

インターネット技術を活用した橋梁の 施工管理のための遠隔計測システムについて

吉村 徹*1・岡林 隆敏*2・河村 進一*3・細川 雅史*4

1. はじめに

建設 CALS の本格的な導入とともに、建設現場内のコンピュータも建設会社の社内ネットワークやインターネットとの接続が必要となると思われる。この通信インフラを建設現場での計測にも適用し、建設現場での計測システムを見直すことは、作業効率の向上に繋がると考えられる。

パーソナルコンピュータの小型化、低価格化、さらに ADSL に代表される安価なインターネット常時接続サービスの開始等により、LAN の普及と通信機器の低価格が急速に進み、図-1 のような現場内 LAN の構築は容易になってきている。また、計測システム開発用のソフトウェアもより使いやすく優れたものが登場し、遠隔モニタリングシステムを構築する環境は整いつつある。

本稿では、まず遠隔計測システムを構築するための通信技術について述べ、熊本県に架設された佐敷大橋（仮称、以下、佐敷大橋と称す）の施工管理に適用した遠隔計測の事例について説明する。同橋の計測システムは、建設現場内に無線 LAN と有線 LAN を組み合わせた現場内 LAN を構築し、既存のデータロガーを、ノート型パーソナルコンピュータを介して LAN に接続したものである。計測機器と現場事務所をインターネットの通信方式である TCP/IP を使用し、計

測データの閲覧表示にはインターネット上で標準的に用いられている WWW ブラウザを活用した。

2. 遠隔計測のための通信技術

2.1 遠隔計測におけるデータ通信

遠隔計測を実現するには、通信機能をもつパーソナルコンピュータに計測用拡張ボード等を設置しコンピュータベースの計測を行うか、計測機器に通信機能を付加する必要があるが、過酷な作業現場での使用における信頼性と安定性の高さから、既存の計測機器を使用し、通信のためにパーソナルコンピュータを接続することとする。このような構成では、遠隔計測におけるデータ通信は図-2 に示すように、計測器とコンピュータとの間の通信であるデータ集録と、コンピュータとコンピュータとの間の遠隔通信に分けられる。

2.2 データ集録

既存の計測器にはパーソナルコンピュータとの間でのデータの授受に使用できるインターフェイスとして、RS-232C あるいは GPIB (IEEE-488) が装備されているものが多い。RS-232C は、転送速度が低く複数の機器の同時取扱

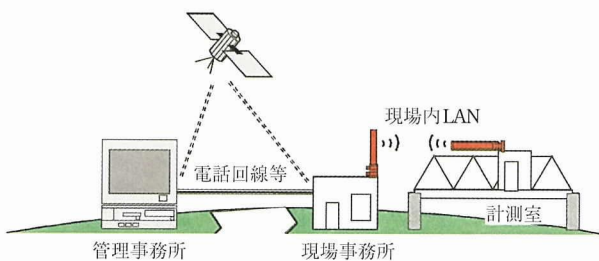


図-1 遠隔計測システムの概要

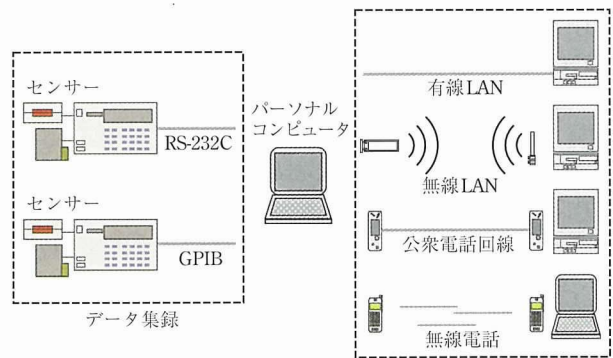


図-2 遠隔計測システムの構成



*1 Toru YOSHIMURA

オリエンタル建設(株)
福岡支店 技術部



*2 Takatoshi OKABAYASHI

長崎大学
工学部 社会開発工学科 教授



*3 Shin-ichi KAWAMURA

呉工業高等専門学校
環境都市工学科 助手



*4 Masafumi HOSOKAWA

長崎大学大学院
生産科学研究科

いが困難であるが、 GPIB では、各機器に GPIB アドレスを割り当てて識別することにより、複数の計測機器を同時に接続、制御することができる。

2.3 遠隔通信

コンピュータ間の遠隔通信は、インターネットで用いられている TCP/IP を利用した通信が一般的になってきている。表-1 にコンピュータ間通信に用いられる各種通信方式をまとめているが、今後の通信環境を考えると LAN を構築することが望ましいと考えられる。

表-1 各種通信方式の特徴

	通信速度	通信エリア
有線 LAN	10~1 000 Mbps	数 km
無線 LAN	2~11 Mbps	数 km
アナログ電話回線	最大 56 kbps	全国
ISDN 電話回線	64, 128 kbps	全国
携帯電話	9.6, 14.4 kbps	全国主要道路沿い
PHS	32, 64 kbps	都市部に限定
衛星携帯電話	4.8 kbps	地球規模

(1) LANによる手法

比較的狭い範囲内での通信には有線 LAN を使用することができる。また、電波を使用する無線 LAN は、通信距離 100 m 程度の屋内用と、指向性の鋭い専用アンテナを使用した通信距離 数 km の長距離通信が可能な屋外用の製品がある。とくに無線 LAN は配線敷設に要するコストが低く、短期間の建設現場での LAN 構築に有利である。

(2) 公衆固定電話回線による手法

遠隔地のコンピュータとの通信には、公衆電話回線が一般的に用いられる。電話回線とコンピュータとの接続にはモデムや ISDN ターミナルアダプタを用いる。接続時間が短い場合には有効である。

(3) 移動体通信による手法

携帯電話、PHS、衛星携帯電話等の移動体通信は設備が不要で一時的な利用に最適な通信手段である。しかし、通信料金が高価であるので、それぞれの特徴を考慮して使用する必要がある。

(4) 常時インターネット接続

都市部に限定されるが最近サービスが開始された ADSL や光接続サービス等の安価なインターネット常時接続サービスを利用すれば、インターネットを経由して通信することができる。ただし、情報漏洩やデータの改変などに対するセキュリティ上の配慮が必要となる。

3. WWWブラウザによる遠隔計測システム

3.1 計測システムのプログラミング

佐敷大橋における遠隔計測システムでは、計測用コンピュータとしてノート型パソコン (OS : MS-Windows 98) を用い、プログラミングは仮想計測器ソフトウェア LabVIEW (National Instruments 社製) を使用した。LabVIEW では、各種データ入力カード、GPIB カード等をサポートし、データの集録および分析を行うためのプログラム群が豊富に用意されている。さらに、Internet Develop-

ers Toolkit としてインターネットアプリケーション開発のための追加ソフトウェアが提供されており、これを組み込むことで、とくに WWW 関連アプリケーションを容易にプログラミングすることができる。

3.2 計測データ取得のための自動化

計測機器とコンピュータとの通信は GPIB を使用することとし、データロガーをコンピュータから操作し、データの取得を自動化するプログラムを LabVIEW で作成した。

3.3 遠隔計測におけるデータ転送

佐敷大橋にて構築した遠隔計測システムでは、インターネットの情報閲覧のための代表的なアプリケーションである WWW ブラウザを使用して、データ転送を行う。本システムの構成は図-3 に示すとおりである。計測用コンピュータは、GPIB でデータロガーと接続し、HTTP サーバを起動している。

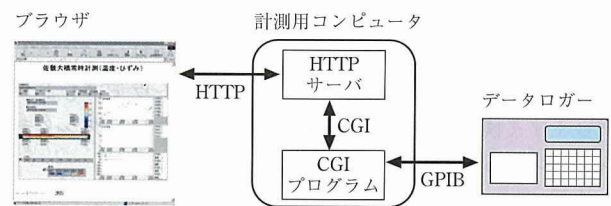


図-3 WWWブラウザによる遠隔計測システムの構成

通常、WWWブラウザでインターネット上のホームページを見る場合、目的の HTTP サーバに接続することとなる。しかし、HTTP 自体は、サーバ上に用意された HTML 文書を配信するだけの機能しかなく、HTTP サーバを起動しているコンピュータ上のプログラムを実行することはできない。そこで、CGI を利用して計測プログラムを実行する。ネットワークで接続された WWW ブラウザから、計測現場の機器を直接操作し、計測用コンピュータ上と同じ計測画面を表示することができる。

4. 佐敷大橋における遠隔計測システム

4.1 佐敷大橋の概要と施工管理

佐敷大橋は、熊本県南部に位置する芦北地方に架設された橋長 225 m、中央支間長 105 m を有する 3 径間連続エクストラードPC橋である。図-4 に、本橋の一般図を示す。

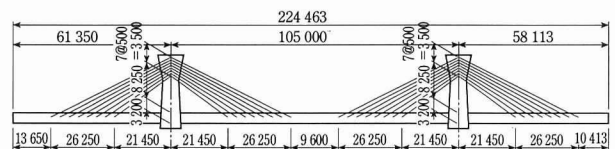


図-4 橋梁一般図

本橋の主要な施工管理項目は、主桁の上越し管理と斜材の緊張管理である。上越し管理は、最終的な主桁の出来高誤差が所定の許容値以内になるように、橋体温度や既設ブロックの経時挙動を考慮して、張出し施工中の型枠セット高で補正していく。斜材の張力管理は、PC桁橋のPC鋼材の

緊張管理と同様な方法で行うが、安全性の確認のために、経時挙動を把握する必要がある。そこで、遠隔計測システムでは、主に、表-2のような項目の計測を行った。

表-2 計測項目 (1橋体あたり)

計測項目	使用センサー	計測点数
斜材張力	ロードセル	8
主桁応力	埋込み型ひずみ計	6
温度	熱電対	11

4.2 佐数大橋の計測システム

(1) 計測システムの配置

図-5に、計測システムの構成を示す。P2橋脚とP3橋脚上にそれぞれ計測室を設け、データロガーを設置した。現場内LANを構築するために、P2およびP3計測室と事務所の間に無線LANを使用した。計測室と事務所との間は見通しが良く、無線LANを使用する環境としては良好であった。現場に設置した無線LANは、アイコム社製の無線LANユニットBR-200である。BR-200には、指向性アンテナと無指向性アンテナのシステムがあり、通信距離は指向性アンテナどうしで約2km、無指向性アンテナ-指向性アンテナ間で約1km、無指向性アンテナどうしで約0.5kmである。

現場内では、事務所に無指向性アンテナを設置し、P2、P3計測室に指向性アンテナを事務所側のアンテナに向けて設置し、事務所と計測室との通信を確立した。図-6に、無線LAN装置の設置状況を示す。

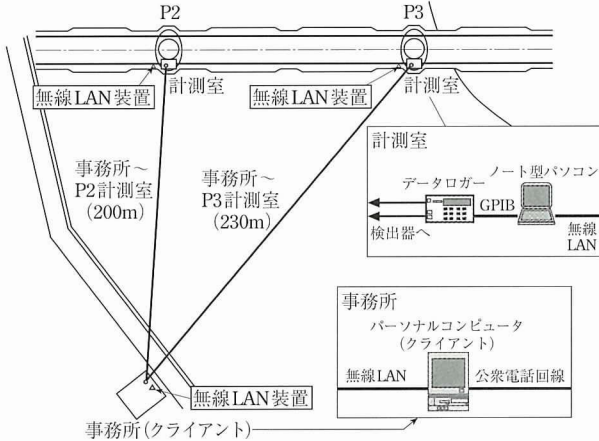
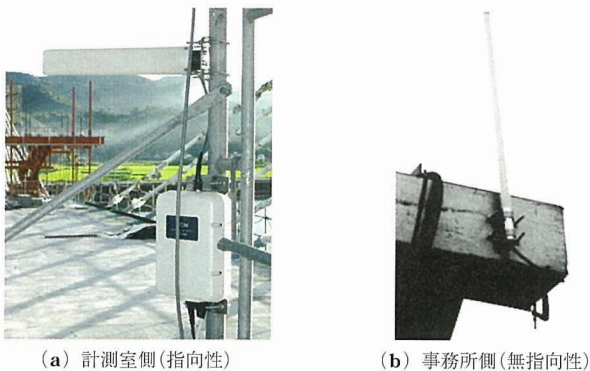


図-5 計測システムの配置



(a) 計測室側(指向性) (b) 事務所側(無指向性)

図-6 無線LAN装置の設置状況

(2) データロガーによる自動計測

計測室内では、設置したデータロガーの内部タイマーを使用して2時間間隔で自動計測を行った。計測データは、データロガーの内部メモリに記録し、データロガーに蓄積された計測データは、GPIBを介してノート型パーソナルコンピュータに転送する。

4.3 遠隔計測プログラムの概要

計測室のノート型パソコンでは、LANカードおよびGPIBカードを搭載し、LabVIEWにより作成した以下に述べる3種類のプログラムを使用して遠隔計測を実施した。

(1) データ表示プログラム

集録したデータを計測用コンピュータの画面上に表示するためのフロントパネルを図-7のように作成した。画面の左側には、最新のデータを数値と桁の温度分布図として表示している。また、画面右側には床版と斜材の温度および斜材の端部に設置したロードセルと床版のひずみを時系列グラフで表している。

(2) データ集録プログラム

データロガーから計測データを取り込むプログラムの流れを図-8(a)に示す。データは1日ごとにデータをまとめたファイルを作成し、ハードディスクに保存する。また、事務所のコンピュータにそのコピーを保存する。

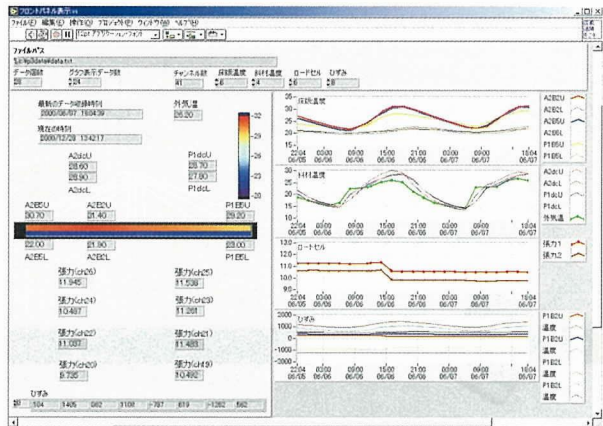
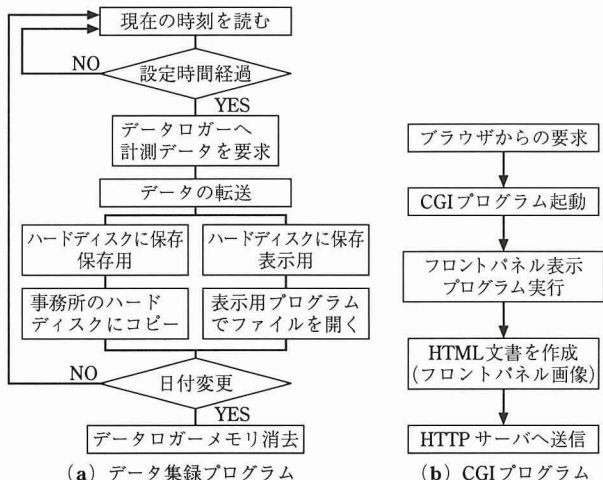


図-7 データ表示フロントパネル



(a) データ集録プログラム (b) CGIプログラム

図-8 計測およびCGIプログラムの流れ

(3) データ表示用 CGI プログラム

計測結果をブラウザに表示させるために使用するプログラムの流れを図-8(b)に示す。CGI プログラムは LabVIEW の追加ソフトウェアである Internet Developers Toolkit に含まれる CGI 関連のプログラムを使って作成した。これは HTTPサーバ (G Web Server) と連動して動作し、ブラウザからの要求があった場合に実行される。

4.4 計測システム導入の効果

計測されたデータは、データ集録プログラムにより、自動的にファイルに保存される。ファイルのフォーマットは、計測日時と計測結果を含むタブ区切りテキスト形式であり、通常の表計算ソフトを使用して容易に処理す

ることが可能である。以上のように、構築したWWWベースの遠隔計測システムにより、現場内 LAN 上のWWWブラウザで手軽に計測結果の表示が可能になった。とくに現場事務所からの遠隔計測が可能となったことにより、これまで計測室でデータ集録した後、計測データを事務所に持ち帰り、管理値と比較するといった作業が大幅に低減され、施工管理業務の効率化を図ることができるようになった。

参 考 文 献

- 1) 岡林, 吉村, 河村, 細川: 無線LANおよびインターネット技術を活用した橋梁施工管理のための遠隔計測システム, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.285~292, 2001.3

【2001年10月4日受付】



刊行物案内

第 10 回
プレストレストコンクリートの
発展に関するシンポジウム
論 文 集

(平成12年10月)

本書は、平成12年10月に淡路島で開催された標記シンポジウムの講演論文集です。

頒布価格：10 000円 (送料600円)

体 裁：B5判, 箱入り

内 容：特別講演2編 (15頁), 講演論文集173編 (924頁)