

走行車両の振動応答を利用した橋梁の固有振動数推定に関する模型実験

京都大学大学院 正会員 ○橋本国太郎 大阪市立大学大学院 学生員 北垣 啓
 京都大学大学院 正会員 大島 義信 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征 (株)ニチゾウテック 正会員 小林 義和

1. 目的

これまで日本では、橋梁・トンネルに代表される道路構造物の維持管理活動は、目視点検を中心に行われてきた。こうした維持管理活動に充当できる人的・経済的資源には自ずと制約があり、資源の効率的配分が必要不可欠と言える。これを実施するためには構造物の現状性能の定量的評価を効率的かつ安価に実施する必要がある。このような状況の中Yangら¹⁾は、橋梁の損傷検知の1つの指標となる固有振動数を間接的に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、橋梁の固有振動数を抽出する手法を提案している。しかしYangらの研究では、単独の大型車両の並走を前提としているが、外乱としての大型車両の影響を十分評価しておらず、また、周波数解析にFFT(高速フーリエ変換)を用いているため、橋梁を通過する車両の応答時間が短くなると、適切な周波数分解能が得られないという問題なども生じる。

そこで本研究では、外乱を除去し構造をより単純化した模型橋梁および模型車両を用いて橋梁の固有振動数測定を行う。また、計測車両の速度を変化させて、橋梁の固有振動数を計測するための速度条件を明らかにする。さらに周波数解析には、多変量 AR モデルを適用した。

2. 模型橋梁による車両走行実験

(1) 実験方法：図-1 に示すように、実験は加速度計を搭載した模型車両が、加振車両となる計測車両と同じ仕様のもう1台の模型車両と連行して模型橋梁上を走行するケース、および単独で走行するケースの2ケース行う。車両が走る走路には3本のレールを設置し、1つの車両が鉄道のように2つのレール上を走行するようになっている。また、表-1 に示すように、走行速度は3つのパターンに分けて行う。解析に用いたデータは、模型車両が模型橋梁の主桁部分を通過した時間帯を用いた。サンプリング周波数は1000Hzとし、30Hzのローパスフィルタを掛けて記録を行った。橋梁についても計測車両と同時刻のデータを用いている。

(2) 模型車両：模型車両の基本的な振動特性を把握するために、車両のバネ上の鉄板への打撃による波形と通常の路面を走行する際の車両振動を計測した。その結果、図-2 に示すように7Hz以下の帯域を受感帯とした。

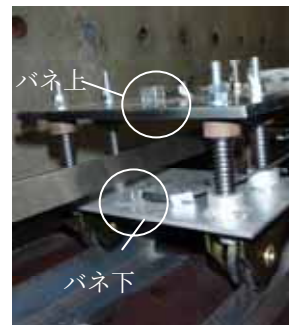
(3) 模型橋梁：鉛直方向の加速度計を、レール1～3の支間中間点に3個およびレール2の1/4点に1個計4個設置している。橋梁に強制加振を行って自由減衰の部分を用いて周波数解析をおこなった結果、橋梁の曲げ1次モードの固有振動数は4.29Hzであった。



(a) 模型橋梁



(b) 模型車両



(c) 加速度計設置位置

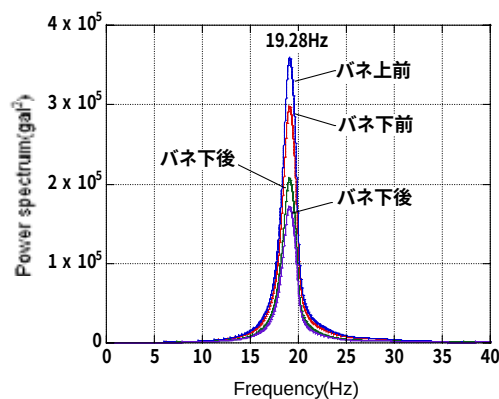
図-1 模型実験の概要

キーワード：固有振動数，車両応答，模型実験，健全性評価，連成振動

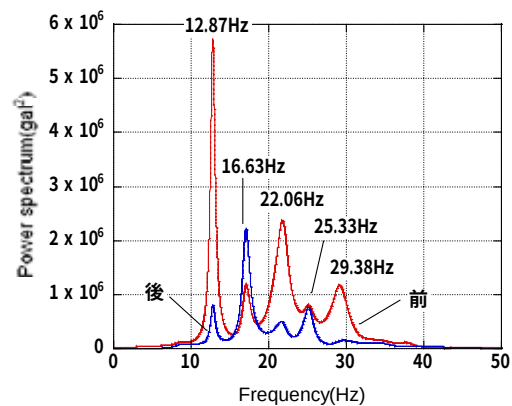
連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 Tel.075-383-3160

表-1 走行ケースと実験結果

走行ケース	速度パターン	速度(m/s)	走行パターン	橋梁卓越振動数 実測値 ^{*1} (Hz)(モード)	橋梁卓越振動数 推定値 ^{*2} (Hz)(誤差)
1-1	1	0.69	単独	-	-(-)
2-1	1	0.69	連行	4.36(1-0)/4.36(1-0)	4.33(0.7%)/4.37(0.2%)
2-2	2	1.49	連行	-	-(-)
2-3	3	2.08	連行	-	-(-)

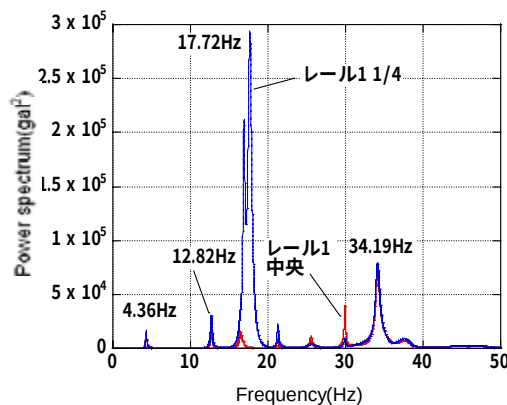


(a)打撃試験

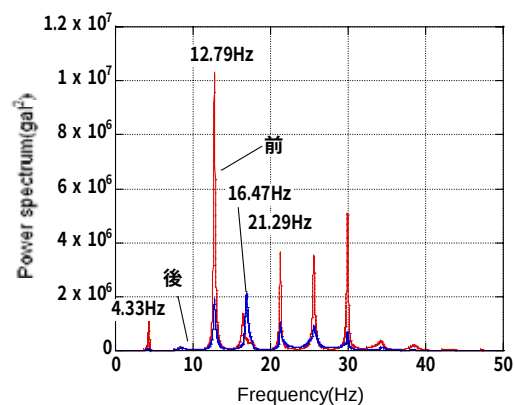


(b)加速領域走行時(速度 1)

図-2 模型車両のバネ下の応答スペクトル



(a)橋梁のスペクトル



(b)バネ下のスペクトル

図-3 Case2-1 の応答スペクトル

3. 実験結果とその考察

実験結果を表-1 および図-3 に示す. 表-1 には模型橋梁で測定した振動数, および車両側で検出した橋梁の振動数を示している. 表-1 から, 走行速度が一番遅く, 車両を連行させた Case2-1 の場合にのみ橋梁の曲げ 1 次モードの振動数を検出することができた (図-3 参照). その他のケースでは, 車両の応答から橋梁の曲げ 1 次モードの振動数を検出することができなかった. これは, 連行走行の場合, 橋梁側のスペクトルからも曲げ 1 次モードが検出されていないことから, 速度 2 以上の走行速度域では, 橋梁の曲げ 1 次振動が卓越せずに, ねじりなどの振動モードが卓越したことが原因と考えられる. また, 単独走行の場合, 連行走行に比べ, 車両重量などによる強制加振量が小さく, 橋梁に生じる最大加速度が小さかったことが原因と考えられる.

4. 結論

- 1) 模型実験によって, 車両を連行させ, 速度が遅い場合のみで, 橋梁の曲げ 1 次モードの固有振動数を検知することがわかった.
- 2) 今後, 適応範囲を広げるために, よりシンプルな振動系の模型車両を導入する.
- 3) また, 損傷による固有振動数の変化をこの模型橋梁で確認をおこない, その変化を模型車両によって検知可能かどうかを検討する.

参考文献

- 1) C.W.Ling, Y.B.Yang: Use of a passing vehicle to scan the fundamental bridge frequencies: An experimental verification, *Engineering Structures*, Vol.27, pp.1865-1878, 2005.