

遠隔非接触振動計測装置を用いた RC 床版の劣化検知に関する研究

長崎大学大学院工学研究科 正会員 ○出水 享, 松田 浩
 西日本高速道路エンジニアリング九州(株) 正会員 藤岡 靖, 大石 義成
 (株) 計測リサーチコンサルタント 正会員 高橋 洋一

1. 序 論

遠隔非接触計測が可能なレーザドップラー速度計(LDV)は簡易に振動特性や動的変位を計測することが可能である。そのため、インフラ構造物の効率的・効果的な調査に適用が期待されている。LDVをインフラ構造物に適用するにあたって、次の成果が確認されている。①接触式加速計・速度計と同等の計測精度が得られる。②固有振動数計測において、レーザ光の照射角度・計測環境の照度・計測距離の違いが計測値に与える影響は少ない。③二台のLDVによる同期計測を行うことで低次モード形を把握することができる。

本研究は、LDVを実橋梁のRC床版に適用し、振動特性の相対的相違から劣化部の検知を可能とする効率的・効果的な調査法の開発を試みるものである。

2. 実橋梁計測

対象橋梁は、熊本県内にある連続鋼プレートガーダー橋(橋長 535m, 有効幅員 10m, 4主桁)である。橋梁下面を写真1に示す。本橋梁は、既往調査から増厚床版と既設RC床版の界面に剥離が確認されている。ここでは、剥離があり構造物として一体性を欠くと判断される箇所を劣化部、剥離がなく一体性があると判断される箇所を健全部とする。既往の打音調査による劣化部の推定位置を図1に示す。

今回、LDVによる振動計測によりRC床版の劣化部検知を試みた。劣化部は樹脂注入により床版を一体化させる補修工事を行うことから、補修効果の確認もあわせて行った。RC床版の振動は、それを支持する主桁の影響が大きい。そのため、主桁の振動の影響を考慮して、2台のLDVを用いてRC床版と隣り合う主桁を同期させて計測を行った。RC床版下面に二方向ひび割れが確認されている箇所(A12~15)は劣化部の参考測定対象とした。

計測状況と計測箇所を写真2と図2にそれぞれ示す。LDVを計測箇所の直下に設置しレーザ光と計測面がほぼ垂直になるように計測を行った。なお、計測距離は約4mである。高精度に計測するため計測箇所に再帰性反射シールを貼付し、レーザ光を照射し計測を行った。なお、サンプリング周波数は1000Hzとした。

計測によって得られる振動速度波形を図3に示す。データ解析は図中の赤丸で示す大型車両が通過したと思われる約8秒間の範囲のデータ8000個を用いて行った。



写真1 橋梁下面

写真2 計測状況

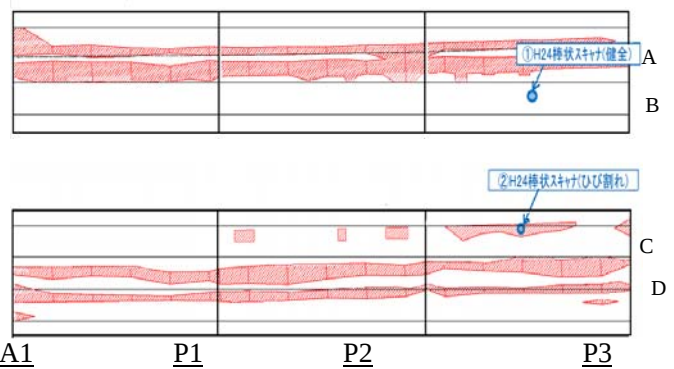


図1 劣化部推定位置

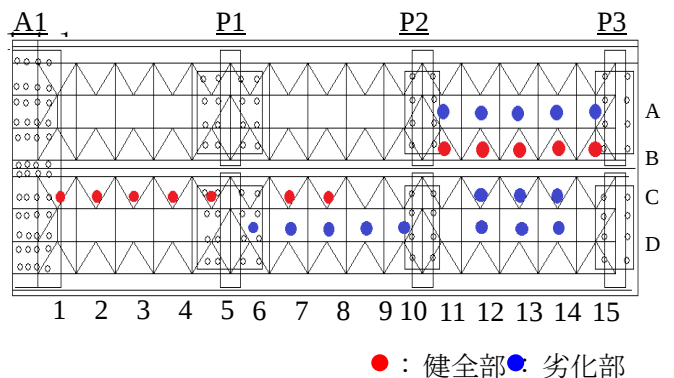


図2 計測箇所

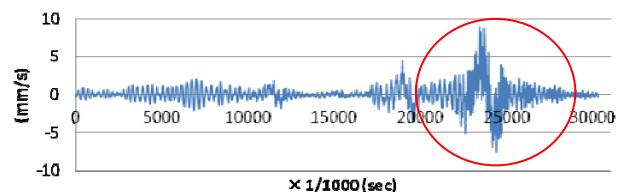


図3 振動速度波形(床版 A13)

キーワード：レーザドップラー速度計、非接触振動計測、橋梁、床版、異常検知

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 電話、FAX：095-819-2593

3. 計測結果

3.1 解析方法

RC 床版の異常振動応答を検知することを目的に、主桁の振動速度を加振入力、RC 床版の振動速度を応答出力とした、系の入力と出力の比である伝達関数 $G(\omega)$ で評価を行った。床版と主桁が同じ振動、つまり床版が健全な場合には伝達関数が小さくなる。一方、床版に異常がある場合は大きくなる。

$$G(\omega) = \frac{\overline{F(\omega)}X(\omega)}{\overline{F(\omega)}F(\omega)} = \frac{W_{fx}(\omega)}{W_{ff}(\omega)}$$

なお、 $F(\omega)$: 入力のフリースペクトル、 $\overline{F(\omega)}$: $F(\omega)$ の共役複素数、 $X(\omega)$: 出力のフーリエスペクトル、 $W_{ff}(\omega)$: 入力 $f(t)$ のパワースペクトル、 $W_{fx}(\omega)$: 入力と出力間のクロススペクトルである。

3.2 解析結果

補修前の代表的な健全部(C7)と劣化部(D7)の伝達関数を図4と図5にそれぞれ示す。健全部では全周波数領域で小さい値を示しており、床版と主桁は同じ振動をしていることが分かる。一方、劣化部では図中の赤丸で示す 30Hz 付近において大きなピークが確認され、主桁とは異なる振動が生じていることが分かる。この変化を劣化部特有の振動特性と仮定する。

仮定条件を検証するため、補修前後の劣化部の振動特性の変化を伝達関数で評価した。(D7)における補修前後の伝達関数を図6に示す。補修前のピークは消失・減少し、健全部に近似した振動特性に変化していることが確認できた。

支承部付近(A15)の伝達関数を図7に示す。補修後は健全部の振動特性に近づいていることが確認された。支間中央部(A13)と(C13)の伝達関数を図8と図9にそれぞれ示す。(A13)の補修後は健全部の振動特性に近似しているが、(C13)は補修前後で変化が確認されなかった。

劣化部の全計測点 16 箇所のうち、C12~14、D8~9、D14 の 6 箇所は補修前後で顕著な変化がなく、補修後も劣化部と同様の傾向が確認された。変化が確認された位置は支承部付近に集中しているが、その原因については今後の課題としたい。

4. 結 論

2 台の LDV を用いた同期計測を行い、2 つの計測データから伝達関数を算出することで床版の劣化部を検知することができた。なお、床版補修では注入量が小さく顕著な差を捉えることが困難な箇所が見受けられたが、一部については補修効果を確認することができた。今後、劣化度合いによる検証を行うことで、精度検証を図る。

参考文献

1) 牧野高平, 松田浩, 森田千尋, 一宮一夫: レーザードップラー速度計を用いた振動計測による実橋梁の構造同定, 実験力学 Vol.11, No.3, pp.201-208, 平成 23 年 9 月

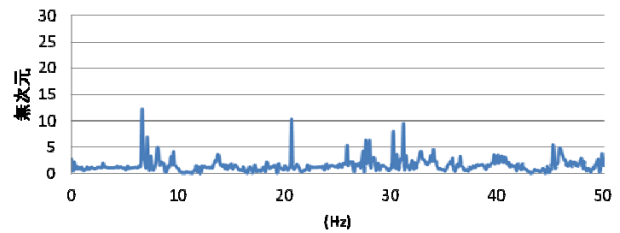


図4 補修前 健全部 伝達関数 (C7)

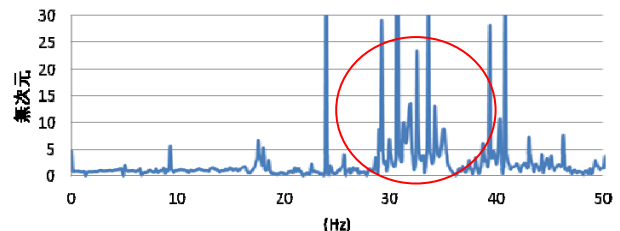


図5 補修前 劣化部 伝達関数 (D7)

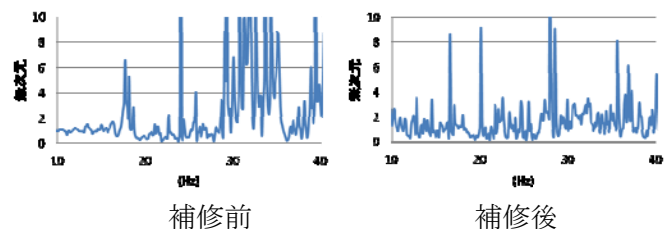


図6 伝達関数 (D7)

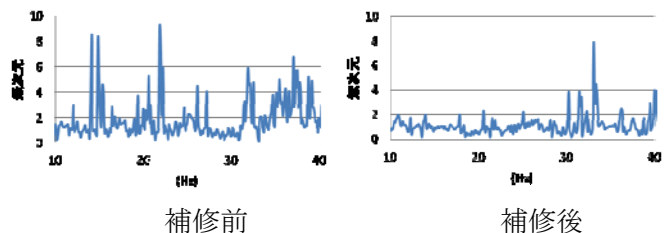


図7 伝達関数 (A15)

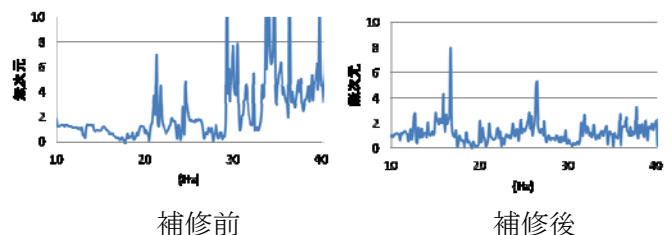


図8 伝達関数 (A13)

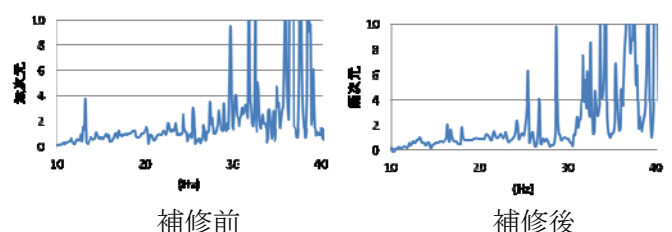


図9 伝達関数 (C13)

謝辞

計測ならびにデータ整理に学生の杉山君, 山口君に協力していただきました。ここに感謝の意を表する。