

橋梁維持管理のための遠隔モニタリングシステム開発

山口大学大学院 理工学研究科 学生会員 ○園田純平
 山口大学大学院 理工学研究科 フェロー会員 宮本文穂
 山口大学大学院 理工学研究科 正会員 河村 圭
 山口大学大学院 理工学研究科 正会員 中村秀明

1. 背景と目的

現在、橋梁の大量更新時代の到来が懸念され、効率的な維持管理が求められている。そのため橋梁の維持管理計画の策定にアセットマネジメントの概念を適用し、橋梁全体の維持管理費を最適化することが研究されている。そのためには各橋梁の損傷の状況の把握が必要である。しかしながら、現在損傷状況の把握は専門技術者による目視点検によって行われており、効率的とはいえない。このような状況下で、橋梁遠隔モニタリングシステムが注目されている。

しかしながら、橋梁の遠隔モニタリングシステムはまだ研究段階であり、多くの実験と検証を必要とする。そのため本研究では、実橋梁での実験・検証を目的として、基本的な機能を備えた遠隔モニタリングシステムの開発を行った。

2. 橋梁遠隔モニタリングシステム

橋梁遠隔モニタリングシステムとは、橋梁に設置したセンサからのデータを遠隔地にて監視、損傷状況の把握を目的とする。橋梁遠隔モニタリングシステムには大きく分けて橋梁からのデータ収録を行うセンシング部、収録したデータの転送を行う通信部、そして収集したデータの閲覧を行うモニタ部の3つの機能がある。センシング部では、対象とする損傷に合わせてモニタリングの対象と手法、センサの選定が必要となる。通信部では計測方法やデータ量に応じた手段の選択が必要となる。モニタ部では膨大な計測データの効率的な管理や Web サーバを利用して計測データの共有などについて考慮する必要がある。

3. システムの開発

本研究では橋梁遠隔モニタリングシステム開発の基礎研究として、簡易な遠隔モニタリングシステムの開発を行った。開発目的を以下に示す。

- (1) 橋梁遠隔モニタリングシステムに求められる3つの機能、センシング部、通信部、モニタ部の一通りの実装。
- (2) 多くの実験・検証用に、簡易な設置・撤去、高い可搬性、柔軟な再構成が可能。
- (3) (2)から、通信部には携帯通信端末の利用が適当と考えられるが、本研究では実装が間に合わなかったため、携帯通信端末の使用を前提とし、データの転送サイズを押さえ、電子メールを用いることで外部の比較的安定したサーバを利用。

図1にシステムの構成を示す。

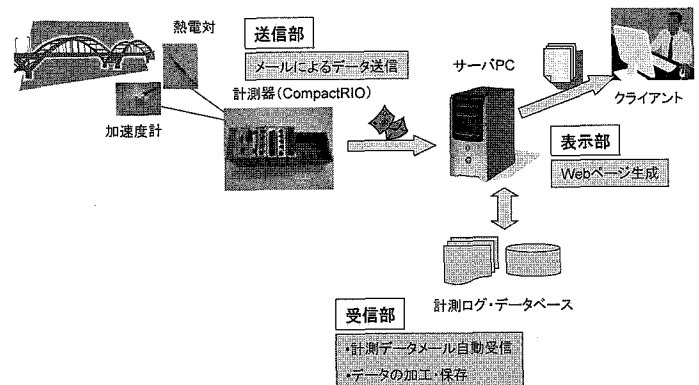


図1 システムの構成

本システムは、センサから収録したデータを電子メールとして送信する計測器と、計測器から受信したデータを加工・保存し、Web ページとして保存するサーバ PC からなっている。計測器には再構成可能な小型制御収録機器である CompactRIO を採用、また携帯通信端末の代替として、研究室内 LAN を使用した。本システムは機能面から CompactRIO で構成される送信部、電子メールを受信し、データの加工・保存を行う受信部、及び保存したデータを Web ページとして表示する表示部に分割できる。

● 送信部 (図2)

使用センサは振動計測用の加速度計と、温度計測用の熱電対である。この選択は将来的に橋梁の常時微振動から橋梁の損傷把握を目標とし、またその際に温度が橋梁の振動特性に影響を与えることが分かっているためである。送信部は常時加速度をモニタリングしているが、送信データ量抑制のためデータの送信は設定時間ごとの最後の設定サンプリング点数分のデータ、または設定閾値を越えた時点前後の設定サンプリング点数分のデータのみ送信する。また、データの送信手段には電子メールを用いている。

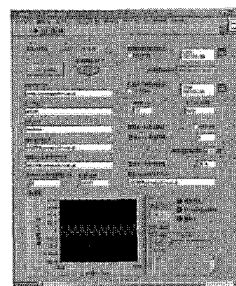


図2 送信部設定画面

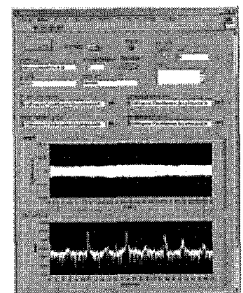


図3 受信部設定画面

● 受信部 (図3)

受信部はサーバ PC 内に常駐するアプリケーションである。定期的にメールサーバを確認し、送信部からの電子メールを自動受信、データを取り出し、データベースへの格納、データのテキストファイル化、データのグラフ画像保存を行う。

● 表示部 (図4)

受信部が加工したデータから PHP を用いて Web ページの生成を行う。主な機能としては、認証機能、温度変化、卓越振動数などのグラフ表示、1 回当りの測定データの詳細情報閲覧、データのダウンロード、閾値を越えた際のデータの詳細閲覧及びデータのダウンロードがある。

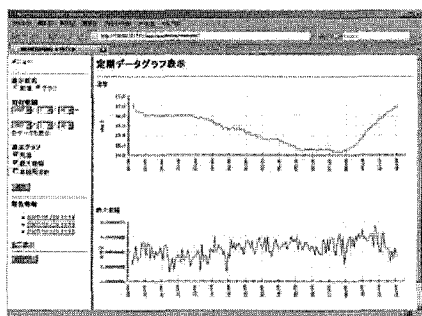


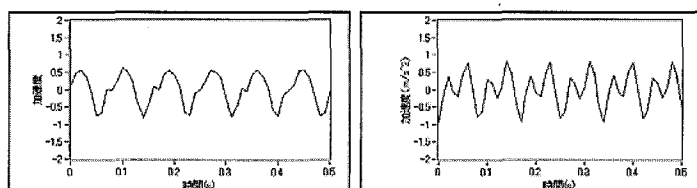
図4 表示部 (グラフ表示)

4. 検証

本システムの現時点での性能評価として、加速度の精度とデータ送信時間の検証を行った。

(1) 加速度の精度

本システムで使用している加速度計は他機器からの流用品であり、規格外での使用を行っているため、計測加速度の精度を確認しておく必要があった。そのため、本システムと加速度計の専用データロガーである DC-104R をそれぞれ用い、同じサンプリング周波数にて、本システムが測定可能な周波数領域で定常振動を行うよう羽におもりを取り付けた扇風機の振動計測を行った。



a) 本システム

b) DC-104R

図5 計測波形の比較

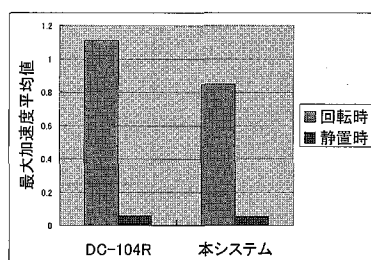


図6 最大加速度平均値

図5 から本システムでは波形がつぶれており、再現しきれていないことが分かる。また図6 は最大加速度の平均値であるが、これらから本システムの出力値は DC-104R と比較して若干小さく、またノイズが大きいと言える。これはセンサの接続に使用した接続ケーブルの抵抗を考慮していないため出力値が小さくなったことと、センサへの印加電圧がセンサの推奨印加電圧を越えたために発生した熱雑音、センサの接続部からのノイズの進入が原因であると考えられる。

(2) データ送信時間

詳細な解析を行うためにサンプリング数を増やすと、データ量が膨大となり、かなりの送信時間が予想される。そこでサンプリング数ごとの送信時間を測定した。図7 にサンプリング数と送信時間の関係を示す。

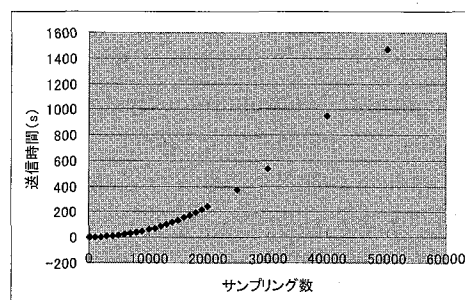


図7 サンプリング数と送信時間の関係

図7 よりサンプリング数を n とすると送信時間は $O(n^2)$ に従うことが予想される。

5. まとめ

本研究では、橋梁遠隔モニタリングシステム開発の基礎研究として、簡易な遠隔モニタリングシステムの開発を行い性能の評価を行った。

しかしながら、まだ実橋梁のモニタリングを行うためには、検証で明らかになった問題以外にも多くの課題を解決する必要がある。特に電源と携帯情報端末の実装は重要な課題である。

現在、携帯情報端末の候補として FOMA ユビキタスモジュールの実装を研究中である。

参考文献

- 1) コンクリート委員会コンクリート構造物のヘルスマニタリング研究小委員会：コンクリート構造物の構造ヘルスマニタリング (SHM) の研究動向と設計手法，土木学会論文集，V86/No.795，pp.1-16，2005.8
- 2) 岡林隆俊：橋梁遠隔モニタリングシステムの開発と実用化，長崎大学工学部研究報告，第35巻，第65号，2005.7