

非接触振動計測を用いた実橋梁の健全度診断に関する研究

長崎大学 学生会員 ○池田 遼介

九州大学 正会員 佐川康貴

長崎大学 正会員 松田 浩

長崎大学 正会員 牧野 高平

長崎大学大学院 学生会員 永山 隼

長崎大学 学生会員 徳永 裕二

1. 序論

社会資本である土木構造物の多くは、高度経済成長期に建設されており、今現在供用開始後 40 年以上を経過するものが増加している。また、橋梁も同様に今後供用開始後 40～60 年経過し老朽化するものが急増する。

構造物は、疲労や環境要因による顕著な材料劣化、地震による損傷などにより、構造物の剛性が低下し、揺れの増大や固有振動数の変化を引き起こす。また、橋梁においては破損や老朽化による境界条件の変化による振動モードの変化が生じるということが考えられる。このように構造物の振動特性を把握することは、変状発生の有無の推定方法の一つとして用いられている。

しかし、従来の加速度計などを用いた振動計測は、クレーンや足場を組まなければ計測不能な箇所が発生していた。そこで本研究では、長距離・非接触での計測が可能なものとして開発されたレーザドップラ速度計（以下、LDV と略称、写真 1）を用いて計測を行った。

本計測では LDV により速度計測を行い、そこから構造物の固有振動数の分析、振動モードの推定を行った。また、計測から得られた固有振動数と振動モードを指標として、実橋梁に対して再現性を有する解析モデルの構築について検討した。

2. 対象橋梁概要

対象橋梁は、2 径間 PC 連続中空床版橋、橋長 36.0m(最大支間長 17.6m)である。橋梁の平面図を図 2 示す。また、本橋梁は主桁下面と橋脚にアルカリシリカ反応に起因すると考えられる多数のひび割れが生じている。

橋梁の固有振動数および、全体の振動モードの推定を目的として、図 2 に示す 8 点を計測した。計測は橋梁下部より、床版下面にレーザを照射し行った。



写真 1 レーザドップラ速度計

3. 解析モデル概要

対象橋梁の解析モデルを図 3 に示す。今回は上部工のみを梁要素でモデル化した。使用した材料特性を表 1 に示す。固有振動数解析においては、境界条件の与える影響は大きいことが知られている。そこで境界条件を、表 2 に示す 5 パターンで解析を行い、計測値に近い値を示す境界条件を検討した。同表に解析結果を示す。各境界の拘束条件を表 3 に示す。

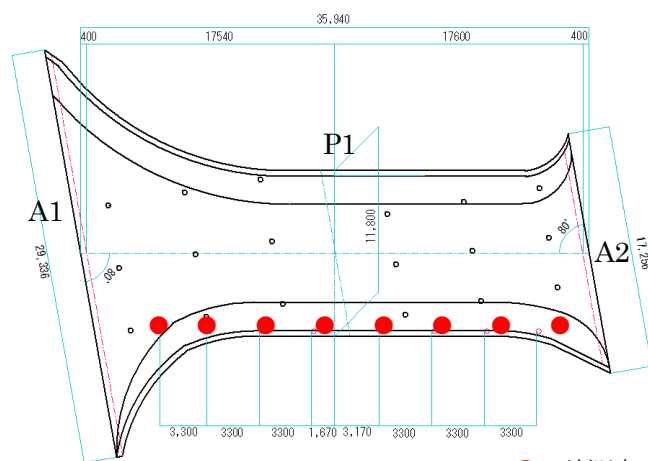
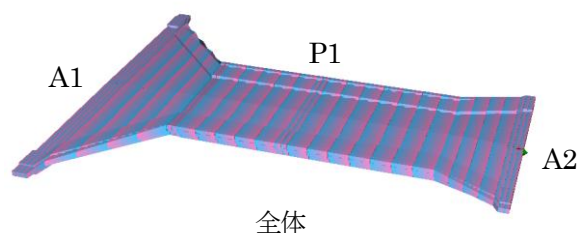


図 2 平面図



標準断面

図 3 解析モデル

表 1 材料特性

	ヤング率(N/mm ²)	ポアソン比	圧縮強度(N/mm ²)
主桁	2.91×10 ⁴	0.2	30
地覆	2.58×10 ⁴		23
舗装	2.20×10 ⁴		

4. 振動モード推定

解析的に構造物の振動特性を把握するため、計測値と解析値を比較し、解析モデルが実際の振動特性をシミュレートできているかの確認を行う。比較する際の指標として、固有振動数と振動モードを用いた。なお、計測においては2台のLDVを同期させて計測を行い、各計測点の振幅スペクトル比と位相差から振動モードを算出した。

5. 計測値と解析値の比較

今回、解析を行うにあたり、解析モデルの境界条件が解析結果に与える影響について検討を行った。境界条件の組み合わせ、および解析結果を表2に示す。また、表4に境界条件①と④における解析結果と計測結果を示す。一般的な設計条件である①では、得られた固有振動数は計測値と比較して1次、2次それぞれ30%以上小さな値を示した。A1、A2を固定支点、P1を回転支点とした境界条件④では、その差は数%程度と小さくなっている。次に、振動モードの比較について述べる。図4に計測値による振動推定モード、図5に解析モデルによる振動モードを示す。ここで図5は3点すべてを固定支点とした境界条件⑤を除く解析モデルにおいて得られた振動モードである。両者の結果から、計測と解析により得られた振動モードは非常に類似した形状を示していることが確認できる。

6. 結論

本研究では、実橋梁の振動モードを把握することを目的として解析的検討を行った。設計条件をもとに行った解析では、振動モードに関しては計測値と同様の結果を得たものの、固有振動数に関しては計測値に対して大きな誤差が生じた。そこで、解析モデルの境界条件について検討を行った。結果については前述のとおりである。この結果から、本橋梁支承部の境界条件は設計条件と比較して高い拘束状態にあることが推測される。

表2 解析結果

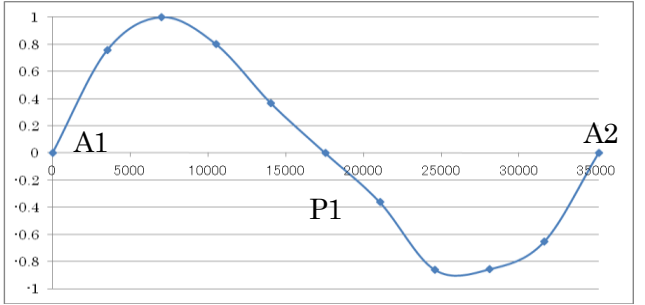
	境界条件			固有振動数(Hz)	
	A1	P1	A2	1次	2次
①	可動支点	可動支点	回転支点	2.62	4.56
②	回転支点	可動支点	回転支点	2.62	4.56
③	固定支点	可動支点	固定支点	4.79	6.65
④	固定支点	回転支点	固定支点	4.79	6.65
⑤	固定支点	固定支点	固定支点	5.93	7.30

表3 支承のモデル化

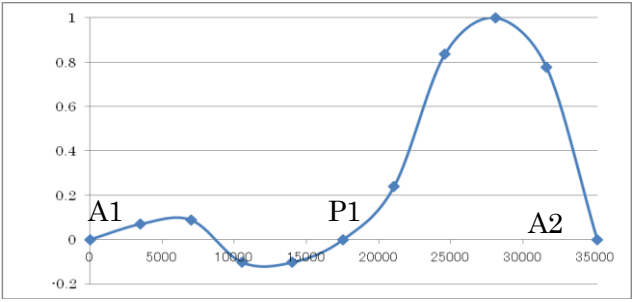
	橋軸方向	橋軸直角方向	鉛直方向	橋軸回転	橋軸直角回転	鉛直回転
固定支点	固定	固定	固定	固定	固定	固定
回転支点	固定	固定	固定	固定	自由	固定
可動支点	自由	固定	固定	固定	自由	固定

表4 結果比較

	境界条件	解析値(Hz)	計測値(Hz)	誤差(%)
1次	①	2.62	4.89	46.34
	④	4.79		2.00
2次	①	4.56	7.18	36.43
	④	6.65		7.38

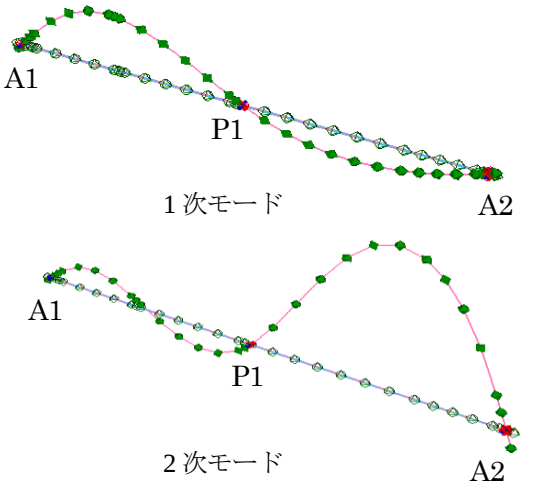


1次モード



2次モード

図4 計測値による振動推定モード



2次モード

図5 解析モデルによる振動モード

【参考文献】

1) 上半文昭, 構造物の振動を非接触で測る, 2007.
2) 宮下剛, 久保田慶太, 藤野陽三, 宮本則幸, 梅本秀二: 二台の無線LAN加速度計による橋梁の振動モード形同定, 土木学会第61回年次学術講演会, 2006.9
3) 中島寛文, 野上邦栄, 櫻井信彰, 中山逸人: 圧延形鋼を用いた既設鋼桁橋の振動実験とその構造解析モデル, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9