

(34) (仮称) 佐敷大橋における遠隔計測管理システム

熊本県芦北地域振興局 農地整備課 今田久仁生
 長崎大学工学部 社会開発工学科 岡林 隆敏
 鴻池・オリエンタル・佐藤建設工事共同企業体 松田 英夫
 同 上 正会員 ○吉村 徹

1. はじめに

(仮称) 佐敷大橋は、熊本県芦北地方に建設中の3径間連続エクストラードロードPC橋であり、3径間形式としては、九州初のエクストラードロード橋である。一昨年の3月に始まった本橋梁工事は、昨年8月より上部工の施工を開始しており、本年9月には中央径間部が閉合する予定である。

本橋では、施工管理のために現場計測を実施しているが、現場で得られる実測データを遠隔地で常時監視するために、遠隔計測システムを設置した。遠隔計測システムでは、現場に設けた2つの計測室とそこから約200m離れた現場事務所との間を無線LANブリッジで接続し、現場内LANを構成している。

本稿では、佐敷大橋上部工の施工概要、および、施工時の計測管理を実施する際に構築した遠隔計測管理システムについて報告する。

2. 施工概要

2.1 工事概要

工事概要を以下に示し、上部工の主要工事数量を表-1に示す。また、写真-1に施工(張出し架設)状況を示す。

工 事 名：芦北地区広域営農団地農道整備事業第1号工事
 工事場所：芦北郡芦北町女島(左岸)計石(右岸)地内
 工 期：平成10年3月10日～平成12年11月30日
 発 注 者：熊本県農政部
 構造形式：3径間連続エクストラードロードPC箱桁橋
 架設方式：場所打ち張出し工法
 橋 長：225.000 m (道路中心) 224.763 m (構造中心)
 桁 長：224.700 m (") 224.463 m (")
 支 間：60.750 m + 105.000 m + 57.513 m
 有効幅員：2.000 m + 7.250 m ~ 2.000 m + 10.250 m
 平面線形：R = ∞
 縦断勾配：3.5%~5.0%~1.294%
 横断勾配：2.0% (歩道) 2.0% (車道)
 活 荷 重：B活荷重
 角 度：A 2, P 3, P 2 = ∠R
 P 1 = 右73° 00'
 塩害対策：I区分

表-1 上部工主要数量

区 分	種 別	仕様・規格	数 量
主 桁	コンクリート	$\sigma_{c,k}=40 \text{ N/mm}^2$	2817 m ³
	鉄 筋	SD295A	348 t
	PC鋼材	SWPR7B, 1S12.7	84 t
SWPR19, 1S21.8		14 t	
斜 材	PC鋼材	SWPR7B, 19S15.2Ep	49 t
主 塔	コンクリート	$\sigma_{c,k}=40 \text{ N/mm}^2$	250 m ³
	鉄 筋	SD295A	37 t
	サドル, 架台	—	26 t



写真-1 張出し架設状況

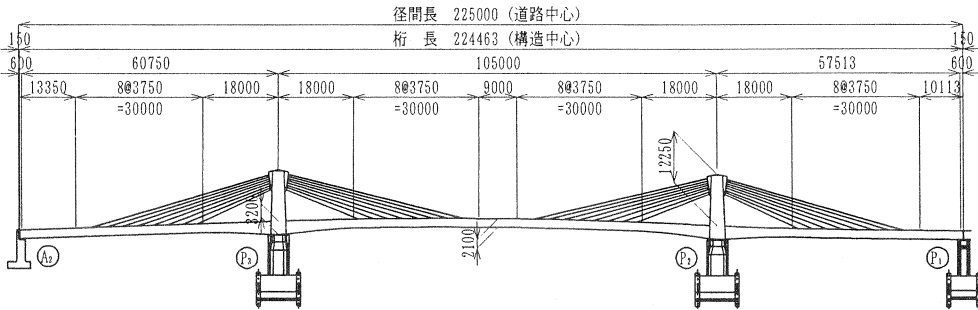


図-1 側面図

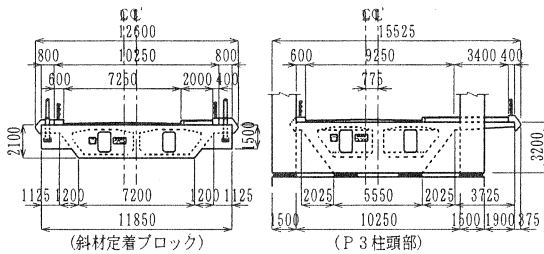


図-2 主桁断面図

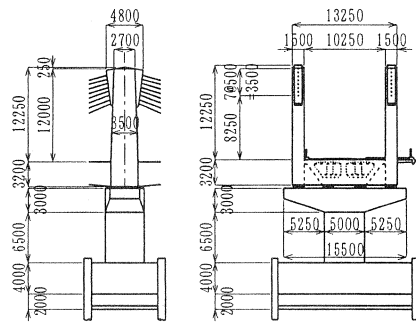


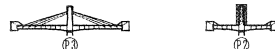
図-3 主塔・橋脚断面図

2.2 全体施工概要

図-1に本橋側面図, 図-2に主桁断面図, 図-3に主塔・橋脚断面図をそれぞれ示す。また, 本橋の施工順序を図-4に示す。柱頭部の施工では, 支保工は, 下部工で使用した仮設栈橋の支持杭を転用し, これらと橋脚頂部に取付けたブラケットとを併用した基礎構造とした(写真-2)。柱頭部完成後, P3柱頭部・P2柱頭部をそれぞれ中心とした13BLの対称張出し施工の後, 側径間部を吊支保工で施工し, 仮固定の解放後, 中央閉合部を吊支保工にて施工する。張出し架設では, 1基当たり約100tfの移動作業車を最盛期で4基使用した。また, コンクリート打設は, 本橋歩道側に沿って平行に架設した仮設栈橋上にポンプ車を配置して実施した(写真-3)。

表-2に主桁の施工サイクル工程を示す。施工順序は, 斜材の施工がクリティカルにならないよう工程を計画した。施工サイクルは, 標準ブロック(張出し1~4BL・13BL)で9日, 斜材ブロック(張出し5~12BL)で10~11日要した。斜材ブロックは, 中間横桁を有するブロックと有さないブロックがあり, 前者で11日, 後者で10日であった。

- ① 柱頭部→移動作業車組立→張出し施工→主塔→張出し施工



- ② P3橋体 移動作業車解体→A2側径間の施工



- ③ P2橋体 移動作業車解体→P1側径間の施工



- ④ P3橋体仮固定の解放→P2橋体仮固定の解放



- ⑤ 中央閉合部の施工→地覆工



図-4 施工順序

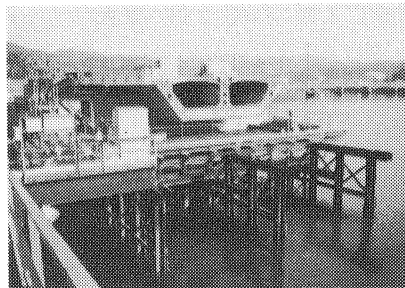


写真-2 柱頭部施工状況

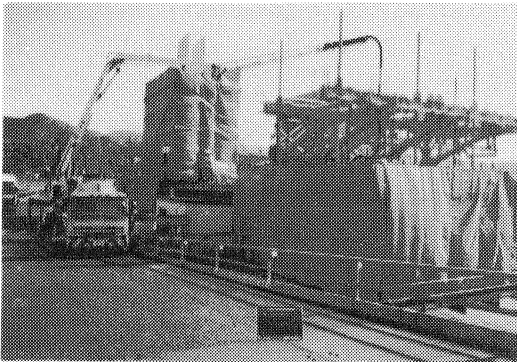


写真-3 コンクリート打設状況

表-2 主桁施工サイクル工程（斜材ブロック）

工種	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ワーゲン移動	■										
型枠組立解体	■				■						
鉄筋・PC鋼材	■		■								
コンクリート打設	■								■		
養生	■									■	
PC鋼材緊張											■
斜材保護管架設		■									
斜材ケーブル挿入			■								
斜材緊張					■						

3. 斜材工

本橋では、斜材ケーブルには、エポキシ被覆（防錆対策）されたPC鋼より線を19本束ねて現場で製作するディビダーク・ステーケーブルシステム19S15.2Epを採用した。以下に、架設から緊張までの施工概要を述べる。

3.1 架設

エクストラロード橋の斜材の架設は、従来より総足場工法が多用されているが、本橋では、張出し1~4ブロック付近での足場（ピティ枠）の組立が困難であったため、外套（保護）管を直接吊り上げて架設する方法を選定した。斜材保護管は、栈橋上に組立てた架台上にて、1本当り数箇所の溶接を行って組立てた。組立完成後、25t吊ラフタークレーンにて直接吊り上げて架設した（写真-4）。

3.2 挿入

図-5に、主桁側の斜材ストランドの挿入要領図を示す。本橋では、斜材の施工が工程にクリティカルとならないよう、ワーゲン移動後に既設ブロックの斜材工を実施した。また、斜材はウェブの外側で定着される構造（図-2）であるため、挿入作業は、ケーブルシースや鉄筋を組立てている側枠パネル裏側での作業となり、作業空間を確保するために、一部型枠フレームの改造が必要となった。

3.3 緊張

写真-5に斜材の緊張状況を示す。緊張は、マルチストランドジャッキ4台を使用し、それぞれを同時に同調させて張力を導入した。また、導入力を精度よく管理するために、緊張ポンプの圧力を0.1MPa単位で計測できるデジタル指示計を使用した。全8段のうち、下側4段目までの斜材には、張力の経時変化を常時把握できるように、斜材を構成しているPC鋼より線のうち1本のストランドに口

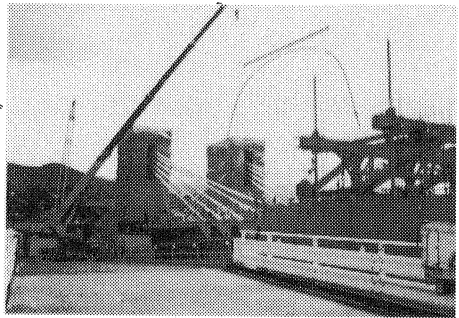


写真-4 PE管架設状況

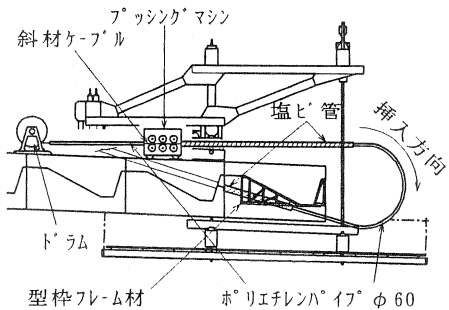


図-5 挿入要領

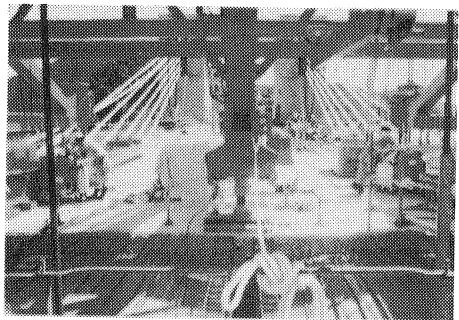


写真-5 斜材緊張状況

ードセルを設置した。ロードセルを設置するストランドは、マルチストランドジャッキを取り外した後、シングルストランドジャッキにて緊張した。

4. 遠隔計測管理システム

近年、パーソナルコンピュータの発達と共に計測技術も著しく発達し、小型で高性能な計測が行えるシステムの開発が可能となってきた。本橋では、P2橋体およびP3橋体に計測室を設けているが、それぞれの計測室にて得られる実測データを、そこから2.00mほど離れた現場事務所においてモニタリングするために、無線LANによる遠隔計測管理システムの開発を行った。無線LANとは、電波を利用して無線通信を行うものであり、ノート型コンピュータとの相性もよくLANの新しい形態として注目されている。

このシステムの開発は、建設産業に急速に普及しつつある建設CAL Sの将来的動向を視野に入れ、インターネットや通信衛星を利用した情報伝達技術の開発の一環として実施したものである。

4.1 計測項目

本橋の主な施工管理項目は、主桁の上越し管理と斜材の緊張管理である。そこで、施工時の主桁や斜材の経時変化を的確に把握するために、施工時計測を実施した。また、設計条件の妥当性を把握するための応力計測なども実施した。表-3に本橋の計測項目、図-6に計測器配置図を示す。

表-3 計測項目

対称部材	計測項目	計測器	計測目的
主桁	温度	熱電対	温度変化によるたわみ変形量の把握、および、実測出来高を設計基準温度値に補正するために実施する。
	応力	ひずみ計 無応力計	コンクリート応力を測定することにより、応力の経時変化が計画通りであることを確認する。
斜材	張力	ロードセル	ケーブルを構成しているPC鋼より線のうち1本に設置して、導入張力と経時変化量を測定する。
	温度	熱電対	温度変化による張力変化量の把握、および、実測値を設計基準温度値に補正するために実施する。
風観測	風向・風速	風向風速計	架設地点における風の特性を計測して、斜材制振装置の必要性の有無を検討する資料とする。

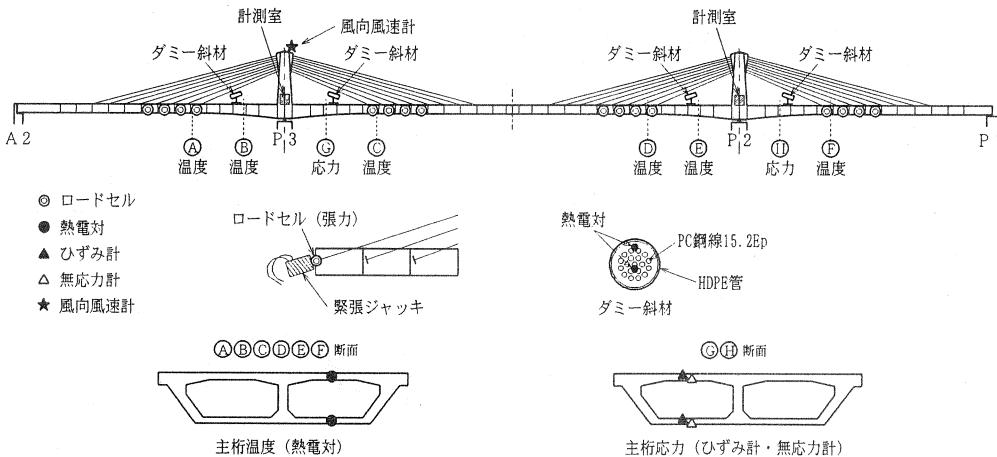


図-6 計測器配置図

4.2 インターネットによる遠隔計測

本橋において実施した遠隔計測は、ブラウザを使ってネット接続(LAN接続)された、現場のノート型コンピュータの計測プログラムを実行して行った。プログラミングには仮想計測器ソフトウェアであるLabVIEW(National Instruments社製)を使用しており、ノート型コンピュータには、HTTPサーバーとCGI

プログラムを使用するために LabVIEW の Internet Developers Toolkit を組み込んだ。図-7 に示すように、計測室に常設するノート型計測用コンピュータ上で HTTP サーバーを立ち上げ、電波を伝送媒体として、ブラウザ (クライアント側=現場事務所) に情報を提供することができる。さらに CGI プログラムを使って計測プログラムの制御を行なう。

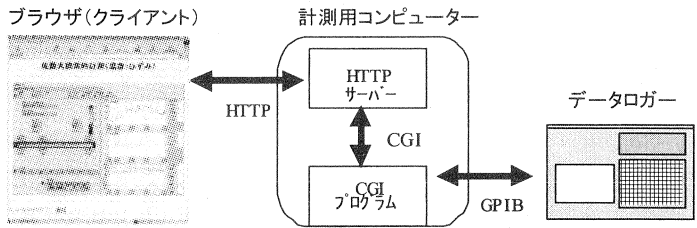


図-7 HTTP と CGI による計測

4.3 無線LANによる計測システム

本橋では、施工時計測のために、P2橋体およびP3橋体にそれぞれ計測室を設けた。それぞれの計測室にはデータロガーを常設しており、温度や斜材張力などの実測データは、自動計測されてデータロガーの内蔵メモリに一時的に保存される。そこで、個々の計測室において得られる実測データを、そこから200m程離れた現場事務所において管理するために、計測室と現場事務所との間を無線LANブリッジで接続し、現場内LANを構成した。

無線LANブリッジとは、電波を利用して無線通信を行うネットワークである。電話回線などのメタルケーブルや、光ケーブルを介して通信を行う有線システムに比べ、配線工事がアンテナを設置するだけで済むため、現場内において、低コストで通信LANを構築できる。図-8に、無線LANを利用した本橋における遠隔計測システムの概要図を示す。

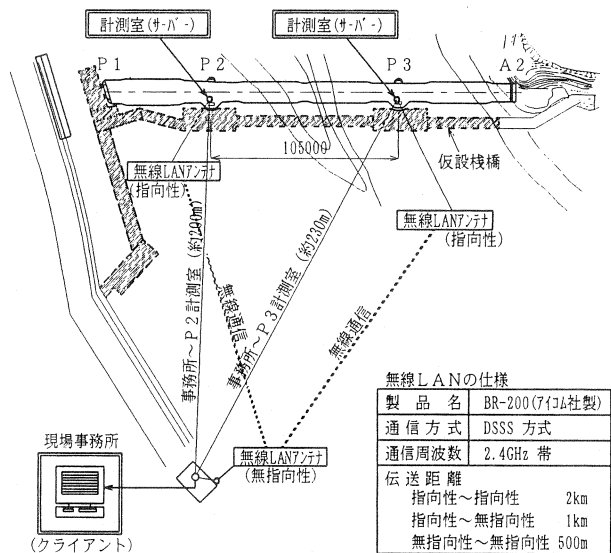


図-8 無線LANによる現場内遠隔計測システム

図-8に、無線LANを利用した本橋における遠隔計測システムの概要図を示す。本橋では、アイコム社製の無線LAN装置 BR-200 を使用した。また、無線LANユニットは、使用するアンテナの組み合わせによりデータの伝送距離が異なる (図-8、無線LANの仕様参照)。本橋では、現場事務所側に無指向性アンテナを設置し、計測室側に指向性アンテナをそれぞれ設置した。

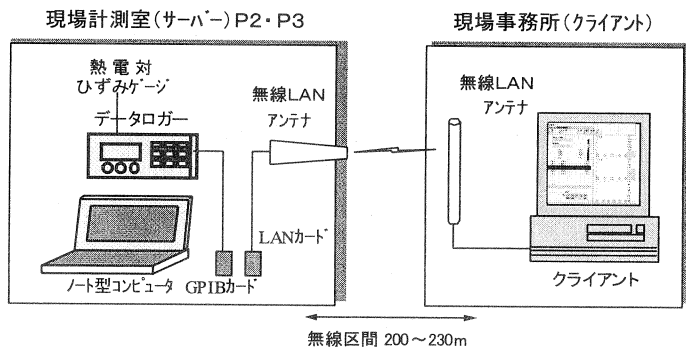


図-9 遠隔計測システム構成図

4.4 遠隔計測

図-9に、遠隔計測のシステム構成を示す。P2橋体およびP3橋体に設置したそれぞれの計測室には、データロガーと制御用のノート型コンピュータを設置した。データロガーは2時間おきに自動計測を行って

おり、主桁内の温度、コンクリートひずみ量、ダミー斜材の温度および斜材張力(ロードセル)の実測値が、逐一内蔵メモリに保存される。ノート型コンピュータは、GPIBでデータロガーと接続し、データロガーを操作できるようにし、さらにHTTPサーバーを立ち上げている。現場事務所のデスクトップ型コンピュータ(クライアント側)で、ブラウザを使用して、計測室のノート型コンピュータ(サーバー側)を遠隔操作する。URLを指定すると図-10に示す画面が表示され、保存ファイル名を指定し実行すると、現場のノート型コンピュータはデータロガーから蓄積されたデータを読み取り、計測データをテキストファイルに保存する。ブラウザには現在の温度およびひずみ量、過去48時間の変化の様子が表示される。保存データは、LANを使ってファイルを共有することで、自由に扱うことが可能である。

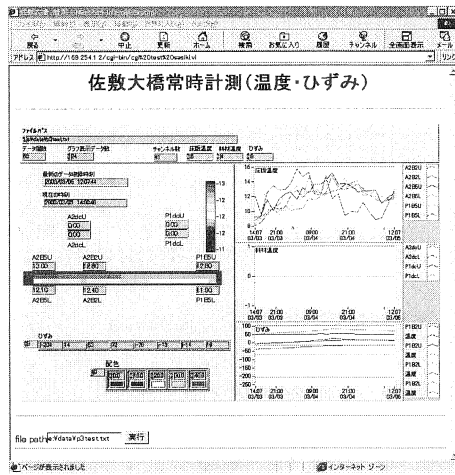


図-10 現場事務所における遠隔計測画面

注釈) HTTP: インターネットで利用される web サービスを実現するためのプロトコル。
CGI: HTTP サーバー上のプログラムを実行し、その結果を処理するためのインターフェイス。
GPIB: 複数の計測器間で通信するためのインターフェイス。

5. おわりに

本稿では、佐敷大橋橋梁工事の上部工の施工概要について報告した。本年7月末時点での工事の進捗状況は、P3橋体側はA2側径間の施工に取りかかっており、P2橋体では、張出し12BL目を施工中である。

本橋では、施工時に実施した現場計測において、現場で得られる実測データを遠隔地となる現場事務所にて管理できるように、無線LANを利用した遠隔計測管理システムを開発した。計測の結果、データの配信およびシステムの有効性も確認できた。無線LANで使用される電波は、アンテナ間に電波を遮蔽する障害物が存在すると伝送距離が著しく低下する。本橋では、本体工事の全景が見れるほど見晴らしのよい場所に現場事務所が設けてあり、無線LANを使用しやすい環境条件であった。今後は、無線LAN装置がどの程度の環境条件に影響されるか十分把握するために、実証実験など実施していく予定である。また、将来的には図-11に示すように、複数の工事現場の状況を広域から把握できるようなネットワークの開発が有用と考えられる。そこで、開発の初期実験として、無線LANとISDN回線を利用した広域モニタリング実験を実施する予定である。

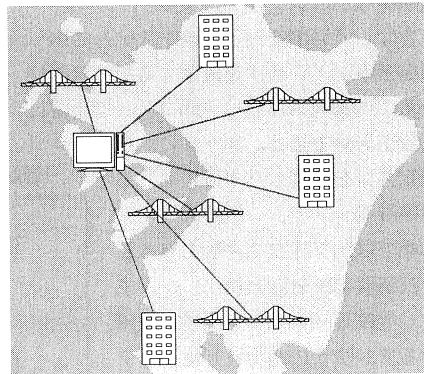


図-11 将来的構想図

参考文献

- 1) 今田,松田,永久,吉村: 佐敷大橋(仮称)の設計・施工,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, Vol.9, pp.609~614, 1999.10
- 2) 細川,岡林,河村,吉村: インターネットによる構造物の施工及び維持管理情報の遠隔モニタリング,土木学会年次学術講演会概要集, 2000.8 (発表予定)
- 3) 河村,岡林,高木: 移動体通信による橋梁振動の遠隔計測システムの開発,構造工学論文集, Vol46A, pp.539-546, 2000.3