

走行車両応答による橋梁の固有振動数の推定に関する模型実験

大阪市立大学大学院	学生員	北垣 啓	大阪市立大学大学院	正会員	山口 隆司
大阪市立大学大学院	正会員	北田 俊行	京都大学大学院	正会員	杉浦 邦征
京都大学大学院	正会員	大島 義信	京都大学大学院	正会員	橋本 国太郎

1. 研究背景および目的

損傷によって構造物の健全性が損なわれた場合、健全な場合と比べて固有振動数などの構造物の振動特性に変化が現れる。

本研究では、橋梁上を走行する車両の応答による橋梁の固有振動数の推定<sup>1)</sup>を目的とし、模型桁を用いた車両走行実験を行った。模型桁の車両走行実験は、実橋梁における不特定な要因を除去しやすく、条件設定が容易であるという特徴がある。本車両走行実験では、模型桁および計測車両に加速度計を設置し、走行時の振動応答を計測した。そして、得られた車両応答から橋梁の固有振動数を推定し、橋梁の振動応答から測定した固有振動数と一致するかについて議論した。

既往の研究より、計測車両一台による単独走行実験では、橋梁に与える加振力が小さいため推定しにくいことがわかっている<sup>2)</sup>。そこで、本実験は強制加振実験と連行走行実験の2ケースを複数回行った。強制加振実験とは、起振車と計測車の連行走行を想定した実験であり、模型桁を強制的に振動させ、その自由振動中に、計測車両を単独で走行させた。

2. 模型橋梁および計測車両

対象とした模型桁は支間長 4.8m であり、その側面図および断面図を図-1 および図-2 に示す。なお、図-2 中にはレール番号(R1~R3)も併記した。図-1 に示すように、計測車両は、モーターの回転によって、ワイヤーが巻き取られ、それに牽引される。車両は設置されたレールの上を鉄道のように走行する。

自由振動実験で得られた固有振動数を図-3 に示す。なお、自由振動実験における載荷位置および計測位置は、支間中央および L/4 地点とし、加速度計はレール R2 の下に設置した。

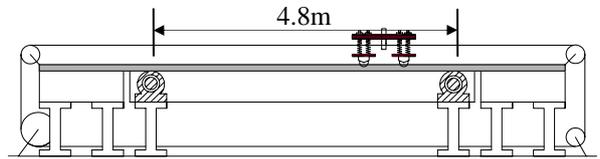


図-1 模型桁の側面図(寸法単位 m)

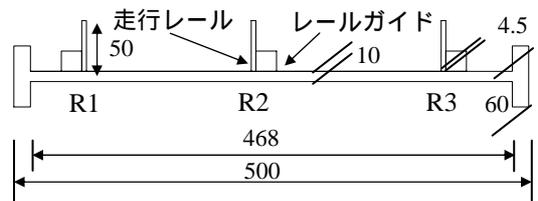
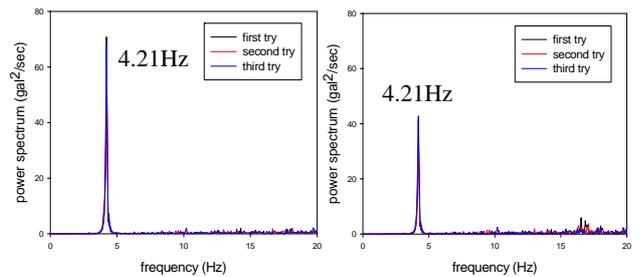


図-2 対象橋梁の断面図(寸法単位 mm)



(a) 支間中央 (b) L/4 地点

図-3 対象橋梁の固有振動数(周波数解析結果)

図-3 より、4.21Hz の振動数が卓越しており、これを模型桁の固有振動数とする。写真-1 には計測車両を示す。計測車両の振動特性を把握するために自由振動試験を行った。バネ上前輪右車輪に加速度計を設置し、自由振動を複数回計測した。その周波数解析結果を、図-4 に示す。図-4 より、6.83Hz に卓越周波数が存在していることがわかる。この卓越振動数を車両ばね上の固有振動数とする。



写真-1 計測車両

キーワード：健全度評価，車両走行試験，車両応答，固有振動数，連行走行  
連絡先：〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻橋梁工学分野  
TEL 06-6605-2765

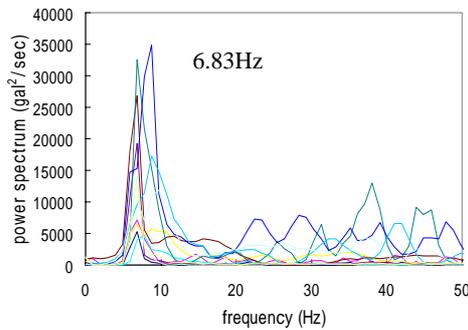
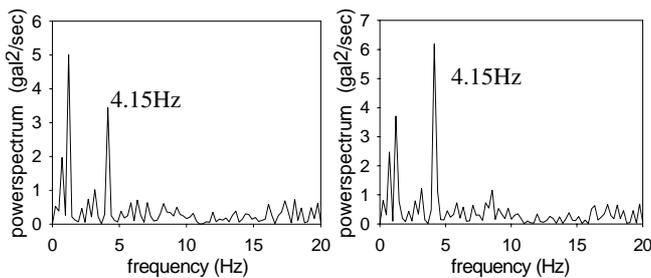


図-4 車両振動特性

3. 強制加振実験

橋梁を強制加振し、自由振動中に車両走行実験を行った。計測車両の速度 1.49m/s であり、サンプリング周波数は 1kHz、計測時のローパスフィルタ(LPF)は 100Hz とした。加速度計は全部で 7 つ配置し、橋梁側には、L/2 地点 R1、L/2 地点 R2 および L/4 地点 R2 の計 3 か所、車両側には、右車輪の前輪バネ上、バネ下および左車輪の後輪バネ上、バネ下の計 4 か所設置した。計測は 4 回行った。なお周波数解析には、FFT(Fast Fourier Transform)を用いた。図-5 には、実験結果の一例を示す。この図より、橋梁側にも車両側にも 4.15Hz にピークが確認でき、橋梁の応答を車両側から推定できると考えられる。同様に、4 回計測を行った時のそれぞれの卓越振動数をまとめた結果を表-1 に示す。これらの結果より、車両側から、橋梁の卓越振動数を抽出することができることがわかった。



(a) 模型桁 (L/2 地点) (b) 計測車両

図-5 周波数解析結果

表-1 強制振動実験の結果(単位 Hz)

計測回数	橋梁 L/2 地点	車両			
		前輪		後輪	
		バネ上	バネ下	バネ上	バネ下
1	4.15	4.15	4.15	4.15	4.15
2	5.13	-	4.88	4.88	4.88
3	3.91	3.91	-	-	-
4	6.10	6.10	6.60	6.60	6.60

：明確な卓越振動数(ピーク)が現れない。

しかし、橋梁の卓越振動数と計測車両の応答を比較

すると、周波数域において、ピークが一致する場合もあれば、5%から8%の誤差が生じる場合もある。また、同じ条件で計測しても、車両側に顕著にピークが現れない場合もあった。さらに、図-3の自由振動の結果より、4.21Hzが橋梁の固有振動数であるが、強制加振走行実験では、計測回、それぞれにおいて卓越振動数にばらつきが見られた。

表-2 連行車両実験結果(単位 Hz)

計測回数	橋梁 L/2 地点	車両 前輪	
		バネ上	バネ下
1	4.88	2.81	3.17
2	4.52	3.42	3.05
3	5.13	-	-

4. 連行走行実験

車両 2 台による連行走行実験を行った。1 台目は橋梁を加振させるために走行させ、2 台目は計測車として走行させる。3 回計測を行った時のそれぞれの卓越振動数をまとめた結果を表-2 に示す。表により、車両前輪より卓越振動を確認できたが、それが橋梁の応答との間には 50~70%程度の差が見られた。また、計測回によっては車両の応答が確認できない場合もあった。さらに、今回用いた車両では連行走行において後輪バネ上、バネ下からは卓越振動数を計測できなかった。

5. まとめ

- 1) 強制加振走行実験結果では、車両応答から橋梁の卓越振動数を抽出することができた。
- 2) 現段階での模型実験による結果からでは、車両応答から橋梁の卓越振動数を抽出することはできたが、それを橋梁の固有振動数と推定することは難しい。
- 3) 今後は、この模型実験をベンチマークとして数値解析を検証し、数値解析によるパラメトリックな検討を行うとともに、走行車両の改造などに取り組み、最適な車両特性について検討する必要がある。

参考文献

- 1) Y.B. Yang, C.W. Lin, J.D. Yau : Extracting bridge frequency from the dynamic response of a passing vehicle, Journal of Sound and Vibration, Vol.272, pp.471-493, 2004.
- 2) 橋本国太郎, 北垣啓, 大島義信, 山口隆司, 杉浦邦征, 小林義和 : 走行車両の振動応答を利用した橋梁の固有振動数の推定に関する模型実験, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集, I-035, 2008. 9.