

非接触振動計測を用いた実橋梁の振動特性把握に関する研究

長崎大学 学生会員 ○徳永 裕二 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 池田 遼介

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）を用いて計測を行った（図 1）。

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。

2. レーザドップラ速度計（LDV）

本計測器は構造物にレーザを照射してその反射光のドップラー効果（図 2）を利用して、物体の速度を非接触で検出するものである。さらに速度を計算処理することで、位相、変位、加速度、振動数を求めることができる。また、本計測器は He-Ne レーザを使用し 50m 以上の距離での計測が可能である。これにより離れた場所から構造物の振動を測定でき、センサ設置のための高所作業を伴う危険な作業を回避できる。加えて、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 レーザドップラ速度計

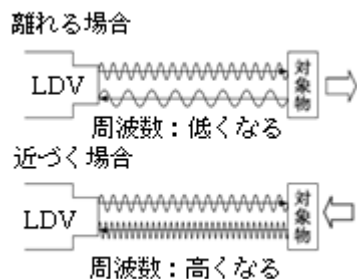


図 2 ドップラー効果

3. 計測概要

本計測では、福岡県内に架設されている 2 径間 PC 連続中空床版橋（橋長 36.0m, 最大支間長 17.6m）を対象として計測を行った。対象橋梁の一般図を図 3 に示す。また、本橋梁は、アルカリシリカ反応に起因すると考えられる変状が確認されている。

LDV 計測における計測点を図 4 に示す。計測点は橋梁全体の振動モード推定を目的とした 8 点に加えて、各径間の 3 次元モード推定を目的とした 18 点（各径間 9 点）の計 26 点とした。3 次元モード推定のための計測点は、下部工に平行に施工された型枠を基準としたため、橋軸と傾斜角 10 度を有する格子状に設定した（便宜上、橋軸、橋軸直角方向と記載）。計測間隔は、橋軸方向 5.4m, 橋軸直角方向を 3.6m である。各計測点の真下に LDV を設置し、計測点に直角にレーザを照射し計測を行った。計測距離は 1.4m～2.3m である。計測時は、交通規制等は行わず一般車両通行時のランダムな加振状態での計測とした。

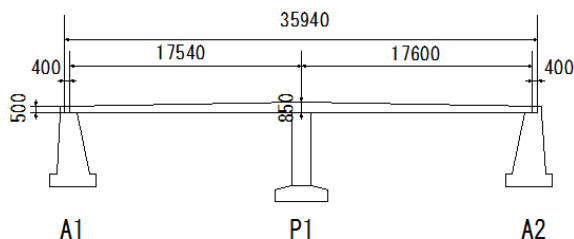


図 3 一般図

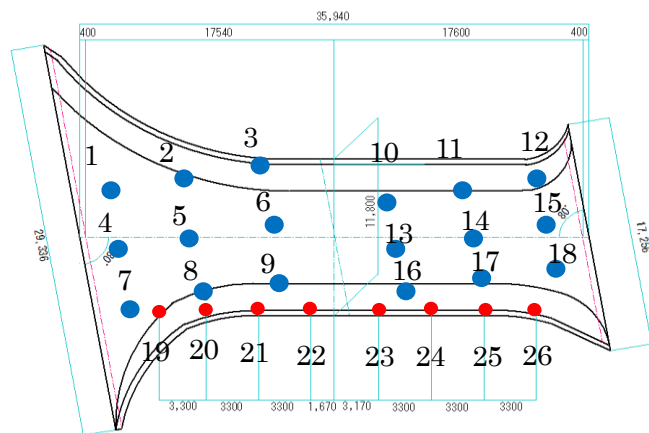


図 4 計測点

4. モードの推定

モードの推定方法を図5に示す。図中の記号 (A_{xy}) は各計測点のフーリエ振幅スペクトルの大きさを示す。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を算出することで、橋梁全体の固有振動モードを求めることができる。

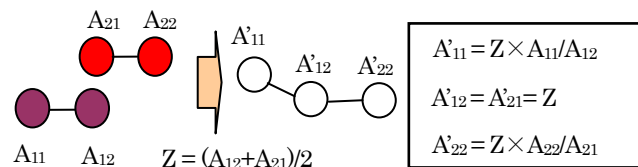


図5 モードの推定方法

5. 結果

推定した全体モードを図6に示す。1次の全体モードでは、値が最大となった計測点20における振幅比を基準として、他点の振幅比を補正した。2次モードでは、計測点25を基準として、同様の補正を行った。1次モードでは、橋脚を挟んだ計測点22-23間が逆位相かつ計測点20と25の振幅比が同程度となったため、図6(a)に示すモードが得られた。一方、2次モードでは、1次と同様の橋脚を挟んだ2点に加えて計測点20と21で逆位相となり、図6(b)に示すモードが得られた。なお、P1-A2間とはA1-P1間と比較して最大振幅比が約10倍となっており、大きな振幅で振動していることが確認できる。

各径間の3次元モードを図7に示す。両径間ともに1次の曲げ形状のモードであることが確認できる。橋軸直角方向(1-4-7方向)の振幅比がほぼ同程度であるため、ねじりは発生していないことが確認できる。

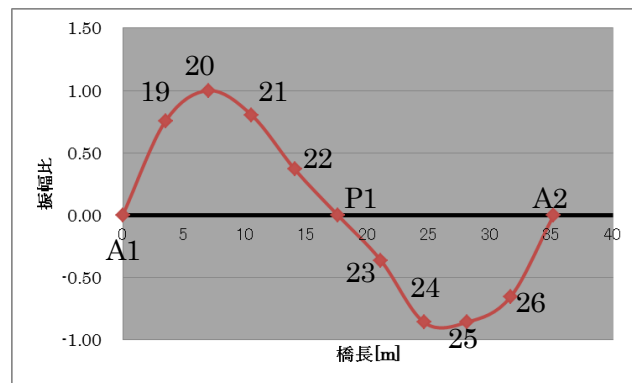
6. 結論

1次の全体モードは連続桁の一般的な曲げ1次モードと同様の形状となった。2次の全体モードにおける各径間の最大振幅比およびモード形状の違いについては、橋梁両端の拡幅部の幅員が影響していると考えられる。

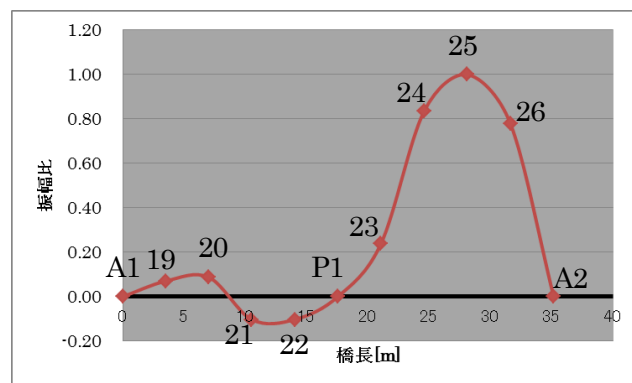
3次元のモード図については、各径間で1次の曲げ形状のモードを得ることができた。本計測では径間別に振動モードを算出したが、今後は計測点の設定方法を再検討し、橋梁全体の3次元モードの推定を行う予定である。この3次元モードを用いることによって、ねじりを含めた橋梁全体の振動状態を3次元的に確認できる。今回の結果から、LDVを用いた固有振動数および振動モードの推定は実橋梁に対して有効であることが確認できた。本計測は架設状況より、比較的好条件での計測であったが、今後は計測条件等が計測結果に与える影響を検討する。

【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

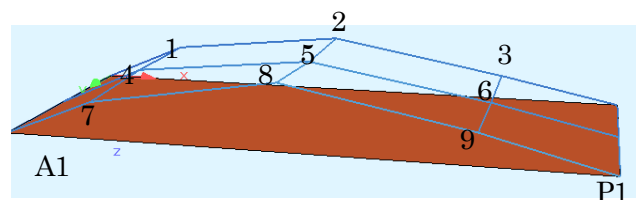


(a) 1次 (4.89Hz)

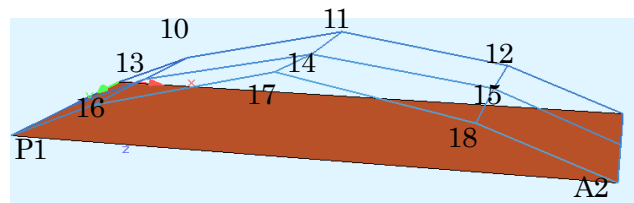


(b) 2次 (7.18Hz)

図6 全体モード



A1-P1 径間



P1-A2 径間

図7 3次元モード (1次: 4.86Hz)