

簡易な振動計測による自治体管理橋梁の性能評価に向けた検討

清水建設 正会員 ○岩城英朗・稲田裕 諫早市 松竹由樹
長崎大学 正会員 松田浩・森田千尋

1. はじめに

近年、地方自治体の管理する橋梁等のインフラ施設の老朽化の問題が顕在化している。今後、多くの市町村では人口減に伴い予算と管理者がともに不足していくため、点検の信頼性の確保と効率化の両立が課題となる。専門家であっても短い時間で計測を行うことができる簡易な点検法があれば、目視点検の支援や劣化の定量的評価に有効であると考えられる。振動計測はこのような構造物の性能評価に一般的に用いられているが、個々の構造物の劣化の判定は固有振動数のみの評価では難しく、多点の詳細な同期計測によるモード解析が必要となる。一方、多くの橋梁の特性を比較し、グループ化を行うような目的では、固有振動数を把握し、橋梁の諸元や点検結果との関係を整理しておくことは重要と考えられる。そこで、現在著者らが取り組んでいる諫早市をモデルとする公共施設の総合管理計画の検討の中で、橋梁の簡易な劣化評価の手法としてレーザードップラ速度計（以下 LDV）と固有振動数計を取り上げ、実橋梁での計測を実施した。本報では、得られた主な結果と維持管理への適用性の考察を行った結果を示す。

2. 計測手法と調査対象橋梁

LDVは振動する物体の速度をレーザー光により計測する光学的機器であり、非接触かつ長距離計測が可能で、設置・撤去が容易な特徴を持つ。一方、固有振動数計（共和電業、SMT100-A）は、MEMSの加速度計に固有振動数の演算処理機能を付与したスマートセンサで、センサ本体をPCにUSB接続するだけで簡単に固有振動数の計測ができる。長期の固有振動数変化の自動計算、収録を目的としたシステムであるが、今回は加速度波形を観察することにより橋梁の振動特性評価への適用性を検討する。

表 1 調査対象橋梁

地区	橋梁名	橋種	供用年(年)	橋長(m)	径間数	LDV	固有振動数計
諫早	A	鋼桁	54.8	15.0	1	○	○
	B	鋼桁	30.0	17.5	1	○	○
	C	RC	53.8	19.0	2	○	
江東区	D	鋼トラス	21.8	32.0	1		○
	E	鋼桁	17.8	22.2	1		○
	F	鋼桁	23.8	25.9	3		○
	G	鋼桁	40.7	46.3	3		○
	H	鋼アーチ	30.1	39.0	1		○

調査の対象とする橋梁は、諫早市が管理する橋長 15m 以上の橋梁の中から、桁下からの計測が可能な小規模橋梁として表 1 の 3 橋を選んだ。また固有振動数計については、地域や使用環境の影響評価のため江東区でも計測を実施した。

3. 計測結果

諫早市の橋梁では、交通量も少ないため、橋面上をハンマーで打撃する衝撃加振を行った。LDV は橋梁下の河床上に設置し、桁中央部にターゲットを貼付して計測した。一方、固有振動計は橋面上の車道路肩中央部に両面テープで固定した。打撃は 8 回行い、各打撃時の波形から FFT により得られた結果を重ね合わせて、平均化したフーリエスペクトルを算定した。LDV の上下方向の計測速度波形を図 1 に、LDV と固有振動数計により得られたフーリエ振幅を図 2 に示す。二つの手法により得られた振動特性は良く一致し

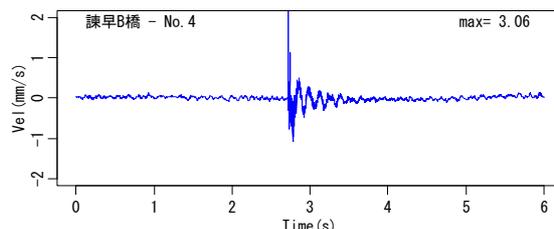


図 1 LDV による加速度波形

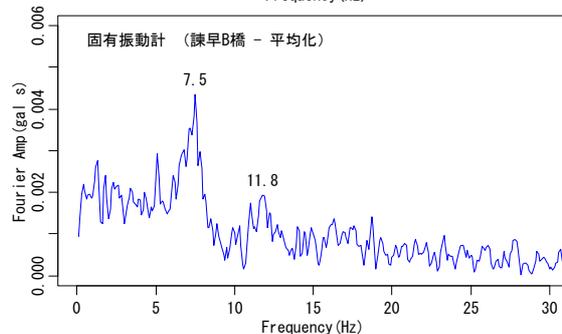
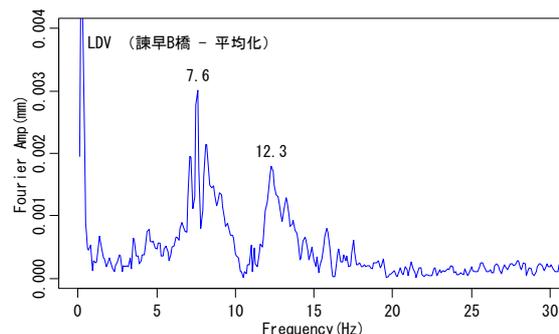


図 2 二つの手法による周波数特性の比較

キーワード 橋梁, 維持管理, 構造モニタリング, 振動計測
連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設 (株) 技術研究所 Tel 03-3820-6512

ており、7.5Hz と 12Hz 付近にピークが見られる。振動モードの判定は困難であるが、橋軸方向の 1 次の振動モードが約 7.5Hz、ねじれや直交方向の振動の影響があるモードが 12Hz 付近にあることが推測できる。結果は省略するが、型式も橋長も類似する A 橋梁においても、7.5Hz と 10Hz 付近にピークがある振動性状が導かれた。仕様や環境条件が類似した橋の場合は、固有振動数にも大きな差は見られず、振動特性も近い傾向を持つことが確認できた。

次に、RC 橋である C 橋について上と同様に求めたフーリエスペクトルを図 3 に示す。図 2 と異なり振動特性はやや明確ではなく、15.4Hz のピーク振動数のみ判定可能である。10Hz 付近にもピークは見られる場合もあったが、詳細な評価には加振・計測方法の改良が必要である。また、鋼橋と比べて RC 橋や PC 橋の場合、ここで採用した簡易な振動計測手法の適用が難しい場合があることが分かった。

最後に、江東区の橋梁について固有振動数計を用いて行った計測結果を示す。江東区の橋梁は交通量が多く、衝撃加振は困難であったため、90 秒間の計測を行い、図 4 に示すような車両通行時の波形について周波数解析を行った。得られたフーリエ振幅を図 4 の下に示す。対象橋梁は諫早 A,B 橋と同じ鋼桁で、橋長も同程度であるが、1 次固有振動数は図 3 と比べて 4Hz と低い。その理由としては、設計条件や地盤等の環境、使用条件に差があることが考えられる。

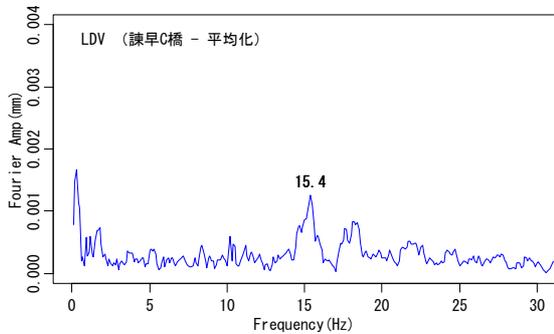


図 3 RC 橋の LDV による計測結果

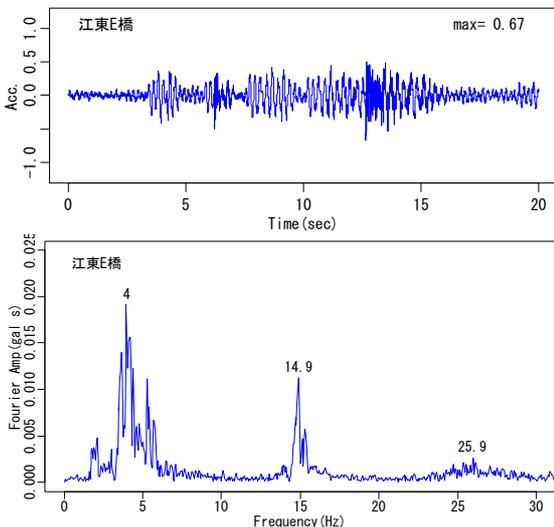


図 4 江東区の橋梁の計測結果

振動計測によりこのような地域や環境条件による特性の違いを予め把握しておくことは、維持管理の上で有効である。

4. 橋梁間の振動特性の比較

各橋梁の径間長、供用年数と得られた固有振動数の関係を各々図 5 と 6 に示す。径間長で整理した結果については、地域と型式が同じ橋梁は近くに位置しており、特性の近い橋梁のグループ化の可能性もある。多くのデータが整理できれば、同型式のグループからの外れ等で変状の可能性を判定することができる。一方、供用年については、この結果では有意な関連性は見られない。今後、多くの橋梁について諸元と振動特性の関係を整理し、橋梁種別や地域特性でのグループ分けができれば、点検時のスクリーニングや長期変動の観察等、維持管理の上で有効な情報が得られると考えられる。

5. おわりに

地方自治体の橋梁点検を支援する簡易な振動計測法として LDV と固有振動数計を取り上げ、限られた橋梁での検討であるが、実橋梁の計測により維持管理への適用性に関する検討を行った。これらの手法は管理者が点検時に携帯し、簡単に計測ができるため、多くの橋梁での計測、また点検毎の時間変化の観察が期待できる。今後はデータの蓄積を進めるとともに、変数間や健全度との関連性の分析によって、劣化や変状の評価手法の構築へと展開を図っていく。

なお固有振動数計の計測・評価では、共和電業の支援と協力を賜りました。ここに謝意を表します。

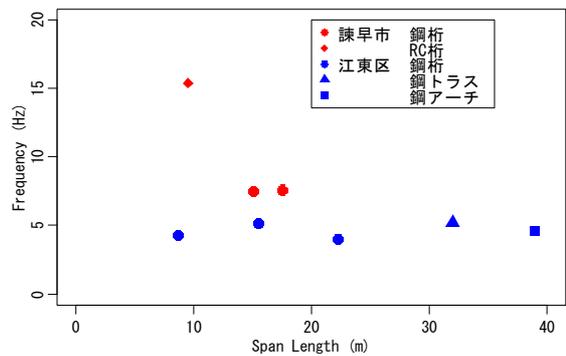


図 5 径間長と固有振動数の関係

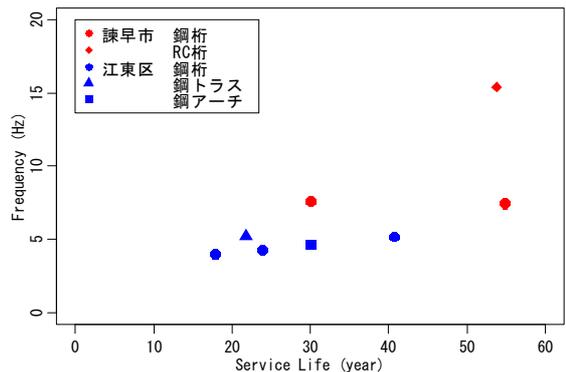


図 6 供用年数と固有振動数の関係