

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

(株) 計測リサーチコンサルタント 正会員 ○久保田慶太
 東京大学大学院 学生会員 Jaime Hernandez Jr.
 (株) 計測リサーチコンサルタント 正会員 宮本則幸

長岡技術科学大学 助手 正会員 宮下 剛
 東京大学大学院 教授 フェロー 藤野陽三
 本州四国連絡高速道路株式会社 末廣弘靖

1. はじめに

吊形式橋梁などにおける振動計測の大幅な効率化と安全性を向上させるために、超遠隔的にケーブル・塔・桁の振動を多点連続的かつ継続的に計測することでき、長大橋全体を一括してモニタリングする計測システムを開発する。そのためにレーザードップラー速度計(以下 LDV)とトータルステーション(以下 TS)を組み合わせたシステムを用いる。加速度計を用いた従来の方法に比べ、ケーブル配線作業や計測関連機器を複数現場に設置する必要がなく、迅速な計測作業が可能である。また、危険作業も回避されるため作業に格段の向上が達成される。



図-1 LDV と TS を組み合わせた計測システムの概要

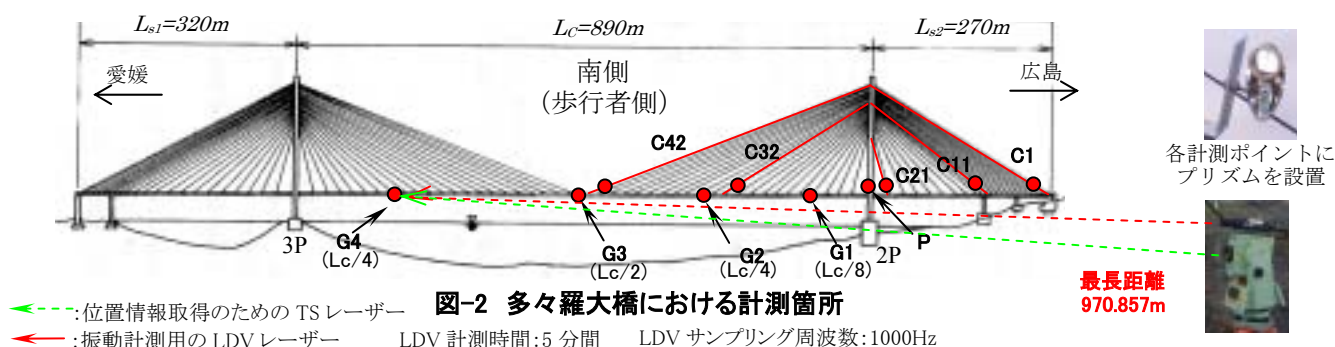
2. システムの概要と特徴

従来の LDV による計測上の問題点としては、(1)計測システムが煩雑、(2) 長距離計測において計測点の位置確認が困難 (3)計測システムが高価 (4)計測範囲が -20 度 $\sim+20$ 度に限られることなどが挙げられる。しかし、本システムは TS を活用することにより遠距離にある計測点のレーザーの照射状況を視準し確認することが出来る上、位置情報を 3 次元座標値で記憶させることができる。また、TS に備わっている駆動モーターにより -90 度 $\sim+90$ 度の広範囲を自動追尾機能により、長大橋などにおける数多くの部材を自動的かつ連続的に一括してモニタリングすることが可能となる。加えて LDV と TS をノートパソコン一台のみで制御できるため、従来型の計測装置に比べ計測機器自体が非常にコンパクトであり、設置が簡易である(図-1)。機器の設置作業の簡易化は、計測業務に関する作業負担軽減や人為的ミスを減少させることに繋がる。

3. 多々羅大橋における計測実験

本システムの有効性を確認するために、多々羅大橋のケーブル・桁・塔 10 箇所を遠隔的に常時微動により連続計測する計測実験を行なった(図-2)。まず、事前に各計測箇所にはプリズムを設置する。次いで、各計測ポイントを TS で視準し、位置情報を記憶させ最も遠方にある計測点の反射レベルが最大になるように LDV レーザー光の焦点を調整する。その後、位置情報に基づき自動計測を連続的に繰り返す。なお、プリズムを用いることでレーザーの照射距離を格段に向上できることがこれまでの実験で確認されている。計測は午後 15 時より開始し翌朝 9 時までに各計測点を 12 回繰り返し計測した。最長計測距離は約 970m である。

本システムで計測された代表値として C42、G4 の 1 回目、7 回目、12 回目の固有振動数を図-3、図-4 に示す。計測された固有振動数が低次から高次までほぼ一致していることがわかる。次いで、式(1)を用いて各計測箇所における固



キーワード レーザードップラー速度計, トータルステーション, 固有振動数, 非接触計測, 連続計測

連絡先 〒732-0029 広島市東区福田 1 丁目 665-1 (株) 計測リサーチコンサルタント (TEL) 082-899-5472 (直)

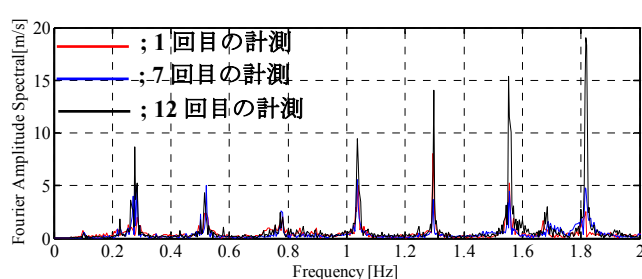


図-3 C42の固有振動数(計測距離;725.841m)

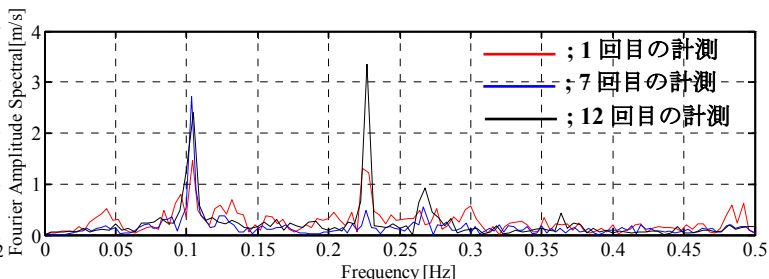


図-4 G4の固有振動数(計測距離;970.857m)

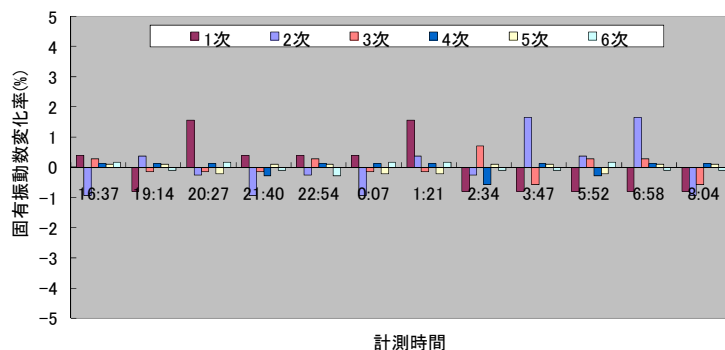


図-5 C42の固有振動数変化率

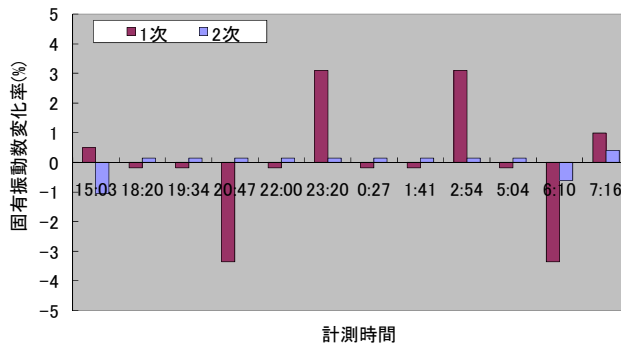


図-6 G4の固有振動数変化率



図-7 鋼板を用いた長距離計測実験の概要

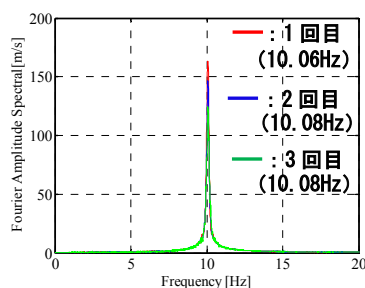


図-8 約2km先からLDVにより計測された鋼板の固有振動数

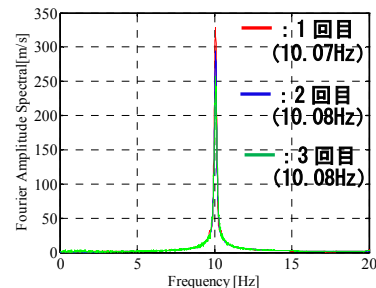


図-9 サーボ型速度計により計測した鋼板の固有振動数

$$\frac{F_i - F_{ave}}{F_{ave}} \times 100 = F(\%) \quad (1)$$

F_i : 計測された固有振動数 F_{ave} : 各計測点において計測された固有振動数の平均値 F_c : 固有振動数の変化率

有振動数の変化率を算出した。図-5、図-6より固有振動数が約4%程度の変化率で計測されていることがわかる。これらの変化率は他の計測箇所においてもほぼ同様であった。多々羅大橋は供用中の長大橋であり、気象の変化に伴う影響や風及び交通荷重によって、常時微動により計測される固有振動数が変化する。これらの変化率は外的要因に起因するものであると考えられる。

4. 鋼板を用いた長距離計測実験

本システムによりどの程度の距離まで遠隔的な振動計測が可能かを検証するために、約2km遠方にある鋼板を用いて長距離計測実験を実施した(図-7)。鋼板表面の中心にはプリズムを設置している。計測はLDVとサーボ型速度計によりほぼ同時に行なった。図-8、図-9より約2km遠方からLDVにより計測した固有振動数と、鋼板に設置したサーボ型速度計の固有振動数が一致しており、再現性も高いことがわかる。

5. まとめ

多々羅大橋の各部材における計測結果より、低次から高次までの固有振動数を超遠隔的かつ自動的に連続計測できることを確認した。その際の固有振動数の変化率は約4%程度であった。また、鋼板を用いた長距離計測実験より、約2km遠方にある固有振動数を超遠隔的に計測できることを確認した。以上の結果から、本システムは長大橋における数多くの部材の固有振動数を超遠隔的に自動計測するための可動性と計測精度を兼ね備えているものと考えられる。

謝辞: 本研究は平成17年度(財)先端建設技術センター研究開発助成により遂行しました。ここに記して謝意を表します。