

橋梁振動測定のための Imote2 スマートセンサーにおける電源システムの改良 Improvement of the power supply system in Imote2 smart sensor for the measurement of bridge vibration

北見工業大学大学院工学研究科 学生員○綿崎 良祐 北見工業大学社会環境工学科 正会員 宮森 保紀
北見工業大学大学院工学研究科 学生員 岡本 寛人 北見工業大学社会環境工学科 正会員 三上 修一
北見工業大学大学院工学研究科 潘 凱凱 北見工業大学社会環境工学科 正会員 山崎 智之

1. はじめに

近年、構造物の新しい健全度評価方法として、「構造ヘルスモニタリング(Structural Health Monitoring, SHM)」が注目されている。SHM は、無感地震や常時微動、交通振動などの応答を用いた性能診断や、大地震や台風などによる損傷程度の推定を自動的に行うことである。しかし、従来の有線型のセンサーシステムでは多点で長期間の測定を行うには経済性や効率性の面で不向きである。そこで、情報処理機能と無線通信機能を備えたスマートセンサーを用いることで、経済的で効率的な振動測定を可能にすると期待されている。しかし、現状のスマートセンサーでは長期間の振動測定を行うための電力供給方法が確立されておらず、著者らがこれまで行ってきた1日から数日の橋の現地振動測定実験(本報では短期振動測定実験と称する)でも実験中に数回の電池交換を行う必要があった。

本研究は、スマートセンサーを用いた短期での振動測定実験の効率性向上を目的としたシステムの改良を行うものである。

2. Imote2 スマートセンサー

本研究で使用するセンサーは図1で示す、MEMSIC社のImote2システムである。本システムはプロセッサボード、センサーボード、バッテリーボードを組み合わせて使用する。Imote2への電力供給はバッテリーボードを使用し、製品では単4乾電池3本が電源となっている。しかし、単4乾電池は容量が小さく、供給電圧がすぐに低下するため電池交換が必要となる。また、乾電池による電力供給は、電圧の変化が線形でないため寿命の予測が不確実である。よって、一定の電圧を供給し続けることが可能なシステムを製作する必要がある。

なお、Imote2は情報処理・無線通信機能を備えており、ソフトウェアが必要となる。OSは比較的消費電力の少ないTinyOS、ミドルウェアとしてISHMP Toolsuite、アプリケーションソフトウェアとして橋梁振動モニタリングシステムBHELMOを使用している。

3. 定電圧供給システム

3.1 システムに必要な条件と構成

一定の電圧を供給するためには定電圧回路が必要となる。また、実験中に電力量が不足しないように容量の大きな電源が必要となる。そこでレギュレータを用いた定電圧回路と充電電池による定電圧供給システムを製作した。また、センサー設置の自由度を確保するために電源を独立させた。さらに本システムは屋外の実験にお



図1 Imote2 システム 図2 定電圧供給システム試作機

る環境を考慮し、防水機能のある収納器や機器を用いて防水性を確保し、断熱材を用いて耐低温性を確保した。

3.2 システム製作

図2に定電圧供給システムの試作機を示す。定電圧回路の製作において、3端子可変レギュレータを用いた。レギュレータの出力電圧の算出式¹⁾を参考に抵抗値を決め、4.704Vを出力する回路を製作した。このレギュレータは入出力の電圧差が3V以上必要であることから、電源として単1形eneloop(三洋電機製)を6本搭載した。電源の初期電圧は充電電池1本当たりを1.4Vと仮定し、計8.4Vとなる。

防水性の確保のため、ゴムパッキンのついた収納器を使用し、配線部分や外部アンテナ用の穴にケーブルグランドを装着した。また各収納器間の接続部分に防水カバーを用いた。実験中の降雨に対する防水性の確認として各収納器の上から約5L/minで水をかけた結果、水の浸入は認められなかった。

耐低温性の確保は断熱材であるスタイロエースIIを使用し、収納器の内部に設置した。厚さはImote2の収納器が5mm、電源の収納器が10mmである。耐低温性の検証実験は次節にて記述する。

センサーの固定は、定電圧回路上にバッテリーボードをネジ止めし、その上にセンサーとImote2を組み合わせ、さらにネジ止めた。定電圧回路はアクリル板にネジ止めし、底面の断熱材に固定した。

3.3 動作検証実験

試作した定電圧供給システムの電力供給と耐低温性を確認するため、常温および低温下における動作検証実験を行った。

実験目的は常温および低温下におけるImote2の振動測定時の電圧変化を確認することである。1基のImote2と受信用PC間の無線経路を作成し、振動測定コマンドを実行する。測定終了後、データ回収を行う。これを1サイクルとし、繰り返し実験を行う。電圧変化の傾向を

キーワード：スマートセンサー、定電圧回路、振動測定実験

連絡先：090-8507 北見市公園町165 北見工業大学社会環境工学科 Tel:0157-26-9472 email:miyamoya@mail.kitami-it.ac.jp

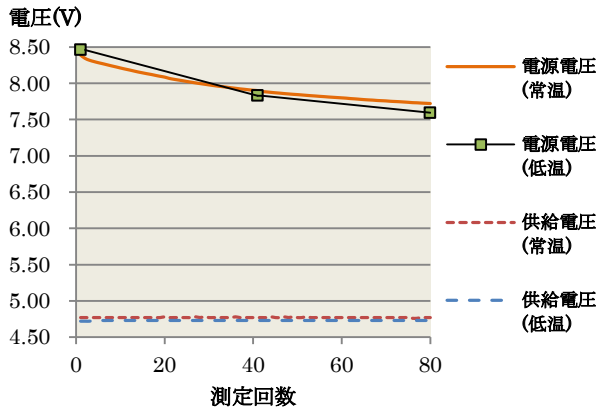


図3 動作検証実験時の電圧変化



図4 定電圧供給システム

確認するために各条件とも80回の測定を行った。実験時間は1サイクルで4分、実験全体で5時間30分である。

実験条件として、Imote2の電源の初期電圧を8.4Vとした。室温は研究室で行った常温での実験で約22℃、低温実験では低温室を-15℃に設定した。

図3は実験中の電圧変化を示す。電源の電圧はテスターで計測した値であり、供給電圧は測定ソフトウェア上に表示された値である。電源の初期電圧は常温で8.388V、低温で8.460Vであった。電源電圧はどちらの実験でも減少し、終了時はそれぞれ常温で7.721V、低温で7.594Vであった。初期電圧を考慮した電圧低下は低温の方が0.199V低く、電源の初期電圧に対して2.4%の差であるが、十分な耐低温性を有している。また、いずれの場合も供給電圧が一定で、Imote2に十分な電圧が供給されていることがわかる。よって定電圧供給システムの有効性を確認した。

短期振動測定実験において1日の振動実験の時間を10時間とし、1回の振動測定にかかる時間を10分とすると計60回の振動測定を行うことができる。本実験において、80回の振動測定を行えたことから、短期振動測定実験における電力量として十分であると考えられる。そこで電源を単1形eneloopの半分程度の容量の単3形eneloop proに変更した。また、実橋梁にて多点振動実験を行うため、電源の変更を行った定電圧供給システムを7基製作し、計8基を用意した。図4は改良後の定電圧供給システムを示す。

4. 実橋振動実験

屋外の短期振動測定実験における定電圧供給システムの有効性を確認するため、2013年2月に道路橋にて多点振動実験を行った²⁾。

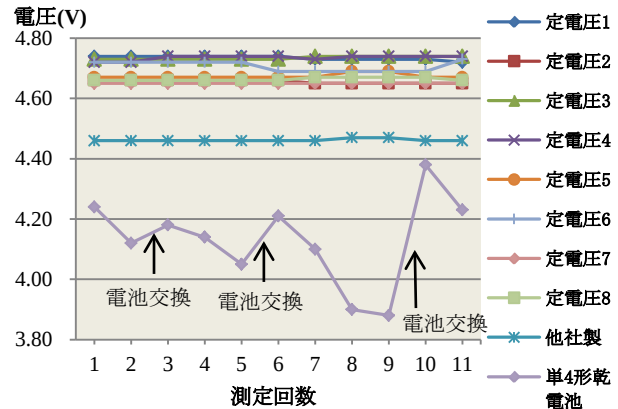


図5 振動測定実験中の電圧変化

4.1 実験対象と実験方法

実験対象は2001年から供用を開始したポストテンション方式3径間連続PC箱桁橋である。橋長は120m(主径間50m)、R=150mの曲線橋である。

本橋主径間の上流側と下流側に5基ずつ、計10基のImote2を設置し、交通振動を加振源として振動測定を行った。10基のImote2のうち8基が定電圧供給システム、1基が他社製の電源システムを用いたImote2、1基が単4形乾電池仕様である。振動測定は11回行った。Imote2は鋼板上に両面テープで固定し、鋼板を地覆上に設置した。

4.2 結果

振動測定で得られた振動データのうち、橋軸鉛直(Z軸)方向に着目し、橋の1次モードを求めた。固有振動数は振動データのスペクトル値のピークから導き出し、11データの平均値を求めた。1次固有振動数は3.068Hzであった。

定電圧供給が適切に動作していることを確認するため、振動測定毎の電圧を測定した。図5は実験時におけるImote2の電圧変化を示す。従来の単4形乾電池駆動のImote2は11回の振動測定において3回の電池交換を必要とした。一方、定電圧供給システムを用いたImote2は初期電圧を保ったまま実験を終了することができた。このことから、屋外での短期振動測定実験における定電圧供給システムの有効性を確認することができた。

5. まとめ

Imote2の短期振動測定実験における電力不足の解決および耐低温性、防水性を確保した定電圧供給システムの製作を行った。道路橋における多点振動実験の結果から、定電圧供給システムの有効性を確認した。

【謝辞】

本研究の一部は、平成24年度ノーステック財団「研究開発助成事業（talent補助金）」ならびに北海道土木技術会 鋼道路橋研究委員会の研究支援を受けて行われました。ここに記して感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 新日本無線株式会社：NJM317 データシート，pp1-7，ver.2003-07-18
- 2) 岡本，綿崎，潘，宮森，三上，山崎：スマートセンサーを用いたPC高架橋での振動特性同定，平成25年度全国大会 第68回年次学術講演会，2013(投稿中)