

## 不可視レーザー光を用いた新しいLDVによる斜張橋ケーブルの振動計測 —幸魂大橋での計測事例—

長岡技術科学大学 正会員 ○宮下剛 同左 学生会員 稲葉将吾  
大日本コンサルタント 正会員 吉岡勉 田代大樹  
ポリテックジャパン 羽倉守人  
東京大学 正会員 長山智則

### 1. はじめに

斜張橋ケーブルの張力計測は、有線加速度計を利用した振動法<sup>1)</sup>により実施されている。ここでは、加速度計をケーブルに固定する必要があるため、ケーブル本数が多くなると、多大な手間を要する。そこで、レーザードップラー速度計(LDV)によりケーブルの振動を非接触かつ効率的に計測することが試みられている<sup>2),3)</sup>。

本研究では、新たに開発されたLDV(図1)の評価を目的とし、幸魂大橋のケーブルの振動計測を実施した。

このLDVは、従来のLDVと比較して、レーザー光源の波長が赤外光よりも長く、不可視光で長距離計測を実現する点に特徴がある。スペックは、最大計測距離が150m、計測レンジが0.4mm/s/V~100mm/s/V\*、周波数帯域がDC~5kHz\*である(\*プロトタイプ仕様のため変更される可能性があります)。レーザーの安全基準はクラス1であり、屋外計測にも問題はない。また、従来のLDVとは異なり、計測対象の表面が黒色となる場合でも、反射テープの貼付など特別な表面処理を必要とせず計測することが可能である。この理由として、レーザー出力の増加、レンズ口径の増大、レーザー波長が長くなったことによる物質反射率の増大などが挙げられる。ただし、レーザー光を肉眼で直接確認できないため、焦点合わせは、ヘッドに内蔵されたカメラによりPC上で行う(図2)。

### 2. 対象橋梁

幸魂大橋は、支間長190mでマルチファン型一面吊りの2径間連続鋼斜張橋である(図3)。東京外環自動車道と国道298号が一体構造となる斜張橋が、内回りと外回りで2橋並列されている<sup>4)</sup>。

### 3. 計測概要

計測日時は、2010年9月14日の10時から12時である。天候は晴れ、気温は約30度であった。計測対象としたケーブルは、図4に示すように、外回り線のT1~T7およびW1~W7である。各位置に2本のケーブルが並列しているため、計測対象の総数は28本である。ケ



図1 不可視レーザー光を用いたLDV

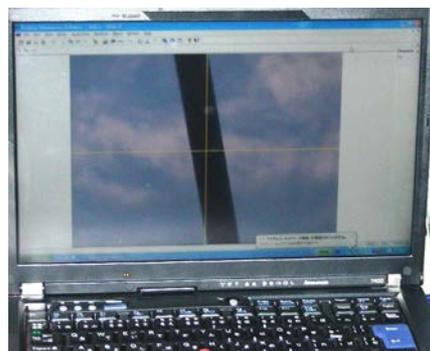


図2 レーザー光の焦点合わせ



図3 対象橋梁(幸魂大橋)

ーブルの表面色は黒で、ディンプルなどはない。LDVの設置位置は、主塔付近(P12)の外回り線の歩道である。

本研究で使用したLDVのレーザーは不可視光であることから、赤色光のHe-Neレーザーを使用した従来のLDVとは異なり、車道を跨いだ計測が可能である。また、ケーブル表面に反射テープは貼付していない。ここでは、LDVによる振動計測と合わせて、検証用に、有線加速度計による計測も実施した。計測は自由交通流下で実施し、加速度計の計測では、さらに人手によ

キーワード：レーザー、橋梁、ケーブル、張力、振動、計測

連絡先：〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 長岡技術科学大学 TEL 0258-47-9641

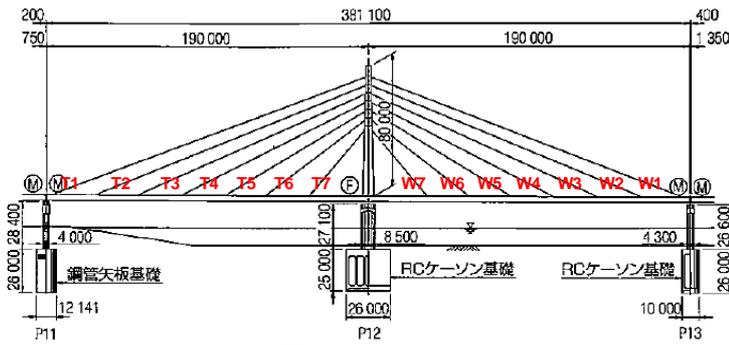


図4 計測対象ケーブル

表1 同定された固有振動数

ケーブル名称	固有振動数 (Hz)					
	理論値		実測値 (LDV)		実測値 (有線加速度計)	
	1次	2次	1次	2次	1次	2次
W1a	0.55	1.10	0.54	1.05	-	1.02
W2a	0.68	1.36	0.63	1.25	-	1.26
W3a	0.78	1.56	0.75	1.45	-	1.44
W4a	0.92	1.85	0.87	1.75	0.86	1.71
W5a	1.15	2.30	1.07	2.36	1.07	2.13
W6a	1.50	2.99	1.32	2.55	1.25	2.55
W7a	2.26	4.52	2.04	4.42	1.94	-
T7a	2.25	4.49	2.05	4.38	1.91	-
T6a	1.49	2.98	1.36	-	1.37	2.74
T5a	1.14	2.29	1.03	2.13	1.02	2.05
T4a	0.92	1.84	0.85	1.72	0.84	1.68
T3a	0.78	1.55	0.75	1.46	0.74	1.45
T2a	0.68	1.35	0.64	1.27	-	1.27
T1a	0.55	1.09	0.56	1.05	-	1.05

る加振を加えた。振動計測のサンプリング周波数は200Hzとした。LDVの計測レンジは10mm/s/Vである。

4. 計測結果

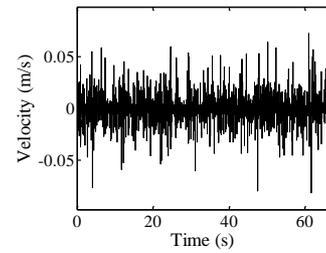
表1に、同定された固有振動数を示す。理論値は、ケーブルの曲げ剛性ならびにサグの影響を考慮して算出した。実測値は、面外方向の振動データの周波数解析から同定した結果である。

加速度計の応答周波数は0.4~2000Hzであることから、1次の固有振動数が同定されにくいのに対して、LDVの周波数特性は低周波数領域からフラットであるため、1次の固有振動数が同定されやすい。実測値と理論値との差異は、温度ならびに車両通行による影響と考えられるが、LDVと加速度計間の差異は小さい。よって、LDVによる計測に問題は無いと言える。

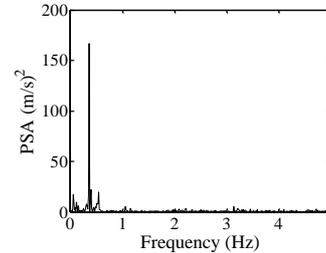
図5に、計測結果の一例を示す。計測距離が長くなるとスペックルノイズが目立つようになるが、固有振動数の同定に対しては問題が無い。

5. まとめ

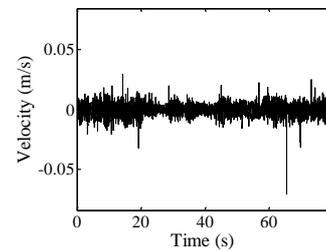
本研究では、不可視レーザー光を用いた新たなLDVの評価を目的として、幸魂大橋ケーブルの振動計測を



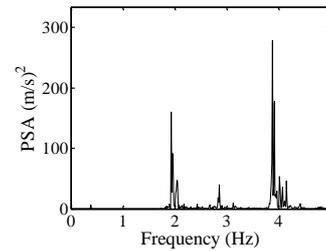
(a) 時刻歴波形(W1a, 計測距離：約100m)



(b) パワースペクトル(W1a)



(c) 時刻歴波形(W7a, 計測距離：約30m)



(d) パワースペクトル(W7a)

図5 計測結果の一例

実施した。その結果、計測表面が黒色で、かつ計測距離が約100mとなる場合でも、ケーブル表面に特別な表面処理を施さなくても計測できることが確認された。以上より、本LDVは従来のLDVと比較して非接触で長距離振動計測を効率的に実現するデバイスと言える。  
謝辞

本計測は、関東地方整備局・北首都国道事務所のご厚意により実施することができました、ここに記してお礼を申し上げます。また、本研究は、鋼技術研究会・最新センシング技術の適用に関する検討部会の一環として実施しました。

参考文献

1) 新家ら：振動法によるケーブル張力の实用算定式について、土木学会論文報告集，第294号，pp.25-32，1980。 2) 久保田ら：レーザードップラー速度計とトータルステーションを用いた超遠隔自動振動計測システムの構築，第62回土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.62，pp.683-684，2007。 3) 玉田ら：健全度評価のための斜張橋ケーブルの振動計測，第65回土木学会年次学術講演会講演概要集，CD-ROM，2010。 4) 川平ら：幸魂大橋(2径間連続鋼斜張橋)の耐震補強設計，pp.13-20，橋梁と基礎，2010.6。