

移動体通信による道路橋振動遠隔モニタリングシステムの開発

長崎大学大学院 学生員 ○宮崎 慎也 長崎大学工学部 フェロー 岡林 隆敏
(株)復建調査設計 正会員 後藤 正孝 長崎大学工学部 学生員 木場 俊郎

1. はじめに

現在、供用中の道路橋において基礎地盤の状態や橋梁の構造形式、そして走行車両の影響などにより、当初予想されていなかった環境振動問題が発生するという事例が少なくない。その問題を解決するためにも、原因を早期に検知し適切な対策を立てる必要がある。その検証方法の1つとして、橋梁振動を恒常的に計測し、加速度応答から橋梁の振動特性を推定することで問題解決のための対応策を考慮していく必要がある。

そこで本研究は、コンピュータのモバイル機能と計測技術の融合を図り、遠隔地の計測現場と観測場所との間に公衆無線通信回線を利用して仮想計測空間を実現し、道路橋振動の計測を無人で行い、リアルタイムにモニタリングする遠隔モニタリングシステムを構築した。本論文では、システムの構成と実橋での計測事例について述べる。

2. 振動遠隔モニタリングシステムの概要

(1)振動遠隔モニタリングシステムの機器構成

振動遠隔モニタリングシステムの概要を図-1 に、システムの機器構成を表-1 に示す。本システムは計測現場のコンピュータをサーバ、モニタリング側のコンピュータをクライアントとし、これら2台のパソコンに携帯電話を装着する。サーバは RAS(Remote Access Service)サーバの設定を行い電話からの着信を可能にする。クライアントがダイヤルアップ接続を行ってパソコン間を TCP/IP 接続し、計測プログラムを実行すると、サーバプログラムが計測を開始し、画面に計測結果を表示する。このように遠隔地の計測現場のコンピュータと同じ画面をモニタリング側のコンピュータに表示でき、仮想現実的に無人の計測現場のコンピュータを遠隔操作するようなシステムになっている。

(2)データ通信プログラム

本システムの遠隔計測のプログラム及び計測画面の設計には、仮想計測器ソフトウェア LabVIEW(National Instruments 社製)を使用した。そのデータ転送プログラムはサーバクライアント型にし、そのデータ処理の流れを図-2 に示す。計測現場ではサーバがプログラムを実行するとクライアントからの接続に待機する。そして、クライアントがダイヤルアップ接続を行い、プログラムを実行するとサーバが計測を開始し、取り込んだ計測波形及びそのスペクトルを表示すると共に計測データの転送を行う。すなわち、データ数と計測チャンネル数からなるデータサイズと、圧縮整形した1次元データをクライアントへ送信する。クライアントは受信したデータをもとの計測データに復元し、波形とスペクトルを表示させデータをテキスト形式で保存する。これをクライアントとの接続が解除されるまで繰り返す。

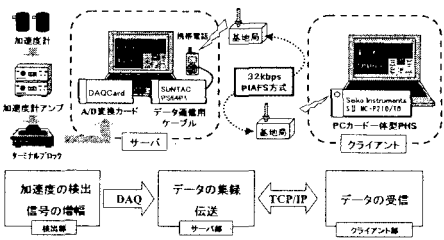


図-1 振動遠隔モニタリングシステムの概要

表-1 システムの器構成

	製品名
検出部	Model710 SA-610/H (加速度計) (アンプ)
サーバ部	DAQ Card-1200 LabVIEW (AD/DA コンバータ) (仮想計測器ソフトウェア) DynaBook SS3480 (ノート型 PC) U-Cable typeP1 PHS-J80 (データ通信アダプタ) (PHS)
クライアント部	MC-P210/TD (データ通信アダプター一体型 PHS) DynaBook SS3480 (ノート型 PC) LabVIEW (計測器ソフトウェア)

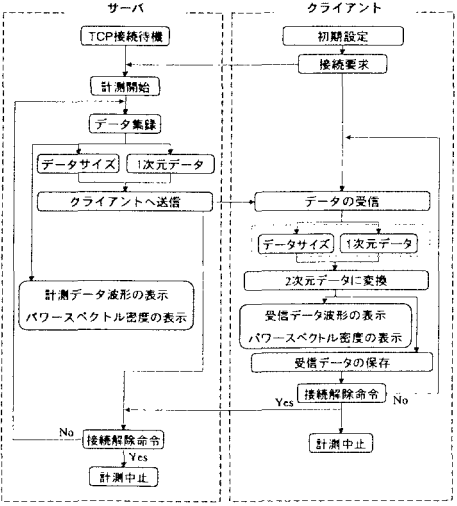


図-2 データ処理の流れ

3. PHSを用いた遠隔モニタリングシステムによる実橋計測

本システムを用いて、岡山県にある道路橋の振動加速度の無人計測を行うため、広島県の事務所から遠隔モニタリングを行った。この橋梁は走行車両の影響により発生する振動が大きいことから、この振動レベルを抑えるため橋梁の振動特性を変える対策を2回行った。この橋梁は3径間連続鋼床版箱桁橋で、対策毎に1つのスパンに仮の橋脚を1本ずつ設置し、見かけの剛性を増大させた。そして、常時微動の加速度を計測することで橋梁の振動特性を推定し、対策の経過に対応した振動数の推移を見ることにした。現場と事務所との距離は直線距離にして約146.3km離れている。その位置関係を図-3に示す。

図-4、図-5に、現場に設置した計測システムの状況と、事務所でモニタリングしている状況を示す。計測実施回数は対策前、第1回、第2回対策後の計3回である。計測システムは2か所の橋脚上に設置し、橋軸方向、橋軸直角方向、そして、鉛直方向の3方向の加速度を計測した。計測したサンプリング周波数は100Hzである。計測形態として、計測対象の橋脚間の距離は53.8mと近いことから、当初は2箇所を設置したシステム間を無線LANで接続し、携帯電話を1台だけ装着したコンピュータをサーバにして遠隔計測する予定であった。しかし、携帯電話では計測したデータをリアルタイムに転送するだけの転送速度を実現することができないため、各システムに携帯電話を装着することにした。

4. 観測結果と考察

図-6に走行車両による橋梁振動の加速度応答を、対策毎に計測したデータの中から1つの橋脚において、そのデータを15秒間サンプリングした結果を示す。横軸は時間軸で、縦軸は加速度(m/s^2)である。また、図-7に20分間計測したデータからスペクトル解析した波形を示す。横軸は振動数(Hz)で、縦軸は加速度(m/s^2)である。加速度応答の結果を見ると、橋梁の継ぎ手部における衝撃が発生していることがわかる。次にスペクトル解析結果を見ると、卓越している橋梁の振動数が、施行した対策によって確実に高くなっていることがわかる。これにより、橋梁の振動特性が変化し、そして振動レベルが対策前より低減していることが確認できた。

5. まとめ

本研究では、計測現場に設置するコンピュータにデータ転送用の公衆無線通信回線と振動計測機能を持たせ、モニタリング側と仮想計測空間を確立することで、道路橋振動の計測を無人で行う遠隔モニタリングシステムを構築した。そして、今回の実橋計測によりそのシステムの有効性と実用性を証明することができた。今後の展望として、この遠隔計測システムを遠隔地に点在している橋梁に設置することで、現場が仮想的に一つのシステムであるかのように構造物を集中管理するネットワークを構築することである。



図-3 現場と事務所との位置関係

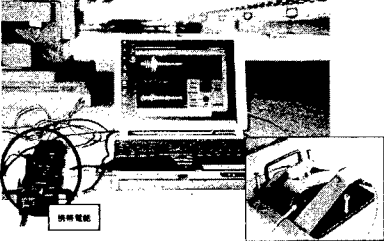


図-4 計測システムの状況

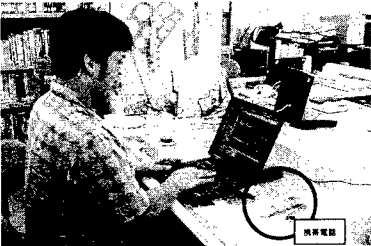


図-5 モニタリング状況

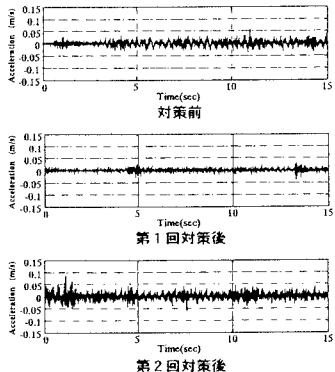


図-6 加速度の計測結果

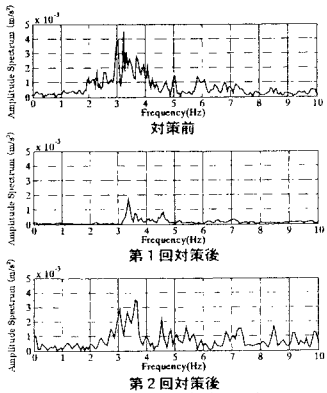


図-7 スペクトル解析の波形