実時間遠隔モニタリングシステムによる橋梁振動の無人計測

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
長崎大学工学部　学生員　田野岡直人　長崎大学工学部　正 会 員　河村　進一

１．はじめに

現在、我が国の構造物は耐用年数を迎えた施設が存在する．これらの既存構造物の健全度を評価し供用していくためには，より高精度な振動計測が必要である．しかし，モニタリングを必要とする施設が非常に多く，しかもそれらが遠隔地に点在しており，診断をする専門技術者が不足していることから、構造物の恒常的な計測が困難であるという問題がある．そのため既存構造物の運用状態を遠隔で監視する計測技術の開発が重要な課題となっている．

本研究は，仮想計測器ソフトウェアを用いて構造物の振動を計測する可搬型計測システムに，デジタル通信技術を応用して構造物の計測データを無人で伝送する実時間遠隔モニタリングシステムの開発を行った。また、実橋の振動実験により本システムの実用性を検討した。

２．実時間遠隔モニタリングシステムの開発

（１）実時間遠隔モニタリングシステムの概要

実時間遠隔モニタリングシステムの概要を図－1 に，実際のサーバ・クライアントを写真－1 に示す．本システムは可搬型計測システムに PHS とデータ通信用ケーブルを装着したものをサーバとする．そして Windows 98 のダイヤルアップネットワーク機能を用いてサーバ・クライアント間のデータ通信を行うものである．

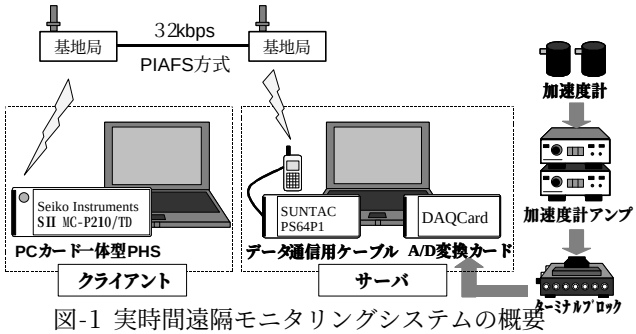
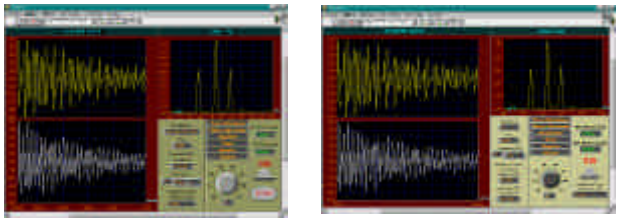


図-1 実時間遠隔モニタリングシステムの概要

クライアント側　　サーバ側

写真-1 実時間遠隔モニタリングシステム

サーバ側は PC でダイヤルアップサーバと遠隔計測用データ通信プログラムを起動させておく．遠隔計測を開始する際、クライアントからサーバにダイヤルアップするとサーバによって TCP/IP アドレスが割り当てられる．接続後，クライアントでデータ通信プログラムを実行すると遠隔計測が開始する．クライアント側のプログラムを終了すると，サーバ側での計測が終了する．計測の開始終了は全てクライアント側で操作が可能であり，サーバ側は一度システムを起動しおけば，無人で遠隔計測を行うことができる．



クライアント側　　サーバ側

図-2 データ通信パネル画面

（２）遠隔計測用データ通信プログラム

可搬型計測システムに使用した仮想計測器ソフトウェア LabVIEW(National Instruments 社製)には，TCP/IP 関連の機能を持った VI（Virtual Instruments）というプログラムがある．この VI を用いてサーバ・クライアント間のネットワークによるデータ通信が可能となる．データ通信におけるクライアント側・サーバ側の LabVIEW のデータ通信パネル画面を図－2 に示す．プログラムの流れとして，クライアント側の VI でサーバの IP を指定して IP 接続を行った所で計測を実行する．サーバでは計測開始の命令を受けて加速度計から検出した計測データをネットワークでクライアントに送信し、クライアントは受信した計測データを VI のパネル画面にリアルタイムに表示する．

キーワード：無人計測，データ通信，PHS，ダイヤルアップネットワーク，橋梁振動
連絡先：長崎大学工学部社会開発工学科（〒852-8521　長崎市文教町 1-14　TEL 095-847-1111 内線 2707）

３．実時間遠隔モニタリングシステムによる実橋実験

長崎市内の歩道橋を対象に実時間遠隔モニタリングシステムを用いて常時微動計測を行い，本システムの実用性を検討した．2橋の位置と写真を図-3、表-1 に示す． 実験方法としては本システムを用いて、橋梁に設置した加速度計より検出された常時微動信号を計測し、常時微動からの振動特性推定プログラム [1)]を用いて歩道橋の固有振動数と減衰定数の解析を行った．加速度計は橋梁のスパン中央に設置して鉛直方向の加速度信号を計測した．

図-4 に常時微動計測における振動波形を示す．受信した計測波形には、データ送信時のエラーによるデータの欠落は無く振動特性推定を行うのに問題はなかった．計測データは振動波形の自己相関関数をバンドパスフィルタによる処理を行い，非線形最小二乗法を用いて曲線適合することによって構造物の振動特性推定を行った．表－2 に１次から３次までの 2 橋の動特性推定結果を示す．

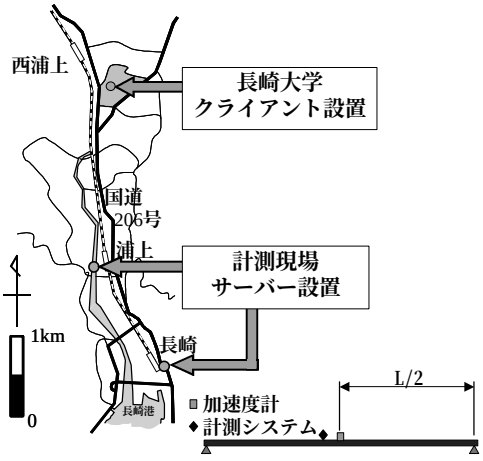
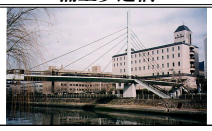
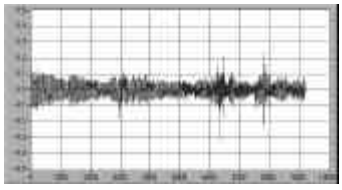


図-3 橋梁の位置関係

表-1 解析事例

	浦上歩道橋	長崎駅前歩道橋
		
橋長(m)	50.70	17.90
設置位置	25.35	8.95


浦上歩道橋

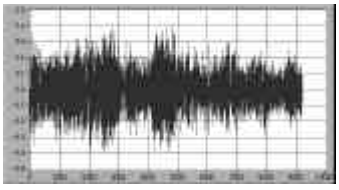

長崎駅前歩道橋

図-4　計測振動波形

表-2　常時微動実験からの動特性推定結果

	浦上歩道橋		長崎駅前歩道橋	
	固有振動数(Hz)	減衰定数	固有振動数(Hz)	減衰定数
1次	1.6662	0.0031	2.6972	0.0041
2次	3.8392	0.0016	4.9932	0.0020
3次	4.9246	0.0010	5.5508	0.0016

４．本システムの有効性

このシステムは計測現場にアタッシュケース１つで赴くことができ，計測開始までの設置時間が非常に短い．しかも，計測技術としては一般の計測機器と変わらない精度を持っているが，今までの計測システムと比較して非常に安価なものである．また、可搬型計測システムにデータ通信技術を用いたことにより、遠隔地の現場の計測データをリアルタイムでモニタリングすることができる．その結果、耐用年数を迎えた構造物の健全度を評価し供用していくために、早期対策を実行することができる．本研究の実験ではデータ通信の速度と安定性、そして通信コストを考慮して PHS を用いた。但し，PHS では通信エリアが限られているので、エリア外では通信コストが高くなるが携帯電話を用いる必要がある。今後の課題として，恒常的な計測を行うために，必要時に遠隔計測でき，必要のないときはサーバの電源をシャットダウンできるよう、クライアント側からサーバの起動・終了が任意に行えるようにすることが必要である．また，現在のシステムでは電源を機器本体のバッテリーから供給しているため，長期間の運用ができない．今後，太陽電池等を利用した電源供給対策が必要である。

５．まとめ

本研究では構造物の恒常的な計測を行うためにデジタル通信技術を用いて構造物の計測データを伝送し，遠隔でリアルタイムにモニタリングするシステムを実現した．このシステムはモニタリングを必要とする構造物がデータ通信端末のエリア内にあればサーバ側は無人で遠隔計測を行う事が可能である．

[参考文献]　1)岡林隆敏・山森和博・讃岐康博・田村太一郎：近接固有値を有する構造物の振動特性推定、土木学会論文集、pp.93-102(1999.10)