

既設橋梁の振動計測による モニタリング実証試験



(株)長大名古屋構造技術部
並木 渉

1. はじめに

現在、道路橋は全国に約 70 万橋存在しており、そのうち 9 割以上となる約 65 万橋が地方公共団体の管理する橋梁である。このような背景において、とくに自治体は財政、人員、技術などに多くの課題を抱えメンテナンスの実施が難しい状況にある。しかし、利用者や第三者の安全・安心を確保したうえで必要な機能を確実に持続することが求められている。一方、インフラ管理において新技術の研究開発・実証やその導入が戦略的に行われており、センサーやロボット、非破壊検査技術など、劣化や損傷状況のさまざまな情報を把握、蓄積、活用する技術に関しては、現在研究機関や産業界を中心に開発や取組みが進められている。本稿では、これらの近年の動向を踏まえつつ、振動計を用いた固有振動数の計測結果を蓄積し、管理橋梁数の多い自治体における今後の維持管理の展開について報告する。

2. 振動計測による実証試験

橋梁は自重と構造的な剛性によって固有の振動数をもっている。その固有振動数の変化に着目して健全性診断や劣化度を評価する試みは多くの研究が実施され、損傷が顕著に進行した場合は振動数が低下するという報告もある^{1,2)}。そこで、非破壊かつ簡易な方法で橋梁の定量的な固有データを入手し今後の維持管理の指標とするための振動計測による実証試験を行った。

2.1 対象橋梁

対象橋梁は山間部の沢に架かる昭和 27 年に架設された 3 径間単純 RCT 桁橋（支間長約 11 m）である。

振動計測は橋梁点検作業中（片側交互通行規制）の規制帯の中で点検作業と並行して行った。

以下に橋梁諸元（表 - 1）、架橋状況（写真 - 1）を示す。

表 - 1 橋梁諸元

橋長 / 支間割り	L = 34.80 m / 3 × 11.06 m
橋梁形式	・ 上部工：3 径間単純 RCT 桁橋 ・ 橋台工：重力式橋台 ・ 橋脚工：壁式橋脚
設計活荷重	9 t（2 等橋）
架設年	1952 年（昭和 27 年）【67 年経過】



写真 - 1 架橋状況

2.2 センサーの設置

使用するセンサーは EPSON 社製の高感度 3 軸加速度センサーを使用し、足場設置の不要な ① 床版下面、② 主桁下フランジ、③ 橋面上の 3 箇所に設置した（図 - 1）。振動方法については特別な加振を必要としない常時微動による振動調査で約 5 分間リアルタイム（サンプリング周波数は 100 Hz）のデータ取得を実施した。

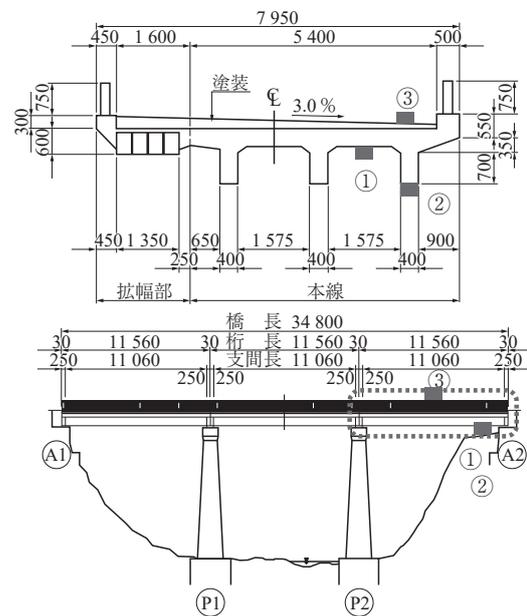


図 - 1 計測位置

3. 計測結果

本橋で用いた高感度 3 軸加速度センサーは鋼橋の計測用に開発された強力マグネット接着タイプである（写真 - 2）。

本橋は耐荷補強を目的に鋼板接着が施されているため、コンクリート橋であるが容易に設置が可能であった。計測は片側車線規制中に行い、車両通行による常時微動の振動データから高速フーリエ変換（FFT 周波数解析）を行い固有振動数を同定した。



写真 - 2 高感度 3 軸加速度センサー

3.1 固有振動数の同期

振動ピークが検出されたZ軸方向（鉛直）に着目し、センサーの設置位置による違いの影響を確認した。図 - 2 に①床版下面、②主桁下フランジ、③橋面上の3箇所における周波数解析の結果を示す。

Z軸の固有振動数はセンサーの設置位置によらず4.9 Hzを検出したことを確認した。本形式は短支間のRCT桁であること、主桁・床版は鋼板接着補強を施していることなど剛性の高い構造体であることから設置位置の影響によらず同じ固有振動数が特定されたと想定される。

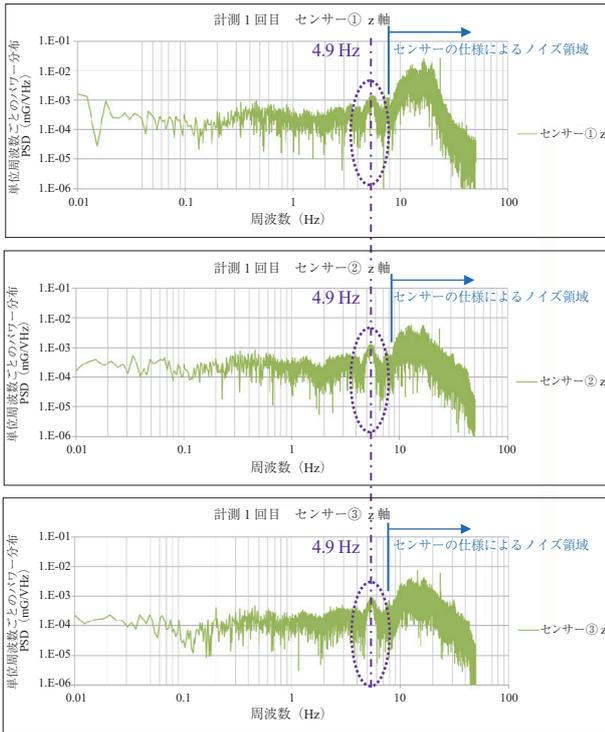


図 - 2 パワースペクトル (Z軸着目：鉛直方向)

4. 今後の検討課題

本試験結果を踏まえ、今後の検討課題を以下に述べる。

- 1) センサーの取付け位置は架橋条件から設置が簡易な桁端部で実施したが、今後は位置の違いによる影響が対比できるデータを収集する
- 2) 橋梁形式（桁形式、アーチ形式、トラス形式）や材質（鋼橋、PC橋、RC橋）の異なる橋梁で固有振動数を収集する

- 3) 固有振動数のデータ蓄積と橋梁健全度の相関性の調査および分析を実施する
- 4) 支承、伸縮装置、下部工・基礎工など上部工に伝達する境界条件は固有振動数を乱す大きな要因となるため、損傷状況（機能障害）との相関性を調査する
- 5) 常時微動法による振動計測を行った結果、振動ピークが設置位置によらず同じとなった。加振方法が異なる場合の固有振動数を検証する

5. おわりに

近年の動向を踏まえつつ、非破壊かつ簡易に短時間で橋固有のデータ収集を目的としたモニタリング実証試験を行った。

振動計測は定期的に行われる橋梁点検の作業内に並行して実施したもので、モニタリングの実作業は準備から片付けまでで約3時間、足場などは一切設置せずに定量的なデータ取得が可能であった。

また、振動計測で採用した常時微動法は、橋面に振動計を置くだけの簡易な測定で人為的に橋を振動させる強制加振は必要としないため、既設構造物に負担を与えない非破壊試験で今後広く活用が期待できる。

固有振動数は時刻歴の振動データから解析、同定するもので橋梁の剛性を表すもっとも基本的な指標である。近年生じている主要部材の破断など固有振動数の変化が大きくなる損傷に対しては、重大な損傷検知の一次スクリーニングとして評価指標になり得ると考える。

そのためにも、橋固有のデータを橋梁定期点検時に簡易取得し、過年度データとの対比（閾値設定によるアラート）による健全性診断機能など、携帯通信網を通じ収集されたビックデータをクラウド環境にアップロードできるコンパクトなユニットシステムの構築が望まれる。

今回の実証試験のモニタリング方法がICT技術の活用、スマートメンテナンスにおける一手法として参考にされることを期待する。

参考文献

- 1) 宮下 剛, 玉田和也, 劉 翠平, 岩崎英徳, 長井正嗣: 振動を利用した健全性診断に向けた実橋梁の損傷と動特性変化, 土木学会論文集, Vol.68, No.2, pp.367-383, 2012.
- 2) 北野勇一, 酒井崇行, 花井 拓, 木村嘉富: プレストレストコンクリート道路橋の振動計測 (一般国道8号能生大橋), 土木学会第66回年次学術講演会 (平成23年度), Vol.66, pp.297-298, 2011.

[2019年4月17日受付]