

## 遠隔非接触振動計測の測定手法及び実橋梁への適用に関する検討

長崎大学大学院 学生員 ○長島和輝

長崎大学 正会員 松田浩 森田千尋 出水享 高速道路総合技術研究所 正会員 岩吹啓史

### 1. はじめに

国内ではインフラ構造物が高度経済成長期に数多く建設され、高齢化した構造物が全体に占める割合は今後急増する。そのため、効率的かつ効果的に検査・補修補強を行う技術の開発が急務となっている。その中で我々は数年前から遠隔非接触振動計測が可能である LDV (レーザドップラ速度計) を用いた振動計測に関する研究を行っている<sup>2)</sup>。LDV 計測にはレーザ照射ターゲットとして再帰反射用シールを用いるが、設置が困難な場合がある。また、通常の計測時、一つのターゲットでは多方向の振動計測が困難である。そこで、上述する問題点を解決するために、レーザ照射ターゲット、測定手法、波形処理を用いた新しい振動計測の検討を行い、実橋梁への適用可能性を検討した。

### 2. 実橋梁概要

対象橋梁は、支間長約 35m、橋長 350m、幅員 10.5m の 10 径間連続非合成鋼 2 主桁橋であり、計測対象区間は S4PD10~Y1PD1 の 1 径間とした。橋梁平面図を図 1 に示す。振動モード算出を目的として、図 2 に示す a1~c3 まで計 9 点の計測点を床版に、d1~d4 まで計 4 点を横桁下フランジ下部に設定した。計測はサンプリング周波数 500Hz とし、一般車両のランダム加振状態で行った。

### 3. 計測結果

#### 3.1 振動モード算定

フーリエスペクトル図を図 3 に示す。全計測点で検出された卓越振動数を平均化すると、1 次が 3.2Hz、2 次が 11.8Hz であった。計測から得られた 3.2Hz、11.8Hz における a 列~c 列の固有振動モードと、それらを橋軸直角方向の振幅比で結合して得られた全体モードを図 4 に示す。図 4 には解析ソフト Marc を用いた解析結果 (1 次:3.18Hz, 2 次:11.79Hz) も併せて示す。解析結果と計測結果を比較するとモード形状が概ね一致していることが分かり、LDV を用いた振動モード算定の有効性が確認できた。

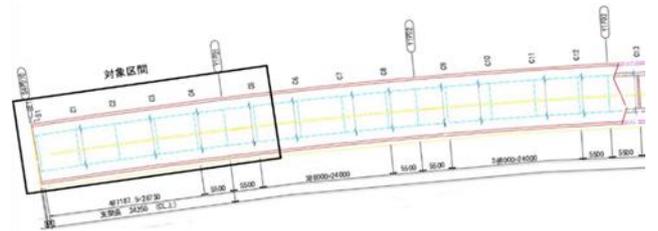


図 1 計測対象区間

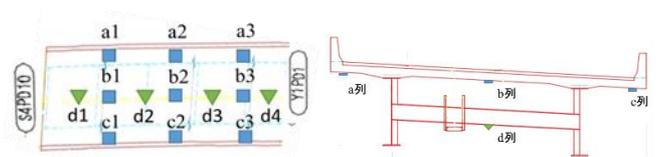


図 2 計測点概略 (左:平面図, 右:断面図)

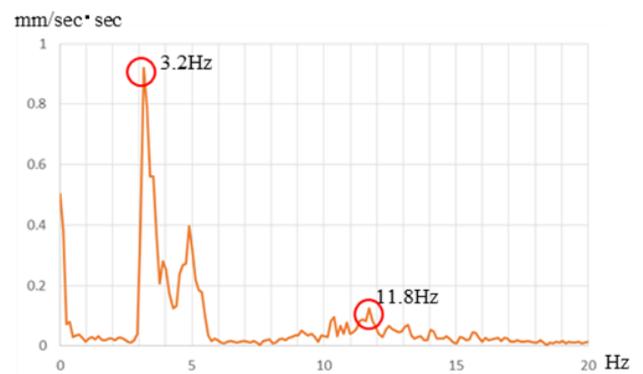


図 3 フーリエスペクトル図

	1 次モード (計測: 3.2Hz, 解析: 3.18z)	2 次モード (計測: 11.8Hz, 解析: 11.79Hz)
各列振動モード		
全体モード		
振動解析結果		

図 4 振動モード比較図

キーワード 振動計測, レーザドップラ速度計, 遠隔非接触, 橋梁, 照射ターゲット

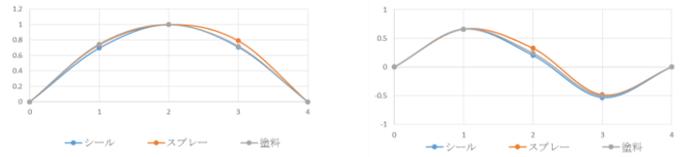
連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 TEL:095-819-2590

### 3.2 レーザ照射ターゲットの検討

次に、レーザ照射ターゲットが設置困難な箇所を計測する場合の検討を行った。今回はスプレーと塗料タイプ(写真1)を用い、一般的に使用されるシールタイプと比較を行った。固有振動数とb列の振動モード形状で比較を行い、固有振動数は全タイプとも3.2Hz、11.8Hzで検出された。各タイプの1次、2次モードを図5に示す。3.2Hzでの1次モード、11.8Hzの2次モード共にシールに近いモード形状が算定された。よって、スプレー・塗料タイプは1次、2次モード共にシールタイプと同様に計測可能であると考えられる。



写真1 レーザ照射ターゲット



1次モード:3.2Hz

2次モード:11.8Hz

図5 ターゲット別振動モード計測結果

### 3.3 二方向計測手法の検討

さらに、桁下からでは検出が困難な橋軸直角方向の振動が計測可能であるか検討した。反射ターゲットは写真2に示す立体ターゲットとして、計測にはLDVを2台使用し、同期計測を行った。図6に示すように、橋梁の垂直・水平の振動を立体ターゲットの垂直方向の波長変位として計測した。水平振動の場合、LDV1は反射したレーザ光の波長が入射光よりも長く検出され、LDV2は波長が短く検出される。これらの速度波形を減算すると水平振動の速度が算出されると推測した。波形処理方法を表1に示す。計測点は図2に示すd列4点とし、同点に比較のため加速度計も設置した。

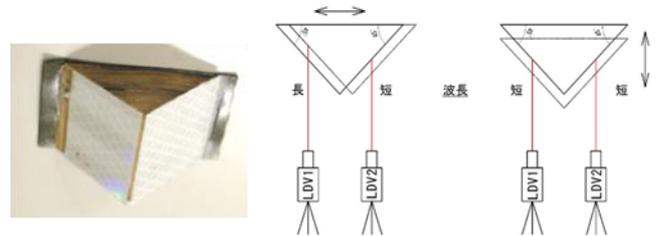


写真2 立体ターゲット

図6 測定手法

表1 波形処理方法

構造物 振動方向	波長		速度波形処理
	LDV1	LDV2	
橋軸直角方向	長	短	減算
橋軸鉛直方向	短	短	加算

加速度計とLDVのフーリエスペクトル図(図7)より卓越振動箇所は概ね一致しており、橋軸直角方向は3.4Hzで卓越が見られた。また、他の3点でも同様の結果が得られた。ここで、3次元モデルの解析結果で3.54Hzの桁部の振動モード図8に示す。同図は主桁・横桁のみを拡大表示させた3次元モデルの平面図である。解析結果からは3.54Hzで橋軸直角方向の振動モードが確認でき、計測結果の3.4Hzと近い値となった。

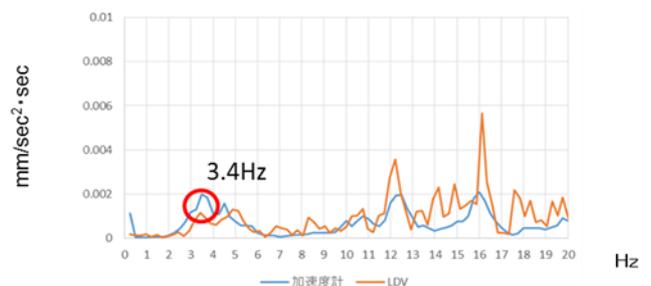


図7 フーリエスペクトル図(橋軸直角方向)

### 4. まとめ

- ・計測結果と解析の整合性が取れ、振動モード算定におけるLDVの有効性が確認できた。
- ・スプレー・塗料は1次・2次モード共にシールタイプと同様に計測可能であると考えられる。
- ・桁下から橋軸直角方向の固有振動数が検出できたが、計測方法には更なる検討が必要である。

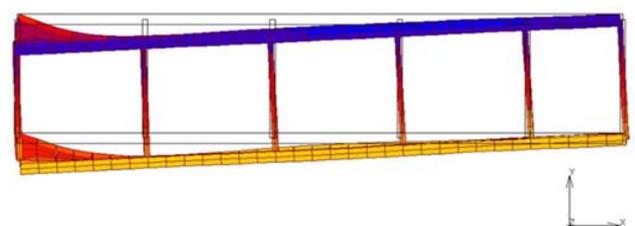


図8 主桁・横桁振動解析結果(3.54Hz)

### 5. 謝辞

本論文を作成するにあたり、本田航氏には計測や解析の協力や適切な助言を頂きましたことをここに感謝の意を示し、厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 上半文昭：構造物診断用非接触振動測定システム「Uドップラー」の開発，鉄道総研報告，第21巻，第12号，pp.17-22，2007.12.
- 2) 牧野高平，松田浩，森田千尋，一宮一夫：レーザドップラ速度計を用いた振動計測による実橋梁の構造同定