

レーザドップラ速度計を用いた固有振動計測とその実橋梁のメンテナンスへの応用に関する研究

長崎大学 学生会員 ○永山 隼 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 宮崎 翼
 長崎大学 非会員 山下 務

1. 序論

社会資本である土木構造物(橋梁)の多くは、高度経済成長期に建設されており、今後供用開始後 40~50 年を超える老朽化した橋梁が急増する。

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。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、従来の振動計測は、現場環境によっては使用する事が出来ない場合がある。このため、遠隔での測定可能なレーザドップラ速度計を用いて計測を行った。

本計測では、レーザドップラ速度計により速度計測を行い、そこから構造物の卓越振動数の分析を行った。また、計測値を基に構造同定したモデルにより固有値解析(3次元 FEM)を実施し、構造物の振動特性の把握を行った。

2. レーザドップラ速度計

本計測器は構造物にレーザのドップラ効果を利用して、物体の速度を非接触で検出するものである。さらにそれに FFT 処理を行うことで物体の固有振動数を求めることができる。また、数 m~数十 m 離れた場所から構造物の振動を測定でき、センサ設置など高所作業を伴う危険な作業を回避できる上、比較的大きな応答から常時微動まで計測可能である。図1にレーザドップラ速度計を示す。



図1 レーザドップラ速度計

3. 対象橋梁概要

本計測では、昭和 51 年度に架設された 3 径間 PC ポストテンション単純 T 桁で、橋長 48m(最大支間長 19.4m)の橋梁を対象に計測を行った。対象橋梁の全体図を図 2 に示す。

3.1 計測方法

計測は、車によるランダム加振を含む常時微動を計測した。計測点は図 3 に示す計測位置で行った。レーザドップラ速度計は、多点での計測が可能であるため、計測のバラツキを考慮し、計 9 点で計測を行った。計測データより一般車走行時の卓越振動数の分析を行う。

3.2 3次元 FEM 解析

解析は P1-P2 間の上部工をソリッド要素としてモデル化し固有値解析を行った。境界条件は一端ピン他端ローラーである。図4に解析モデルを示す。

3.3 振動モード同定方法

振動計測から振動モードを同定するためには、部分的に重複する計測点の振動計測を複数回行い、そのフーリエ振幅スペクトルおよび位相差から橋梁全体の固有振動モードを求めることができる。この手法を用いて推定した橋梁の振動モードを図5に示す。

3.4 振動数の同定

解析モデルにより、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。結果の比較を表1に、振動モードを図6に示す。

計測値は、多点での測定結果を平均した値を求め、解析結果と比較した。比較した結果はほぼ一致している。

以上の結果より、解析モデルは実際の構造特性をシミュレートできており、解析結果から構造物の状態を把握することができる。

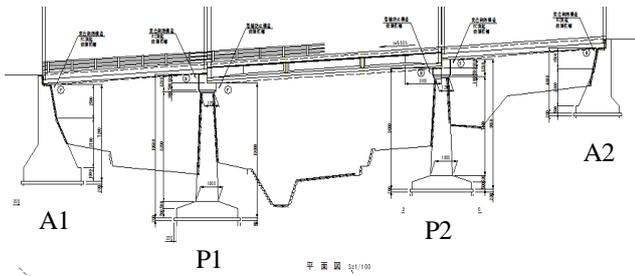


図2 全体図

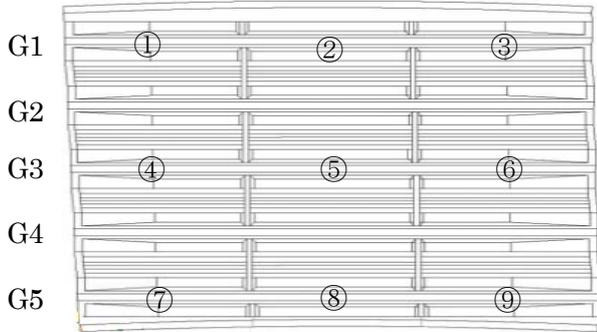
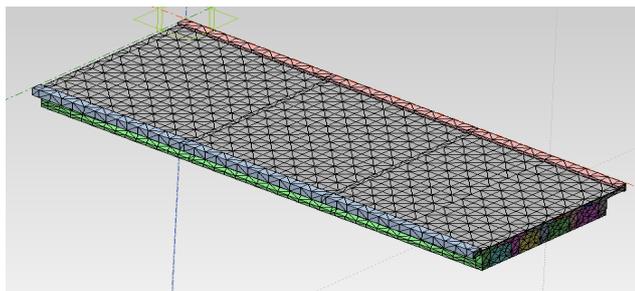
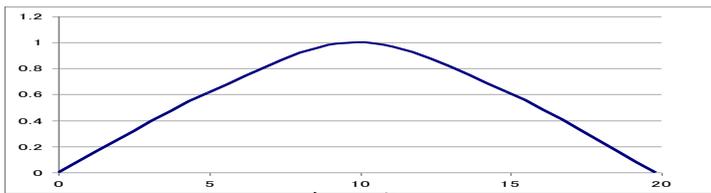


図3 計測点

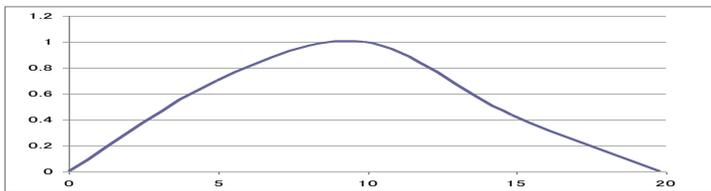


全体

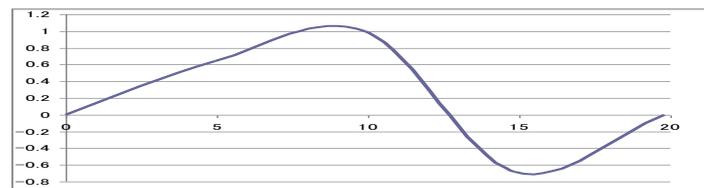
図4 解析モデル



1次モード

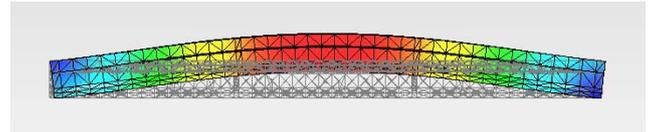


2次モード

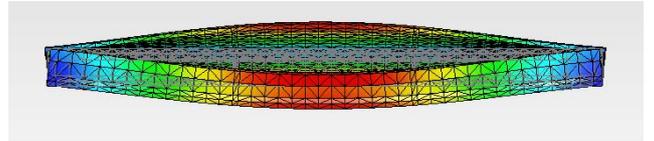


3次モード

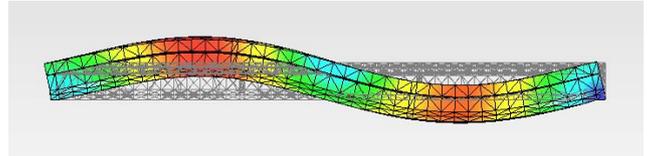
図5 推定したモード



1次モード



2次モード



3次モード

図6 振動モード

表1 計測値と解析値の比較

次数	計測値(Hz)	解析値(Hz)	誤差(%)
	平均値		
1次	2.844	2.729	4.24
2次	6.169	6.049	1.99
3次	7.275	7.745	6.06
4次	8.203	8.953	8.38
5次	11.387	11.466	0.69
6次	13.262	13.333	0.53
7次	15.674	15.441	1.51
8次	17.318	17.249	0.40
9次	21.344	21.185	0.75
10次	22.419	22.028	1.77

4. 結論

レーザドップラ速度計は長距離非接触による振動計測が可能であるため、多点計測が可能である。この多点の振動数を集計する事で構造物の各振動モードの固有振動数を特定する事ができる事がわかった。

また、多点の振動計測結果により推定された振動モードと、モデル化した解析結果により得られた振動モードは概ね一致していることより、LDVでの振動計測においてもモードの推定は可能であることがわかった。

今後、さらに適用事例を増やし、健全度評価の推定方法の一つとして確立し、橋梁のデータベース化を行い、定期的に計測を行う事でメンテナンスへ応用させていく予定である。

【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.