

レーザー常時微動計測に基づく RC 床版の振動モード形の同定

東京大学大学院 正会員 貝戸清之 正会員 阿部雅人 フェロー 藤野陽三
日本道路公団試験研究所 正会員 本村均 正会員 金子謙一郎

1. はじめに

構造物に対する維持管理の合理化を図る一手法として、動特性の変化から損傷位置・大きさを推定する損傷同定手法が着目されている。指標となる動特性のなかでも、とくに振動モード形は、空間情報を把握することができるために、局所的な初期損傷の検出に対しても非常に有効である。しかし、実構造物における振動モード形の同定には、危険な高所でのセンサー設置作業の増加、不確定で微小振幅な常時微動の計測など、様々な制約のもとで高精度な振動計測が強いられることになり、多大な困難を伴う。そこで、本研究では非接触多点計測が可能なレーザードップラ速度計を用いた振動計測システムを構築し、常時微動計測に対する実用性と信頼性の向上を図るとともに、その振動計測結果に基づいた振動モード形の同定手法を提案する。

2. 対象橋梁および実験概要

対象とした橋梁は、4 主桁、RC 床版を有する高架橋である。振動計測は、局所的な損傷検出を最終目的とすることから一部材について詳細に行うこととし、RC 床版半パネル（図 1 中枠囲み）を対象とした。ちなみに、RC 床版は、コンクリート厚 17[cm]で、7.5[cm]のアスファルト舗装がなされている。また、床版の表面状態は良好で、健全なものと判断された。

レーザードップラ速度計¹⁾は、14[m]離れた地上に設置し、計測点数を橋軸方向 9 点、橋軸直角方向 5 点、合計 45 点とした。計測点の移動は、センサー前方に設置した 2 枚の反射鏡を自動制御することで行った。また、基準点計測用のレーザードップラ速度計を新たに 1 台追加し、走行荷重のような非定常入力下においても振動モード形の同定が可能となるようにした。1 点あたりの計測条件は、サンプリング周波数 2048[Hz]、サンプリング個数 4096 と設定し、入力は供用中の走行荷重による常時微動を用いた。

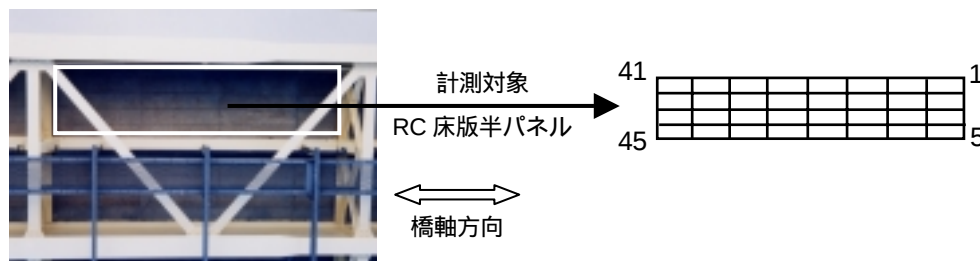


図 1. RC 床版および振動計測点

3. コンクリート部材の振動計測と振動モード形の同定手法

従来のレーザー計測では、戻り光量不足から生ずる光学ノイズの混入を少なくするために、レーザー反射率の高い表面処理の施された部材が対象であった。しかし、コンクリートを対象とする場合には、材料特性や表面の凹凸によって戻り光量不足の影響が顕著に現れる。ただし、表面凹凸は計測点を微小に変化させるだけでも全く異なるので、それに伴って戻り光量も微小範囲内で大きくばらつく。

そこで、光学ノイズの影響が顕著な不良計測点に対しては、その計測点周りの微小範囲内の数百点についてそれぞれレーザー戻り光量の計測を行って、戻り光量が最大となる計測点を最適計測点として選定し、新たな計測点とする²⁾。これにより、光学ノイズの混入を低減し、高精度な振動計測システムを構築する。

つぎに、これらの振動計測結果から振動モード形を同定する手法を示す。はじめに、2 台のレーザードップラ

キーワード：レーザードップラ速度計，常時微動，振動モード形，RC 床版，維持管理

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1 TEL：03-5841-6099，FAX：03-5841-7454

速度計の振動計測結果より，クロススペクトルと伝達関数を算出する．これらの算出には，光学ノイズの影響を低減することを目的として，繰り返し計測による平均化を行う．つぎに，クロススペクトルのピークを与える振動数を固有振動数として抽出する．抽出した固有振動数に対応する伝達関数の絶対値を振動モード振幅とし，伝達関数の位相から振動モード形の方角を決定する．

4. RC 床版の振動モード形の同定

RC 床版の振動計測結果を図 2 に示す．図(a)は，ある計測点における 1 回目の振動計測結果であるが，スパイク状の光学ノイズの混入が目立つ．これに対して，図(b)は最適計測点の自動探索後の振動計測結果である．最適計測点を決定するに際しては，1 回目の振動計測点周りの 121 点について戻り光量を各点について 0.5[sec] 計測した．実際に，自動探索を行うことで，コンクリートに対しても光学ノイズが混入することなしに，高精度な振動計測が実現できていることがわかる．

図 3 は，レーザー常時微動計測結果を用いて同定された RC 床版の振動モード形である．クロススペクトルと伝達関数は，20 回の繰り返し計測による平均化を行った．今回の振動計測では，3 次までのたわみ振動モード形について同定することができた．これは，走行荷重による衝撃的な大振幅の振動が作用すると，低次の振動モード形が高次より励起されやすくなるためである．ちなみに，これらより低い振動数で RC 床版が一体となって振動する上部構造全体の振動モード形も確認できたことを付記しておく．

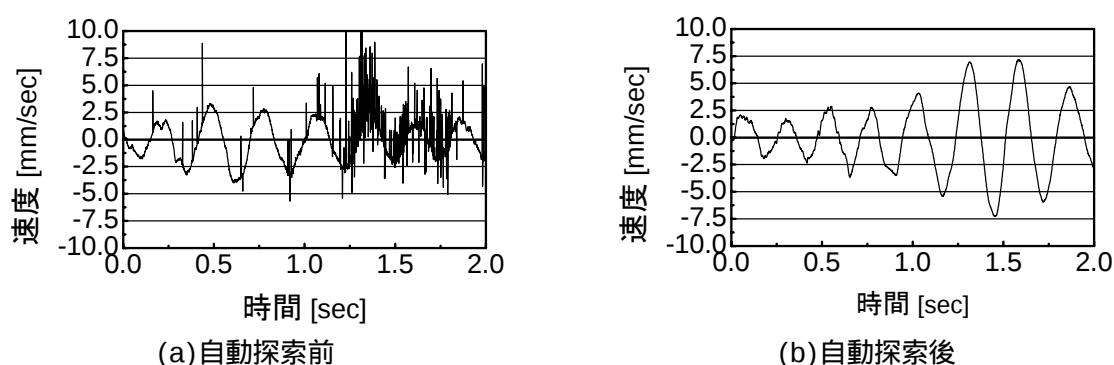


図 2. RC 床版の振動計測結果



図 3. RC 床版振動モード形

5. まとめ

本研究で得られた主な知見を以下に述べる．

- (1) レーザードップラ速度計を用いて，非定常応答下における常時微動計測システムを構築した．
- (2) レーザー戻り光量の最適点を自動探索することで，コンクリート部材に対する非接触計測を実現した．
- (3) 構築したレーザー常時微動計測システムにより，供用中の RC 床版の固有振動モード形を同定した．

【謝辞】実橋の振動計測に際しては，株式会社東関東技術第二部長赤井公昭氏をはじめ，多くの方々に御協力を頂きました．ここに記して，感謝致します．

【参考文献】1) 貝戸清之，阿部雅人，藤野陽三，依田秀則：レーザードップラ速度計を用いた振動モード形の計測と損傷検出への応用，第 2 回構造物の診断に関するシンポジウム論文集，pp.157-162，1999.8，2) 貝戸清之：不確定性を考慮したレーザー振動計測に基づく構造物の性能評価，東京大学博士論文，2000.3