

橋梁架設情報管理システム

測量・監視データをPHS通信で結び施工のIT化を図る

松本 三千緒

Keywords: Computerized execution, Network, PHS
情報化施工, ネットワーク, PHS

1. はじめに

従来、施工場所が河川の中に分散したり、部材の製作場所が遠く離れる場合が多い長大橋の架設工事では、大規模構造物であるがゆえの計測の難しさや、情報収集の難しさが伴う事が多く、その解決策が望まれてきた。本論文は、このような課題に対し、問題点の分析をおこない、これに適した機器・ソフトの研究開発および評価などを通じて得られたシステムの概要について報告するとともに、実際の現場で試行を行った結果について紹介するものである。



写真-1 長大橋梁の施工風景
Construction scenery of big bridge

2. システムの目的と要求事項

2.1 計測管理の視点から

本システムは、特に橋桁の高精度レベル管理が必要となる長大橋を目的に開発を行った。これらの橋梁では、斜ケーブルの張力管理や橋桁の形状管理の誤差が、それ以降の架設桁に累積誤差として影響を与えたり、橋軸方

向のわずかな誤差が橋桁先端での大きなずれにつながる。

しかし、橋梁上の相対的な測定のみでは出来形の把握は困難であり、陸上基準点からみた絶対座標としての把握が必要になってくる。さらに、橋梁形状は日射や風圧の影響により時間的にも常に変化しているため、計測にあたっては各計測データの同時性をいかに保つかがポイントであり、リアルタイムにデータを得なければ、各計測点から得られたデータの関連性が無くなってしまう。

2.2 情報管理の視点から

長大橋の工事では、工期短縮・コストダウンなどの理由から橋桁の製作ヤードと橋梁架設現場が別々の場所に遠く離れるケース（例えばプレキャストセグメント方式など）が想定される。また、橋梁自体も河川の中に数百m間隔で複数設置されるケースも多く、各橋梁での計測情報を総合して判断するための施工情報の収集が必要となってくる。しかし、施工環境から有線方式でのデータ収集は困難な場合が多く、また無線伝送においても出力や周波数などに制限があるため、大量のデータ（画像を含む）の遠距離への伝送は難しく、施工データの収集や監視をオンラインで行うための解決策が望まれた。

そこで、以上のような長大橋の特殊性と要求事項を考慮して本システムの開発を行った。

3. システム概要

高精度計測機器とPHSを組み合わせた3つのリモート計測システムを開発することで、前述の課題である高精度・絶対座標管理・自動化を図り、さらに広域でのデータ収集を可能にした。

3.1 橋桁レベル高精度リモート計測システム

橋桁の上げ越し管理で要求される精度およびレベル誤

差の累積を極力排除するため、またコンクリート構造物の乾燥収縮やクリープなど設計へのフィードバックを可能にするためには、実質的に1mm以下の精度が必要と想定された。そこで、分解能として0.1mmの精度をもつデジタルレベルをベースに駆動制御・CCDカメラなどを加えリモート化を図った。(写真-2)



写真-2 レベル機器のリモート制御
Remote control of the level device

3.2 橋梁全体の絶対座標リモート計測システム

橋長が200mを超え、かつ河川中に複数の橋梁が存在する長大橋では、一般の光学的な測量機器では全体を高精度に計測することは困難である。また、工事のための基準点は、安定した陸上部に設けられ、護岸その他の構築物のために計測点への見通しが得られない場合が多い。

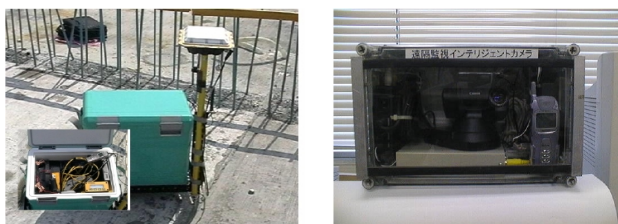


写真-3 GPSリモートステーションとリモート監視カメラ
GPS remote station and Remote observation camera

そこで、精度±1cmのGPSリアルタイムキネマティックをベースとし、SS無線・PHSによりリモート化を図った。(写真-3)

3.3 画像によるリモート監視システム

架設場所・桁製作場所・事務所などが遠隔に離れている場合など、各サイトでの施工状況を画像として把握する目的で、パン・チルト・ズームなど制御が可能なカメラとPHSを組み合わせ、リモート監視が行えるシステムを開発した。(写真-3)

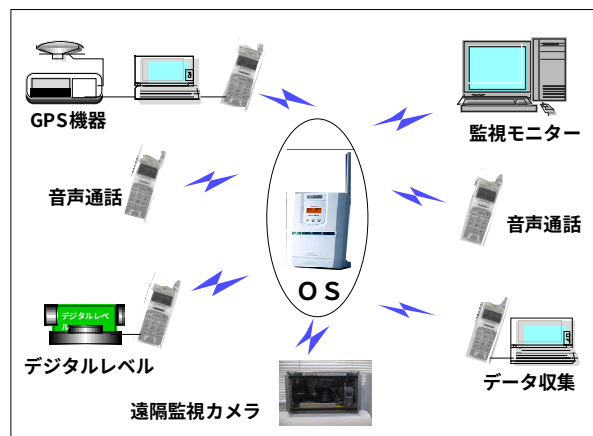


図-1 オフィスステーションによるPHSネットワーク
PHS network by office stations

3.4 広域データ収集ネットワーク

前記の各システムは、PHSを介して情報の送受が可能である。そこで、これらのデータの収集方法として2つの方法を試行した。まず、施工エリア内での情報収集を目的にOS(オフィスステーション)とPHSを使った内線モードでのデータ伝送を試行した。(図-1)

次に、各施工場所で計測された情報を、他の施工場所や現場事務所あるいは本社などで収集するために、PHS同士またはPHSとISDNによる公衆回線での情報伝送を試行した。(図-2)

これにより、現場内における情報収集、本社・支店等

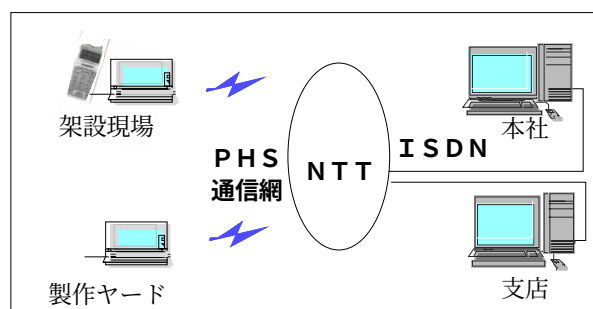


図-2 公衆回線によるPHSネットワーク
PHS network by public lines

遠隔からの現場情報収集の機能が検証でき、PHSと携帯端末によるモバイル化への対応可能性も示すことができた。

4. 現場への適用と検証

本システムを適用した損斐川橋梁は橋長約171mと244mのエクストラドーズド橋で、桁はプレキャストセグメント方式で架設を行っていく方式であり、橋梁の計測方法やデータ収集方法が課題となっていた。また、プ

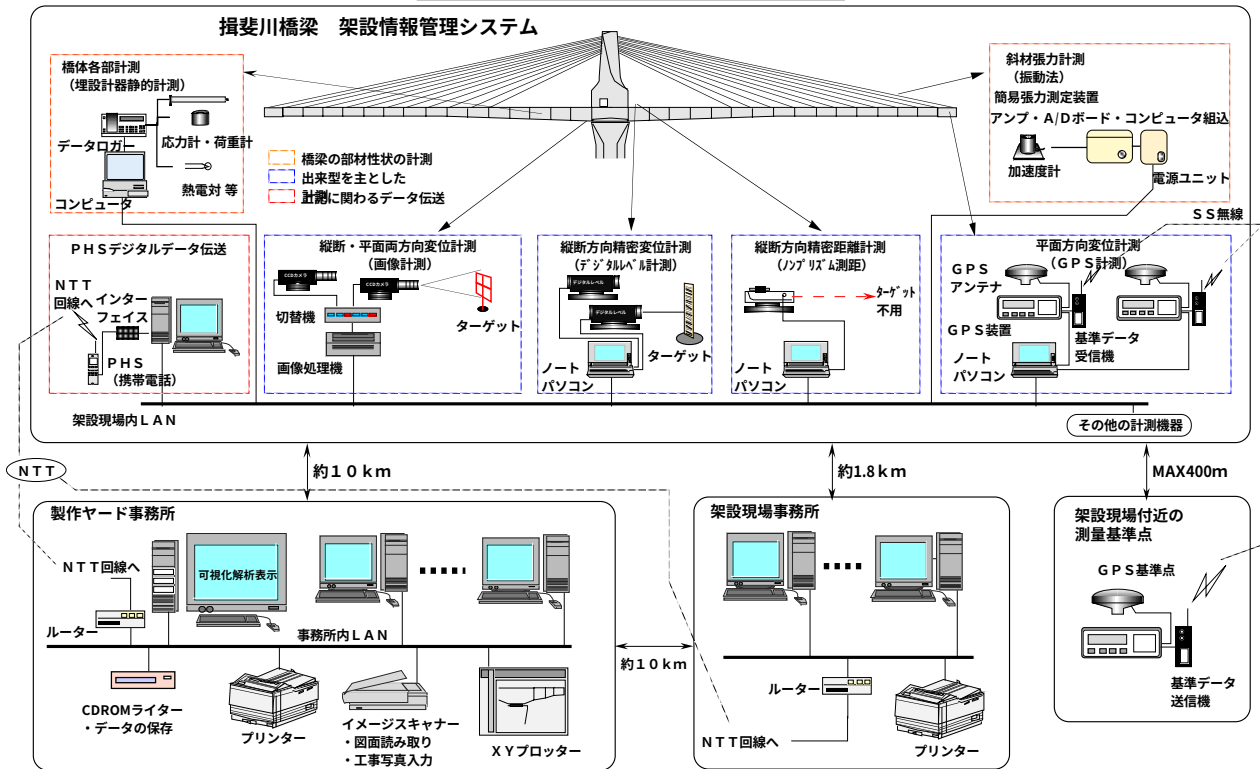


図-3 揖斐川橋梁での情報管理システム

Information management system of Ibigawa bridge site

レキャストセグメントの製作ヤードと架設現場は直線で10km以上離れており、こうした背景から、本システムの適用を進めた。この時のシステム構成を図-3¹⁾に、また現場・事務所間の位置関係を図-4に示す。

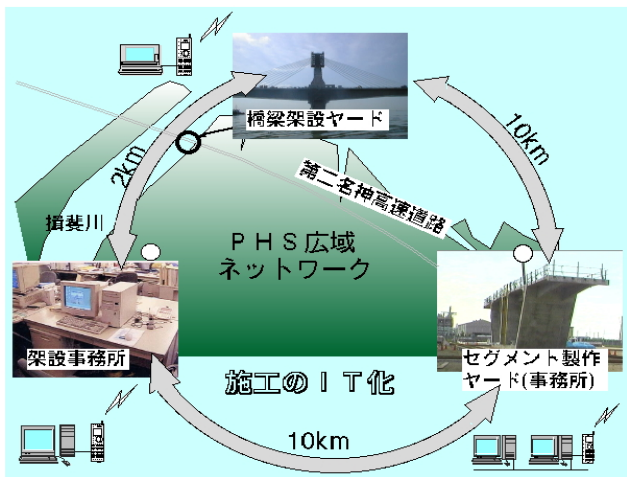


図-4 現場・事務所の位置関係

Location between office and site

4.1 PHSによるデータ収集

張力や応力の計測データ、桁レベル計測データ、橋梁全体の絶対座標計測データなど現場情報を収集するため前述のOSによるPHSネットワークを、また遠隔への

情報伝送には公衆回線によるPHSネットワークを利用した。その結果、

- ・ OSによるPHSネットワークはOSを中心に半径約200mの範囲まで情報通信可能である。
- ・ 公衆回線によるPHSネットワークは、NTTのPHS基地局との距離が300m以上離れていたが、十分な感度でデータ通信を行うことができた。この理由として、施工場所が河川の中央であり他の障害物が少ないため電波の減衰が少なく、通常よりも通信距離が伸びたためと判断される。

4.2 橋梁出来型計測

GPSによる橋梁中心線（橋軸）の絶対座標計測から、この施工段階での設計値と実測値は水平方向で+20mmから-30mm程度の差があった。（図-5）

これを角度に換算すると、橋軸方向の測定点間のスパンが160mで、横断方向の差が50mmであるため、

$$\arctan(0.05/160) = 0.017$$

となり、全体的に橋軸方向が 17/1000 度ほど時計周りに回転していることになる。このように、スパン 200m 以上におよぶ橋の軸方向の座標を $\pm 10\text{mm}$ の精度で捉えることは従来の計測方法では難しく、GPS による地上基準点を利用した絶対座標計測の有効性が検証された。

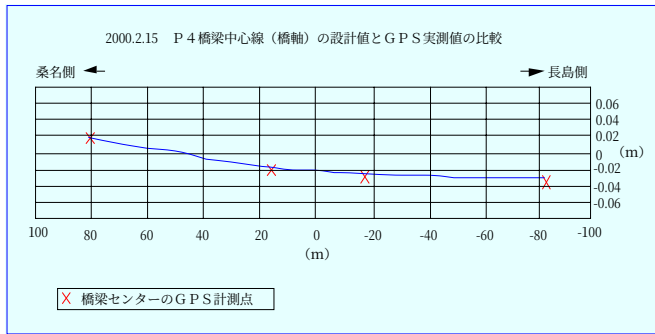


図-5 GPSによる橋梁中心線の計測

Measurement of the bridge beam center line by GPS

また、図-6 はデジタルレベルによる橋桁レベルの計測結果をコンタ図にて表現したものである。図-6 で左側の3つは各日時でのレベル計測値を示し、右側2つは、日時の違いによる差分を表示したものである。このような変動が観測された原因として、

- ・ 温度・日射による斜ケーブルの伸縮
- ・ 桁自体の伸縮

などが考えられる。このように、本システムによりレベル計測が（10 秒／ポイント）程度に短時間化でき、最大 256 ポイントにおよぶ測定点に対し、同時性を高めて計測を行うことが可能になった点は成果の一つとしてあげられる。

5. まとめ

本システムを開発し、現場に適用した結果、以下の特徴を検証する事ができた。

- ・ GPS 機器のネットワーク化により、橋梁の3次元的挙動が mm 単位、かつ 20 回/秒で計測でき、また橋桁セグメントの挙動を橋脚の沈下等に影響されず絶対座標で管理できる。
 - ・ レベル機器のデジタル化、リモート化により、橋面レベルを 0.1mm の精度で短時間に連続計測できる。
 - ・ PHS は公衆回線により日本全国からデータ通信が可能のほか、現場内は内線データ通信を利用できるので、24 時間デジタル映像監視や施工データ収集などを経済的に運用できる。
- 今後は、「建設 CALS」への対応や、ダム・広域造成工事なども視野に入れ、建設工事の総合 IT 化を図りたいと考えている。

参考文献

- 1) 松本三千緒，堀田明男：「マルチメディア情報化施工システム」，建設機械と施工法シンポジウム論文集，p.114-117，1999

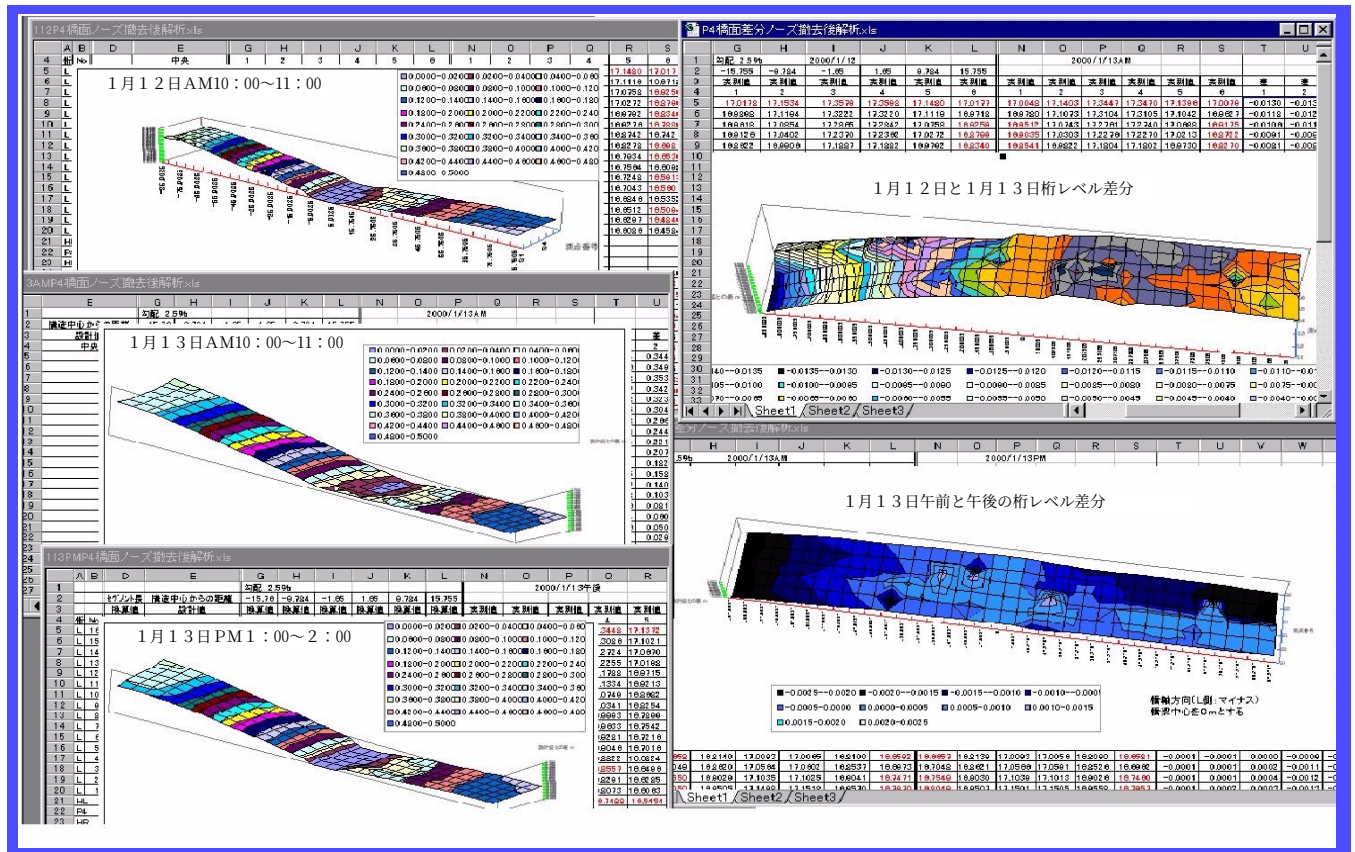


図-6 橋桁レベルの挙動

Motion of a girder level