

橋梁健全度モニタリングのための遠隔計測システムの実橋への適用

(株)ズコーシャ 正 員 高田 直幸 北見工業大学 フェロー 大島 俊之
北見工業大学 正 員 山崎 智之 北見工業大学 学生員 大西 功基
北見工業大学 学生員 成田 美和子 島田建設(株) 正 員 斉藤 隆行

1. はじめに

近年、既存橋梁の維持管理の問題が注目されつつあり、今後増加する老朽化橋梁を合理的に維持管理していくためには橋梁の損傷をできるだけ定量的に評価することが必要である。そのためには維持管理の効率化や客観的な判断が必要であり、その上で適切な時期に補修や補強を実施できることになる。

本研究は合理的な維持管理のために遠隔地から常に構造物の状態をモニタリングする方法を開発し、橋梁損傷時には固有振動数などの振動特性が変化すると考えられているので、健全時の振動を測定し固有振動数と減衰定数を求め、今後損傷を受けた際の基礎データとすることを目的とした。

2. 計測概要

2.1 計測システム

本実験で対象とした橋梁は平成 10 年に供用開始した道道北見環状線東陵大橋であり、構造形式は 3 径間連続鋼鈑桁で橋長 80.5m(1 径間 26.5m)総幅員 18.8m(車道幅員 11m)、縦断勾配 4.2%の 7 主桁直線橋である。この橋梁に図 1 で示すように加速度計と変位計を各 3 カ所中央の主桁に設置した。また、橋梁から 20m 手前、高さ 2m の位置に光電センサーを 2 カ所設置し、このセンサーをスイッチとして車高が 2m 以上の車両が橋梁を通過する時に自動的に測定した。集録に用いたプログラムはナショナルインスツルメンツ社製の LabVIEW を用いて作成したものである。さらに自動計測中に携帯電話を用いてインターネット網に接続し、学内のコンピュータからリモート管理できるようにインターコム社製の Laplink を用いて測定現場のノートパソコンをコントロールした。また、データ通信には NTT DoCoMo 社が提供しているパケット通信方式の「Dopa」を利用できる携帯電話を用いた。この回線は通常の携帯電話の通信速度が 9.6kbps であるのに対して 28.8kbps という比較的高速な通信が可能であることと、通話時間に関係なく通信したデータ量で課金するシステムになっているので測定用のパソコンを常にインターネット網に接続し、必要なときだけアクセスして測定状況を確認したり、データを転送することができる。

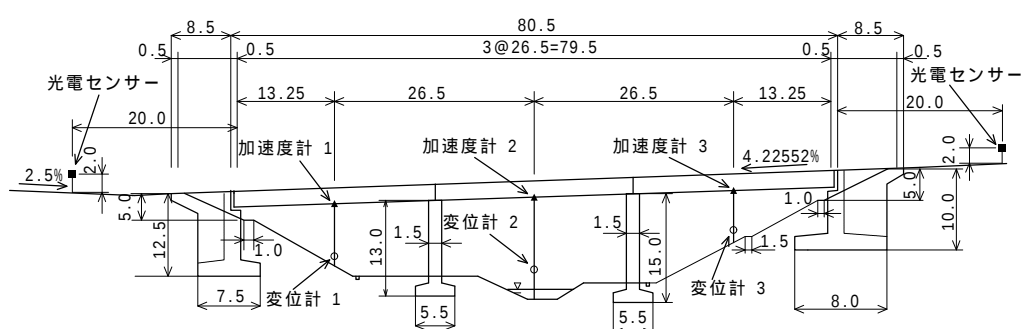


図1 各種センサー位置 (unit: m)

2.2 計測方法

測定はサンプリング周波数 200Hz で行い、光電センサーによるトリガ集録を行った。測定中は携帯電話によりインターネット網に常時接続して Laplink により学内から測定状況を随時監視した。携帯電話はデータ通信が 10 分以上無い場合自動的に切断される仕様となっている。このことを防止するためにサーバーソフトウェアである DISCO を使用した。このソフトウェアは指定時間ごとにダミー通信を行うことができるので上記のことを防止することができる。

キーワード 橋梁振動、リモートモニタリング、振動特性、健全度評価

連絡先 〒080-0048 北海道帯広市西 18 条北 1 丁目 17 番地 Tel 0155-33-4400 Fax 0155-33-7100

3. 計測結果

測定は1999年11月18日15時～19日13時まで22時間行い、得られたデータの中で19日5時59分52秒に測定した結果について述べる。このときの光電センサーに反応した車両は坂を上る方向に14.7m/sで進行していた。このときの加速度計1のデータに30HzのLowpassフィルタを適用した後の加速度波形を図2に示す。

この加速度波形のフーリエスペクトルが図3である。これによると固有周期の1次モードは4.30Hz、2次モードは4.80Hz、3次モードは5.05Hzであることがわかる。また、汎用構造解析プログラムMARCを用いて解析した結果は1次モードは4.18Hz、2次モードは4.80Hz、3次モードは5.30Hzとなり実験結果を精度良く再現できた。解析における振動モード形は1次と3次が曲げであり、2次はねじりモードであった。

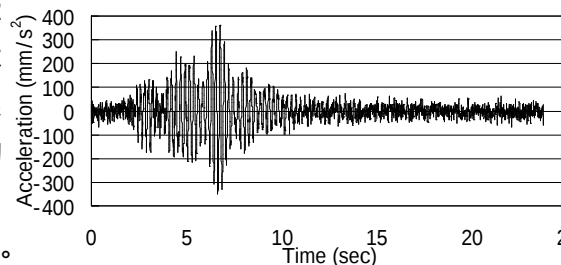


図2 加速度波形（加速度計1）

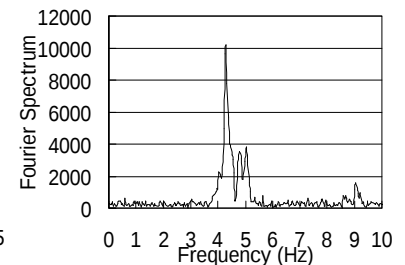


図3 フーリエスペクトル

また、1次振動の減衰定数を求めるために、加速度波形から4.1～4.6HzのBandpassフィルタで1次振動成分を抽出し、自己相関関数を求めた。この波形に対して最小二乗法により曲線適合したものを図4に示す。このときの係数から減衰定数は0.01287であることがわかった。11月11、12日に行った手動測定の際、通過車両も記録した。このときのデータについて同様に減衰定数を求め、坂を下る方向に単独で走行している場合について最大変位振幅と車種により分類したものを図5に示す。これから最大変位振幅が0.5mm～2.5mmの間では走行速度、車種に関わらず減衰定数は0.009～0.012付近に分布しており、平均値は0.01167であった。

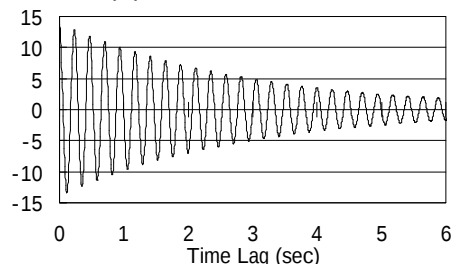


図4 曲線適合波形（1次振動）

また、1次振動の減衰定数を求めるために、加速度波形から4.1～4.6HzのBandpassフィルタで1次振動成分を抽出し、自己相関関数を求めた。この波形に対して最小二乗法により曲線適合したものを図4に示す。このときの係数から減衰定数は0.01287であることがわかった。11月11、12日に行った手動測定の際、通過車両も記録した。このときのデータについて同様に減衰定数を求め、坂を下る方向に単独で走行している場合について最大変位振幅と車種により分類したものを図5に示す。これから最大変位振幅が0.5mm～2.5mmの間では走行速度、車種に関わらず減衰定数は0.009～0.012付近に分布しており、平均値は0.01167であった。

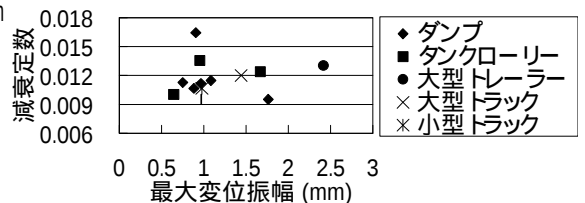


図5 最大変位振幅と減衰定数

4. まとめ

本研究によって以下のことが得られた。

- (1) 橋梁振動計測を自動化し、携帯電話を用いて遠隔地からその状況を監視することができた。
- (2) 供用中の橋梁から固有振動数と減衰定数を求めた。
- (3) 固有振動数や減衰定数は走行する車両の影響はみられない。

今後、データ解析も自動で行えるように現在の測定システムに組み込み、長期間計測したときのデータの変化によって橋梁の健全度診断に役立てられるように拡張していくこととなる。本研究においては計測に用いた東陵大橋を管理する北海道網走土木現業所北見出張所からは測定の許可をいただき、また、北海道電子機器株式会社の柏谷昇氏には測定システムの製作に関してご協力いただきました。ここに記して感謝します。また、本研究の一部は平成12年度文部省科学研究費基盤研究(B)(代表者中山隆弘)の補助を受けて行われました。ここに感謝します。

【参考文献】

- 1) 岡林隆敏・山森和博・田丸康広・吉村徹：可搬型振動計測システムによる構造物の振動特性推定、土木学会論文集、No.591/I-43、pp.327-337、1998年4月
- 2) 橋梁振動研究会：橋梁振動の計測と解析、技報堂出版、1993年10月
- 3) 三上修一・大島俊之・ムハマド S. ラーマン・山崎智之：構造物維持管理のためのワイヤレスモニタリングシステムの開発、土木学会第54回年次学術講演会公演概要集、I-A205、1999年9月