検討する。

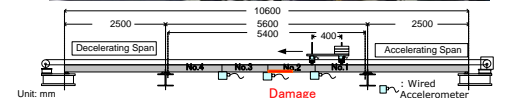
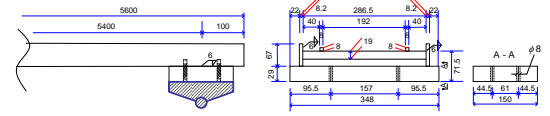


Fig.1 Bridge model

2. 実験および解析条件

2.1 対象橋梁

実験および解析に使用する橋梁モデルは、Fig.1 に示すようなスパン長 5.4m の I 型断面鋼桁とし、模型モデルの構造諸元を Table 1 に示す。

2.2 模型車両

解析では、車両モデルは Fig.2 に示すような、トラクター1 台と同じ振動特性をもつトレーラー2 台を連行走行するモデルを使用する。車両はそれぞれバウンシングとピッチングを考慮した 2 自由度のハーフカーモデルを使用し、それぞれの諸元を Table 2 に示す。

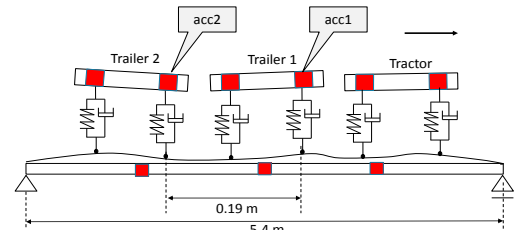


Fig.2 Vehicle model(Simulation)

実験においては、Fig.3 に示すように、Table 2 に示した諸元を持つトラクター1 台、トレーラー2 台をそれぞれ金属板で連結し、走行させる。

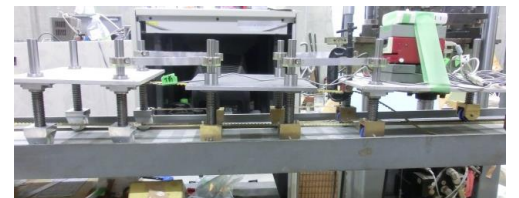


Fig.3 Vehicle model(Experiment)

3. データ処理手法

3.1. 時間領域での減算 (FFT[acc1 - acc2])

トレーラー1 の加速度応答(acc1)からトレーラー2 に加速度応答を位相が合うようにタイムシフトしたもの(acc2)を差し引くことで、路面凹凸の影響低減を試みる。

Table 2 Vehicle properties

	Tractor	Trailer1&2
Mass (kg)	(front) 7.9 (rear) 13.4	6.7
Sprung stiffness (N/m)	(front) 2680 (rear) 4570	830
Damping constant	(front)0.055 (rear)0.056	0.084
Natural frequency(Hz)	(front)2.93 (rear)2.93	2.51

Table 1 Bridge properties

Span length(m)	5.4
Young's modulus(N/cm ²)	2.1×10 ⁵
Unit weight(N/cm ³)	7.8×10 ⁻²
Area of section(cm ²)	68.8
Moment of inertia of Area(cm ⁴)	84.73
1 st natural frequency(Hz)	3.03
2 nd natural frequency(Hz)	12.1

キーワード 橋梁ヘルスマニタリング, 振動モニタリング, 橋梁固有振動数の抽出
 連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL075-383-3421

3.2. 周波数領域での減算 (FFT[acc1]-FFT2[acc2])

トレーラー1 の加速度応答のフーリエスペクトルからトレーラー2 の加速度応答のフーリエスペクトルを差し引くことで路面凹凸の影響低減を試みる。

4. 解析結果

走行速度 0.46m/s で走行するときの加速度応答およびフーリエスペクトルを Fig.4 に示す。Fig.4(b)より、3Hz 付近に卓越がみられるものの、トレーラーによる卓越と判別できない。一方、Fig.4(d)および Fig.4(e)では、トレーラーによる卓越(2.2 Hz 付近)と橋梁一次による卓越(2.98 Hz 付近)を明確に判別できる。また、Fig.4(d)では、橋梁二次とみられる卓越(11.38 Hz 付近)も確認することができる。また、Fig.4(e)に比べ、Fig.4(d)の方がより明確な卓越として現れており、時間領域での減算の方がより明確な結果が得られていることが分かる。これは、周波数領域でのデータ処理に比べ、時間領域での処理の方がより正確に応答の位相を合わせやすいことが考えられる。

5. 実験結果

走行速度 0.46m/s で走行するときの室内実験から得られた加速度応答およびフーリエスペクトルを Fig.5 に示す。Fig.5(b), (d), (e)より、時間領域、周波数領域のいずれにおいても、差し引くことによる路面凹凸の影響低減は認められなかった。これは、解析と異なり、トレーラー2 台それぞれの加速度応答の位相を一致させることが困難であることが考えられる。また、解析結果に比べ応答が小さいことから、トレーラーの振動応答において、橋梁振動が十分励起されていないことが考えられる

6. 結論

解析においては、今回提案した手法は、車両応答から橋梁応答を抽出するにあたり、有効であることが分かった。また、周波数領域での処理よりも、時間領域での応答の処理の方がより明確な結果が得られた。一方、実験においては、解析で得られたような、応答を差し引くことによる路面凹凸の影響低減の効果は得られなかった。今後、走行速度やトレーラーの振動特性を変えることで、橋梁振動がより励起される最適なパラメータの検討を行っていく。

【参考文献】

- 1) Yang,Y.B., Lin,C.W., Yau,J.D. :Extracting bridge frequencies from the dynamic response of a passing vehicle, J Sound Vibration, Vol.27, 471-493, 2004. .
- 2) 川谷充郎, 金哲佑, 井上真一: 走行車両動的応答による橋梁固有振動数の抽出, 平成 26 年土木学会全国大会度第 69 回土木学会年次学術講演会, I-040, 2014.9

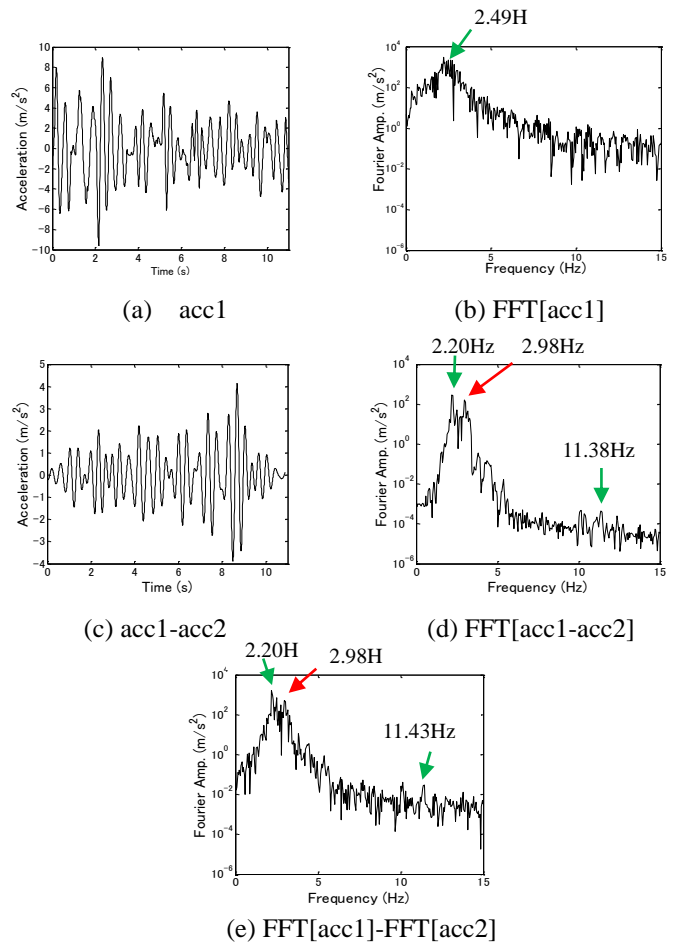


Fig.4 Acceleration and FFT (Simulation)

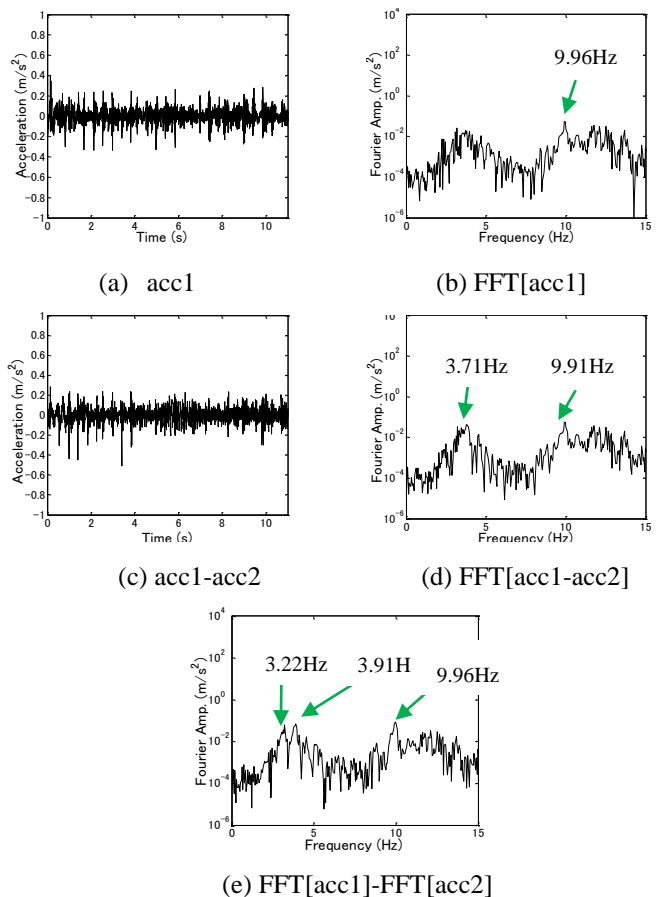


Fig.5 Acceleration and FFT (Experiment)