

# レーザードップラー速度計を用いた既設橋梁の 構造振動特性同定法に関する研究

長崎大学大学院生産科学研究科  
牧野 高平

建設後50年以上を経過する老朽化橋梁が各自治体の管理橋梁数に占める割合は、2030年代にはほとんどの都道府県において50%を超える。各自治体では老朽化橋梁の長寿命化を図るため、予防保全に立脚した長寿命化修繕計画が策定されている。しかしながら、その実施には多大な費用がかかることが指摘されている。特に、市町村をはじめとする地方自治体においては、これらの維持管理費用の増加に見合うだけの予算措置は見込めず、厳しい予算制約の中での維持管理が求められている。さらに、少子高齢化や公共事業の減少から、十分な点検・診断技術を有する技術者の数も近年減少傾向にある。このような社会的背景から、点検、診断などの構造物に対する維持管理業務の効率化・合理化が喫緊の課題となっている。

多くの橋梁点検手法がある中、従来から実施されてきた目視点検は、構造物の変状を直接確認可能な信頼性の高い検査手法ではあるが、その点検結果は点検実施者の技術、経験に左右されるという欠点を有している。一方、振動計測は構造系全体の構造特性を比較的簡易な手法で評価できる計測技術の一つである。振動計測は加速度センサの取り付け等に特別な技術を要せず、点検者の習熟度によらず固有振動数等の計測において再現性の高い結果を得ることが出来るという利点がある。しかし、比較的簡易な計測である振動計測も、センサを対象構造物に対して設置する必要があり、かつセンサとデータ集積装置との間には配線作業が生じることから、その実施には大掛かりな交通規制や仮設足場の設置を必要とし、効率面、安全面で課題が残る。

以上に鑑み、本研究では遠隔計測に着目し、光学的計測技術の一つであるレーザードップラー速度計（Laser Doppler Velocimeter：以下、LDV）の実橋梁振動計測への適用可能性について検討を実施した。LDVはレーザーのドップラー効果を利用して対象物の振動を計測する技術であり、その計測原理から長距離での遠隔・非接触計測が可能である。さらに、計測対象橋梁の三次元有限要素解析（以下、3D-FEM）モデルを構築し、計測結果をもとに逆解析を行い、その振動特性を解析的に評価した。

本論文の構成を以下に示す。

1章では、本研究で社会基盤構造物の維持管理に関する現状を述べるとともに、研究の目的、論文構成について記した。

2章では、LDVの計測原理および使用機器の仕様について述べるとともに、振動特性評価にあたり指標として用いる固有振動数および固有振動モードの算出手法を示した。また、LDV振動計測の実構造物へ適用に先がけて、計測距離、計測面に対するレーザの照射角度等の各種計測パラメータが計測精度に与える影響を各種試験体を用いて実験的に評価した。

3章では、損傷による剛性の低下が構造物の振動特性に与える影響について、LDVによる振動計測を用いた評価を行った。人工的な損傷・欠陥を導入した鉄筋コンクリート（以下、RC）はりおよび鋼板の2種類の試験体の振動計測を実施し、各試験体の損傷程度、あるいは損傷位置が振動特性に与える影響を固有振動数と固有振動モードを指標として検証した。

4章では、2橋の橋梁上部工と耐震補強橋脚を対象として、実構造物の固有振動数計測におけるLDVの適用性を検討した。橋梁上部工を対象とした振動計測では、対象橋梁の固有振動数の推定ができたことに加えて、多点・複数回の計測を用いた固有振動数推定手法の有効性を確認した。耐震補強橋脚の振動計測では、補強前と補強後の計測の結果から、補強による橋脚の剛性の上昇を固有振動数の変化として計測結果から確認した。また、あわせて対象橋梁の三次元有限要素解析モデルを構築し、計測結果の検証を行った。

5章では、構造形式および計測条件の異なる2橋のコンクリート橋を対象として振動計測を実施し、実橋梁の固有振動モード計測へのLDVの適用性について検討を行った。また、LDV計測から得られた固有振動数と固有振動モードを指標として、三次元有限要素モデルを用いて逆解析を行い、その構造振動特性の同定手法についてもあわせて検討を行った。

6章では、ICTを活用する事例として様々な計測結果のデータベース化について述べた。複数の橋梁を対象として実施したLDVによる固有振動数計測の結果と、耐候性鋼橋梁を対象とした簡易さび厚測定結果のデータベース化の試行例を示した。

7章では、各章で得られた結果をまとめて本研究の総括を行った。