

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎
神戸大学工学部 学生員 ○尾崎 隆弥

神戸大学大学院 正会員 金 哲佑
(株)ニチゾウテック 正会員 畑中 章秀
(株)ニチゾウテック 正会員 生田目 尚美

1. はじめに

橋梁の健全度を診断し、適切な維持管理を行うことが改めて重要な課題となっている。通常、構造物においては、部材の損傷や劣化は固有振動数、減衰比や振動モード等の動特性の変化として現れることから、振動モニタリングによる構造物の健全度評価は有効であると報告されている¹⁾。

振動モニタリングのスタートは振動データの計測であり、従来の有線加速度計による計測では、配線作業や設置に多大な時間と労力を費やしてしまうという欠点があり、配線が不要かつ設置が容易な簡易無線計測システムの開発が望まれている。近年、MEMS 技術の進展により、安価で小型センサーや無線通信モジュールが供給されている。

本研究では、橋梁振動モニタリングにおけるニーズにより開発された簡易無線計測システムの有用性の検討のため実橋により検証実験を行う。具体的に、簡易無線計測システムによる歩道橋における常時微動計測を行い、同時計測するひずみ式有線加速度計の加速度波形のスペクトルより得られた振動数および振動モードの比較・検討を行う。

2. 常時微動実験概要

2.1 簡易無線計測システム 本研究で導入する簡易無線計測システムは、Fig.1 に示す(株)ニチゾウテックの「簡易取付型加速度記録計(KRA-2C)」である。計測器はセンサーと記録部および電源（単三電池）部が一体型となっており、構造物に計測器を設置するだけで 3 軸成分の計測が可能である。加速度センサーは Analog Devices 社の ADXL202E 仕様の MEMS センサーであり、加速度レベルは $\pm 2g$ となっている。また、簡易無線計測システムは Master Unit と Slave Unit から構成され、Master Unit からは計測開始や終了信号を送り、Slave Unit が受信することで時刻同期を行う。計測データはそれぞれ各 Unit の SD メモリーカード(SD memory card)に格納されるため、電波障害等の影響を受けない。

2.2 常時微動実験 歩道橋での常時微動実験を行い、有線のひずみ式加速度計（共和電業）による計測結果と比較・検討を行うことで、簡易無線計測システムの有用性を検証する。対象橋梁（Fig.2 参照）は、単純支持鋼鈑桁歩道橋であり、橋長 32.2m、幅員 3.7m である。今回の実験では、2 台の簡易無線計測システムのみを利用し橋梁の振動モード形まで同定することで、Fig.3 に示すように測点 I~V の 5 点を、シナリオ 1~4 の順に移動しながらそれぞれ 20 分間程度の測定を行う。ただし、スパン中央の

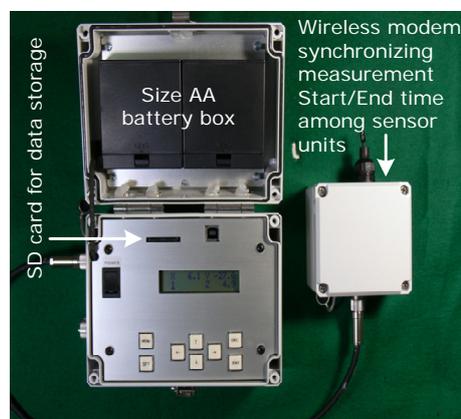


Fig.1 Handy wireless sensor unit.



Fig.2 Observation bridge.

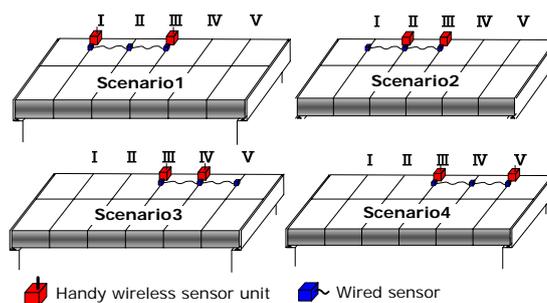


Fig.3 Sensor location and measurement scenarios.

計測点 III は基準点とする。サンプリング周波数は 100Hz である。また、計測位置は歩行者の通行を妨害しないように幅員端で行っており、ねじれ振動も計測されるため、幅員方向の別途の実験でねじれ固有振動数を確認している。

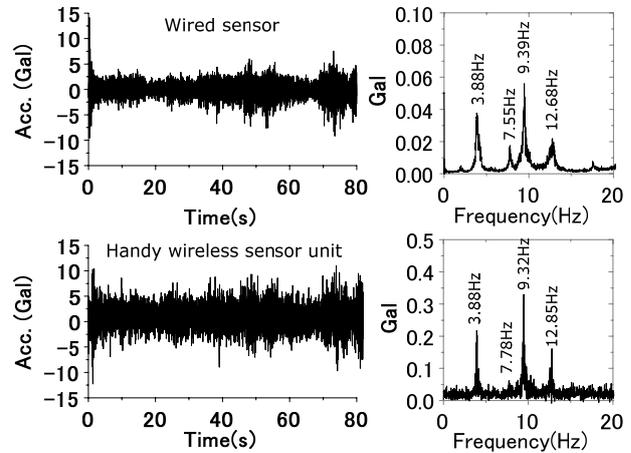
3. 実験結果

有線加速度計と簡易無線計測システムにより得られた加速度波形とフーリエ振幅スペクトルの一例(シナリオ I の 80 秒間)を Fig.4 に示す。Fig.4 の波形は 30Hz の Low-Pass フィルタにより処理した時系列である。加速度波形に関しては簡易無線計測システムの方で大きい振幅が観測されるものの、両波形はほぼ一致していると言える。また、フーリエ振幅スペクトルを見ると、卓越振動数はほぼ等しいことが分かる。

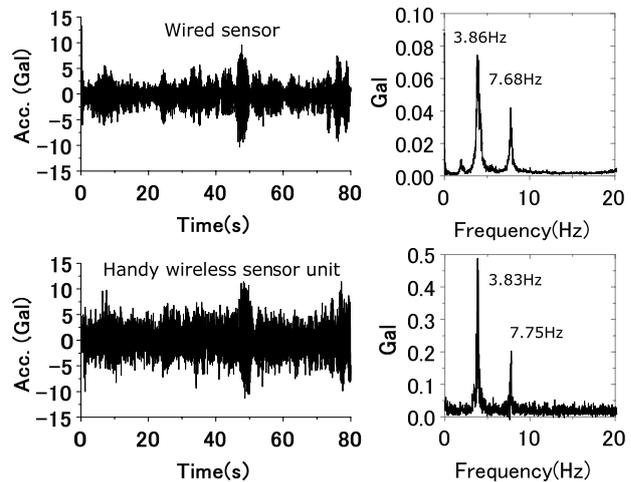
全シナリオから求めた固有振動数の平均値を比較したものを Table 1 にまとめており、両加速度計による固有振動数はほぼ一致している。また、有・無線ともにスパン中央 (Point III) で計測した加速度スペクトルを基準に正規化²⁾し得られた曲げ 1 次および 2 次のモード形を Fig.5 に示す。有・無線センサーに関わらず振動モード形は一致していることが分かる。

4. まとめ

有線加速度計と無線簡易計測システムから得られた加速度の時系列データより、フーリエ振幅スペクトルおよび固有振動モード形の比較・検討を行った。その結果、簡易無線計測システムを用いても精度良く橋梁の振動同定ができることが確認できた。また、2 台の簡易無線計測システムのみでの利用でも振動モード形の同定が可能であることから、移動計測を小まめに行うことで詳細な橋梁全体の固有振動モード形の同定も可能であると考えられ、橋梁の振動モニタリングに有効に使えるツールである。



(a) Measurement Point I of Scenario I



(b) Measurement Point III of Scenario I

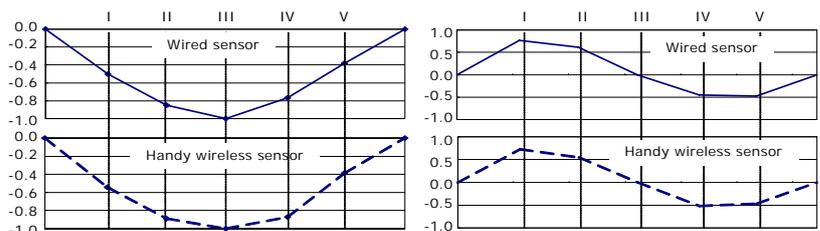
Fig. 4 Acceleration and Fourier spectrum.

Table 1 Summary of natural frequencies

	Bending (Hz)		Torsion (Hz)	
	first	second	first	second
Wired sensor	3.86	9.40	7.75	12.78
Handy wireless sensor	3.98	9.50	7.80	12.86

【参考文献】

- 1) W. Doebling, C. R. Farrar, M. B. Prime, and D. W. Shevitz: Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in Their Vibration Characteristics: A Literature Review, Los Alamos National Laboratory report LA-13070-MS, 1996.
- 2) 橋梁振動の計測と解析, 橋梁振動の計測と解析編纂グループ, 技報堂出版株式会社, 1993.



(a) First bending mode

(b) Second bending mode

Fig.5 Mode shapes.