

非接触振動計測を用いた既設橋梁の振動特性把握に関する研究

長崎大学大学院 学生会員 ○池田遼介 長崎大学 正会員 松田 浩

九州大学 正会員 佐川 康貴 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

1 序論

社会資本である橋梁等の土木構造物は、1970年代の高度経済成長期に数多く建設されており、一般に橋梁の寿命と言われている供用開始後 50 年を超える老朽化橋梁が今後急増することが予測される。

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を受けることで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。そのため、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、センサ等を直接構造物に設置する必要があるため、現場の環境条件によっては使用することが困難な場合がある。

そこで、本研究では非接触かつ長距離で振動計測が可能なレーザドップラ速度計（以下、LDV と略称）の実橋梁への適応可能性について検討した。

2 レーザドップラ速度計

LDV は対象物に照射されたレーザの反射光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。さらに検出された速度情報に 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、2 台の LDV を同期させて計測を行うことで、そのフーリエ振幅スペクトルの比および位相差から振動モードの推定が可能となる。図 1 に振動モード推定の概要を示す。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表す。計測点を重複させながら計測を行い、振幅比および位相差をもとに各重複点で計測結果を接続することで、対象物全体の振動モードを推定することができる。

実橋梁への適用に先立ち、鋼製の試験体を用いて LDV の精度照査を実施した。LDV のレーザ照射位置の近傍に加速度計を設置し、計測結果から算出される固有振動数および振動モードの比較を行った。また、LDV の設置位置を変更し、計測距離が計測精度に及ぼす影響を評価した。図 2 に測定に用いた鋼板試験体 ($t=4.5\text{mm}$) の形状および計測点を示す。LDV の計測点にはレーザの反射光量を確保するため、再帰性反射シールを貼付した。試験体両端部をコンクリート製の土台にボルトで固定し、中央部（計測点 B4）を加振して計測を行った。

固有振動数の計測結果を表-1 に示す。得られた固有振動数は、計測距離に関わらず加速度計による値とほぼ一致している。次に、振動モードの計測結果を図 3、図 4

に示す。図 3 より、LDV 計測結果から推定した振動モードは固有振動数と同様に計測距離に関係なく加速度計の結果とほぼ一致していることが確認できる。また、試験体全体の振動モードを示した図 4 においても、LDV の計測結果は加速度計の結果と極めて類似したモード形状を示している。以上の結果より、LDV を用いた振動計測から固有振動数、振動モードともに高精度に推定可能であることが確認できた。

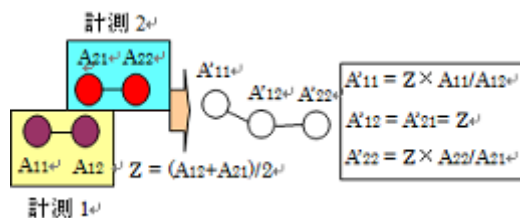
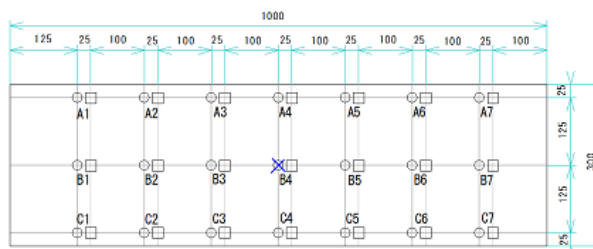


図1 振動モード推定方法



○ : LDV 照射点 □ : 加速度計貼付点 × : 加振点

図2 試験体概要

表-1 計測結果（固有振動数）

	計測距離	固有振動数(Hz)	加速度計(Hz)	誤差(%)
LDV(1次)	1m	22.63	22.63	0.00
	4m	22.71		-0.35
LDV(2次)	1m	54.74	54.79	0.09
	4m	54.93		-0.26

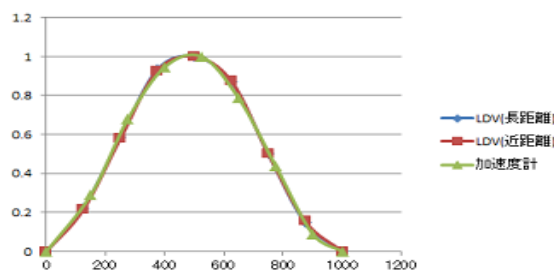


図3 2次元振動モード(A1-A7間)

キーワード：レーザドップラ速度計、固有振動数、振動モード、加速度計

住所：長崎県長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科総合工学専攻構造工学コース

電話、FAX：095-819-2590

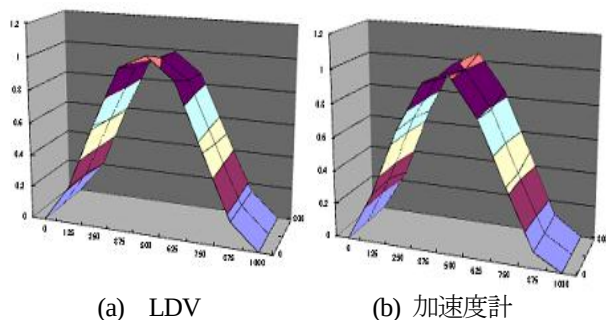


図4 3次元振動モード

3 既設橋梁振動計測

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。対象橋梁の側面図を図5に示す。LDV計測における計測点を図6に示す。計測点は橋梁全体の2次元振動モード推定を目的とした8点（a～h）、各径間の3次元振動モード推定を目的とした18点（各径間9点）である。3次元振動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。また、交通量の多い橋梁のため交通規制等は行わず、一般車両通行時のランダムな加振で計測を行った。

計測値より推定した2次元および3次元の振動モードをそれぞれ図7、図8に示す。計測値より推定した1次の3次元振動モードは、各径間で1次曲げのモード形状を示した。両径間において橋軸直角方向の振幅比から大きなねじれはみられなかった。あわせて、図7において橋脚P1を挟む2点が逆位相であることから3次元振動モードはねじれない1次曲げモード形状であることが推測される。

4 結論

精度照査から、LDVを用いた振動計測より固有振動数、振動モードともに高精度に推定可能であることが確認できた。このことから、今回の実橋梁を対象とした振動計測においては、振動モードを精度よく推定できたと考えられる。今回の結果より、実橋梁の固有振動数および振動モード推定へのLDVの有効性を確認できた。今後、架設条件等の異なる橋梁への適用事例を増やし、計測条件が結果に与える影響を明らかにするとともに、振動特性把握を目的としたLDVによる実橋梁計測システムの確立を目指す。

参考文献

- 1) 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状同定

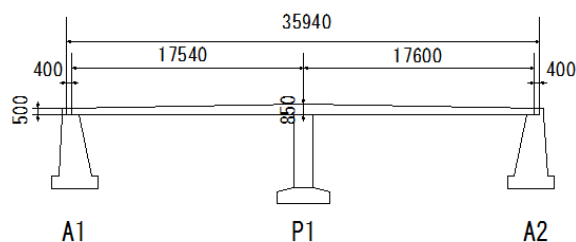


図5 橋梁概要

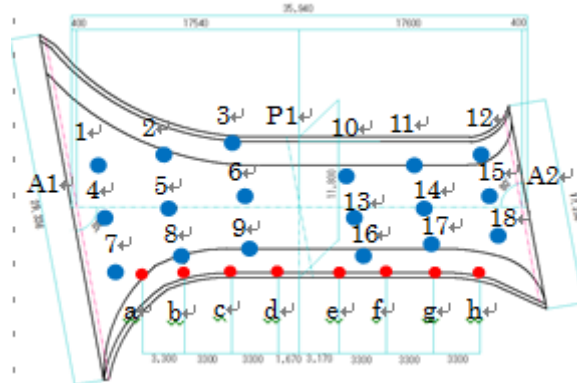
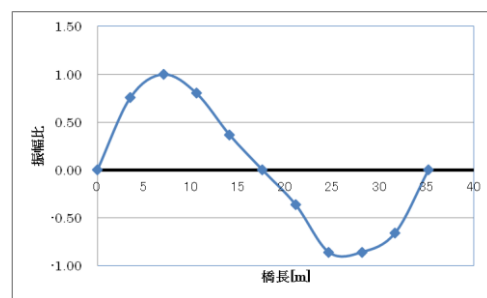
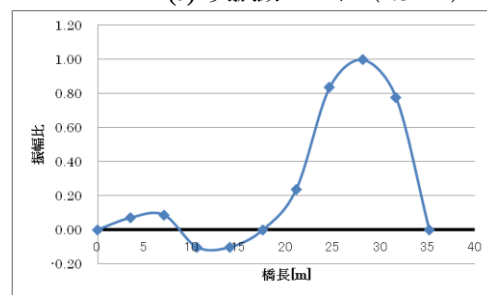


図6 計測点



(a)1次振動モード (4.87Hz)



(b)2次振動モード (6.67Hz)

図7 2次元振動モード(橋梁全体)

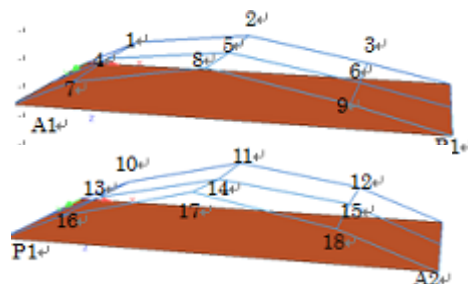


図8 3次元振動モード(各径間)