

## 橋梁の計測システム

中 勇治<sup>1)</sup> 吉村 文達<sup>2)</sup>  
 森本 喜典<sup>3)</sup> 伊藤 裕彦<sup>4)</sup>

近年、鋼橋の製作・架設分野において、電子計算機をはじめエレクトロニクス機器の使用を前提とした ①省力化 ②短期化 ③品質向上などの要望がある。

一方、最近の計測技術の分野では、機器の小型化や精度、信頼性の向上を背景に、新しい応用機器の開発が見られる。当社においても、工場での仮組検査や架設現場での形状管理などの効率化をめざして『橋梁観測の計測システム』を開発したので、ここに紹介する。

### まえがき

従来から、橋梁の形状計測管理では、計測・記録・計算処理などを、リアルタイムに処理して、仮組、架設現場の施工途中で出来形管理をできるもののが要望があった。

本システムは、これらの要望に答えるべく市販の計測機器、小型コンピュータをシステム化したものである。これによると現場技術者は、ほしい情報を即、その場でディスプレイに表示されるので、リアルタイムの施工管理ができる。また、プリンター出力によりデータ整理などが省け、効率化が図れるものである。本稿では、主に仮組の計測に使用しているシステムを紹介する。

### 1. システム概要

仮組計測システムの概要を図-1に示す。

- システムは a. 形状計測サブシステム  
 b. 桁温計測サブシステム

から構成されている。

なお、現場計測用システムも同じ機器構成で、現場用には、斜張橋、ニールセン橋のケーブル張力計測サブシステムなどとのリンクができるものとなっている。さらに、現場に端末(PC9801)を設置して、工場にある大型汎用計算機をオンラインで使用できるものともなっている。

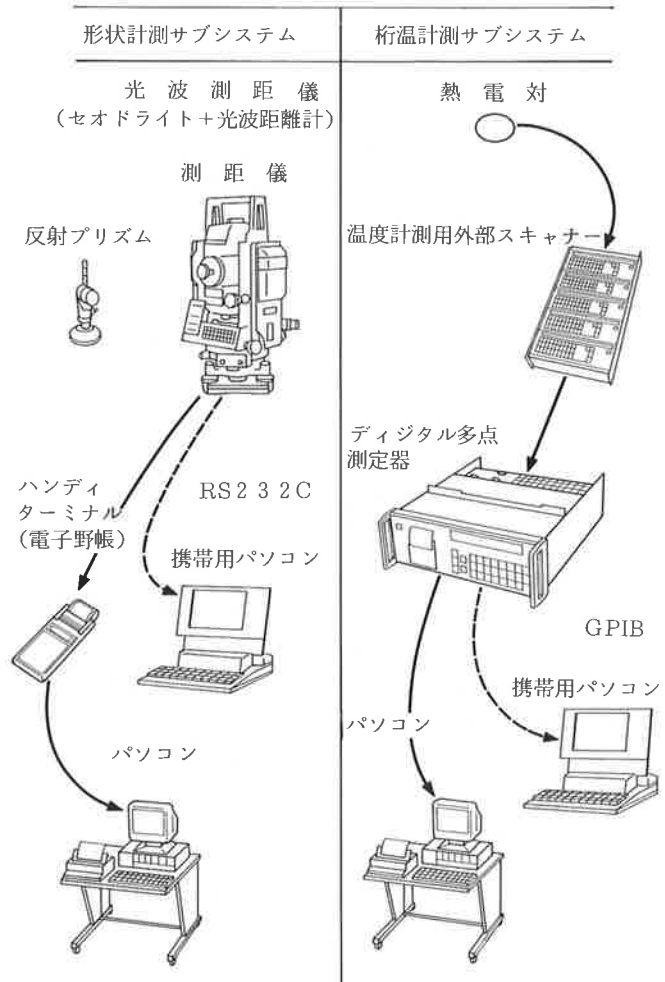


図-1 システム概要

1) 大阪工場 検査課副課長      2) 大阪橋梁技術部次長  
 3) 大阪工場 橋梁課副課長      4) 大阪工場 橋梁課技術係

(1) 形状計測サブシステム

光波距離機で各測点を照準すれば直ちに所要の計測値（支間長、対角長、主桁間隔、通り、カムバーなどの仮組検査項目）が、データターミナル、携帯パソコンを通してプリントアウト、あるいは、ディスプレイに表示できるシステムである。

図-2 にブロックダイアグラムを示す。

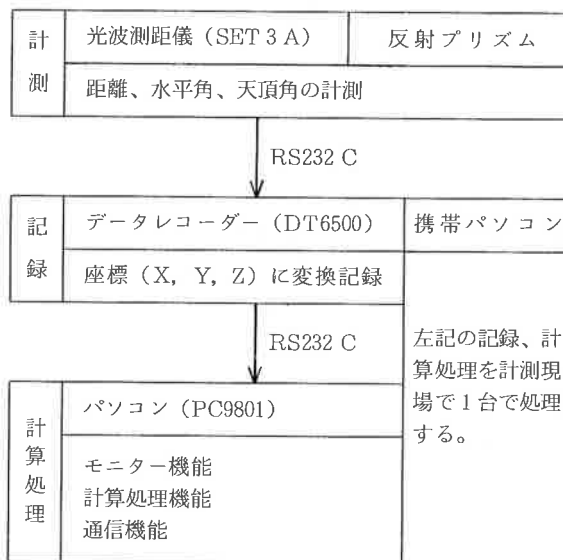


図-2 形状計測の処理の流れ

(2) 桁温計測サブシステム

一般に、構造物の形状・応力計測には、計測時の構造物の温度やその分布によって、その管理値が変化する。したがって、各種の計測時には、計測中の構造物の温度を計測し、リアルタイムに管理数値（形状、応力）を把握できるのが望ましい。

本サブシステムは、熱電対・測定器によって桁温分布を計測し、パソコンとリンクすることによって構造物の桁温分布をモニターすることができる。

さらに、計測温度を構造解析用の温度荷重としてパソコン上で変換し、搭載された変形法の解析プログラムによって温度変化に対応した管理形状を算出できるものである。

図-3 にブロックダイアグラムを示す。

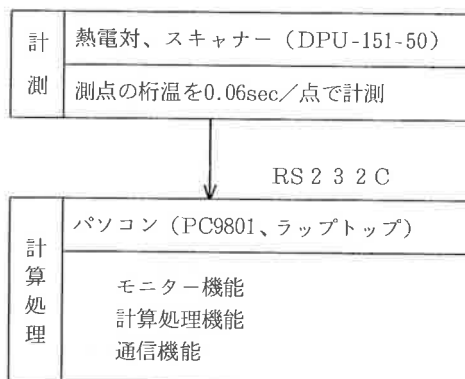


図-3 桁温計測の処理の流れ

2. 使用機器

各システムで使用している機器の特長、仕様の概要を示す。

(1) 測距測角儀 (SET 3 A測機舎製)

特長：①光波距離計とデジタルセオドライドを一体化した測距測角儀

②一度の測定で、水平角、天長角、斜距離、水平距離、高低差、X、Y、Z座標を表示する。

③測定データはRS232Cを介して出力され、データレコーダー、パソコンに接続することができる。

仕標：測距部	測距範囲	10…1,800 m
	測距精度	± (5 mm + 3 ppm・D)
	測距時間	通常測定 5 秒
望遠鏡部	有効径	45mm
	倍率	30倍
	視界	26m/1000 m
	最短合焦距離	1.3 m
測角部	インクリメンタル方式	
	水平角測定	最小表示 1 " 精度 4 "
	高度角測定	最小表示 1 " 精度 5 "

(2) 電子野帳 (DT6500 カシオ製)

特長：①測定データ（距離、角度）の自動記録、管理データ（作業者、日付、桁名）の記録、および、実測データをもとに各種の計算と表示ができる。

②DT 6500は、データ保存とRS232Cを通してパソコンへデータ転送できる。ラップトップは、DT6500 と同等以上の機能を持ち、主にモニター用に使用。

仕様：DT6500

メモリ	ROM	32kバイト
	RAM	192kバイト
表示部	液晶ドットマトリックス方式	
入力部	タッチパネル方式	
外形寸法	80×160×25mm	
重量	365 g	

(3) デジタル多点測定器 (DPU-102 ミネベア製)

特長: ①ひずみゲージ、ひずみゲージ応用変換器、電圧入力および、温度計測データを収集して、そのデータをプリントアウト、メモリーセーブまたは、外部出力する。

②パソコンと連動することによって、パソコンから計測コントロールができる。

仕様: 測定範囲 ひずみ ±40,000×10  
電圧 ±40,000μV  
熱電対 -200℃…350℃  
(レンジ切替え可能)

測定点数 外部スキャナーの使用によって1000点まで可能。

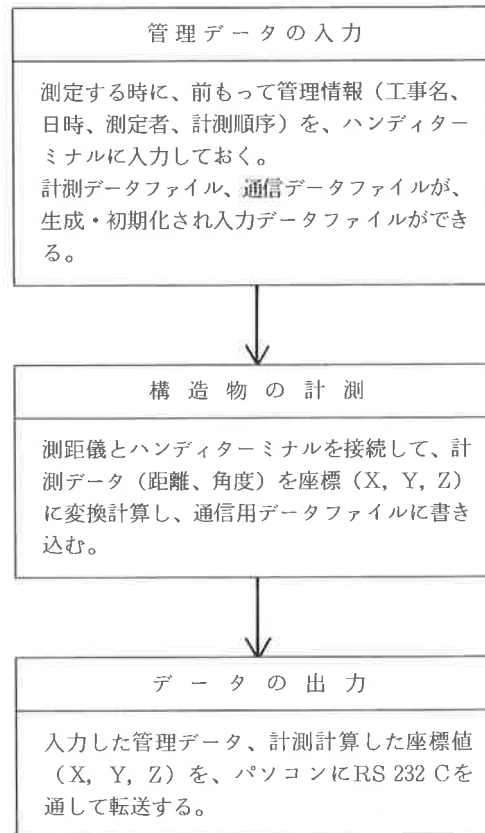
スキャン速度 0.06、0.2、0.5、2.0秒/点

データメモリ 5000 点・回数

インターフェイス GPIB  
RS232 C

外形寸法 142×403×492 mm

重量 15kg



3. プログラム構成

(1) 形状計測システム

- a. 計測処理ルーチン
- b. 計算処理ルーチン

本サブシステムは、これらのルーチンは、下記の2種類の機器構成で運用している。

運用方法-1 現場では、主にデータ収集し計算処理を事務所で一括処理する。  
計測処理ルーチンをDT6500に搭載し計算処理ルーチンをPC9801に搭載して機動力を発揮する。

運用方法-2 現場での機動性は劣るが、計測処理・計算処理ルーチンとも携帯用パソコンに搭載して、主に対話処理・現場モニター用に使用する。

a) 計測処理ルーチン

測距儀 (SET 3 A) を用いて、構造物の任意の位置を計測し、ハンディターミナル (DT6500) に計測結果を転送し座標値 (X, Y, Z) に変換記録する。

また、計測後、b. 計算処理ルーチンが搭載されているパソコンへ座標データの送信 (出力) できるものである。

プログラムの処理の流れを図-4 に示す。

図-4 計測プログラムのフロー

b) 計算処理ルーチン

計算処理ルーチンから転送された管理データ・座標データをもとにパソコン上で、支間長・対角長・主桁間隔・カムバー・通りなどの長さ(2点間距離)計算をおこなう。また、写真-1、2に示すようにモニター用にCRT上に、計算値をもとにしたスケルトン図、パース図を表示する。

また、計算結果は、データファイルにストアされ必要に応じて管理シートに出力される。

処理の流れを図-5 に示す。



写真-1

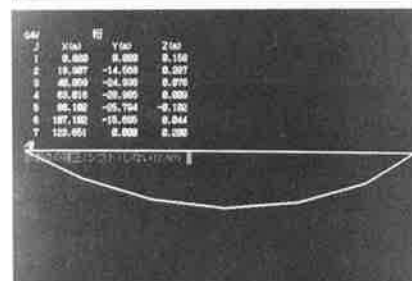


写真-2

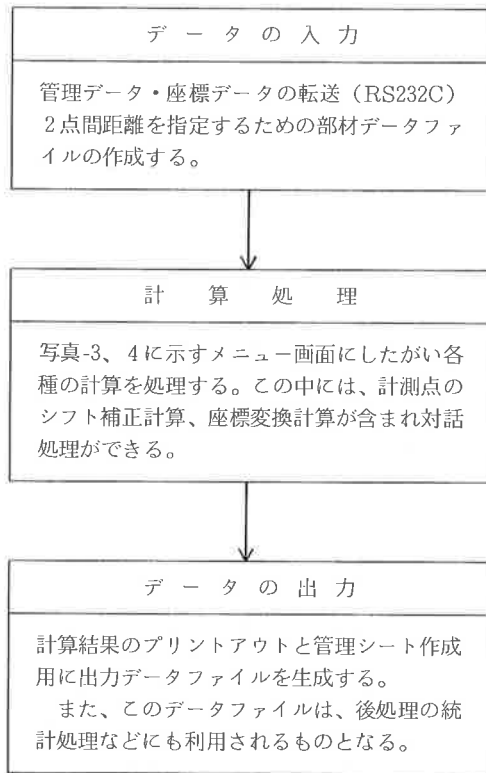


図-5 計算プログラムのフロー

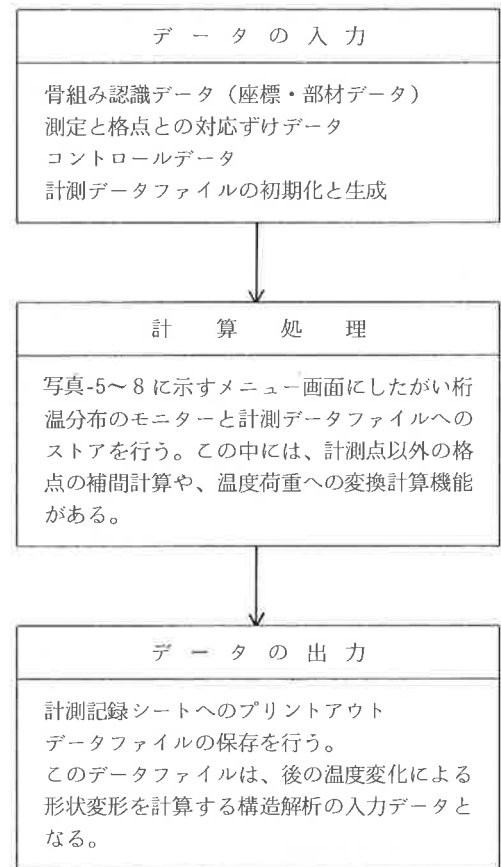


図-6 桁温計測プログラムのフロー

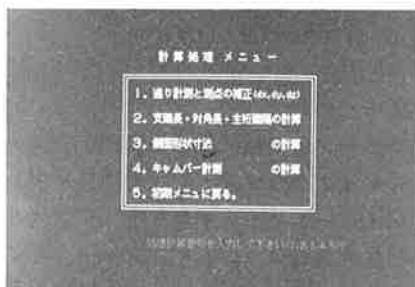


写真-3



写真-4

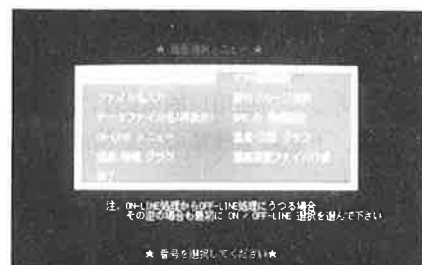


写真-5



写真-6



写真-7



写真-8

(2) 桁温計測システム

構造物の桁温分布を計測・モニターするため構造物に、熱電対をセットしデジタル多点測定器を通して計測データをパソコンに転送する。

本システムでは、転送されたデータをリアルタイムにCRT上でモニターしたり、パソコンから計測器をコントロールすることができる。

また、計測した温度データファイルを用いて構造解析用の温度荷重に変換を行い温度変化による形状変化を現場でリアルタイムに算出し、管理値の補正をすることができる。

プログラムの処理の流れを図-6に示す。

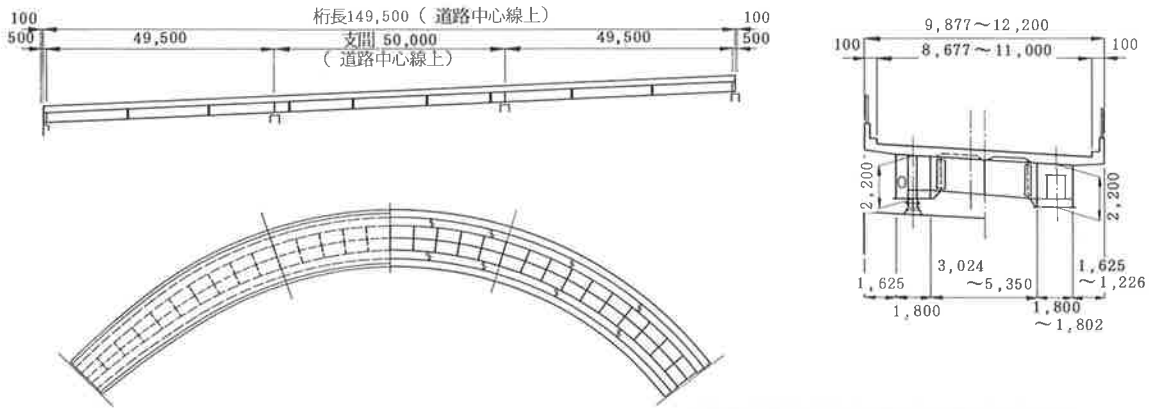


図-7 使用例の橋梁一般図

4. 使用例

図-7 に示す 3 径間連続 2 箱桁橋の形状計測とニールセン橋の桁温計測の例を紹介する。

(1) 形状計測

a) 事前準備

別システムの原寸システムから出力された検査シート (図-8) をもとに計測点、計測順序を検討し管理データを電子野帳 (HT-6500) のメニューにしたがい入力しておく。(写真-9)

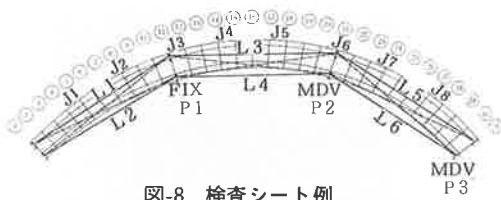


図-8 検査シート例



写真-9

b) 計 測

1) 測距儀と基準点の設置

測距儀を盛り変え移動しても構造物の各測点が同一座標系となるようするために、基準となる 2 点を設ける。(反射プリズムをセット) この 2 点で、図-9 に示す座標原点 (1 番目に照準した A 点) と X 軸 (2 番目に照準した B 点の方向) が決定される。

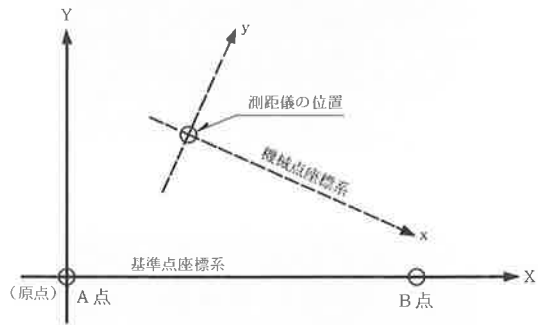


図-9 基準点と座標系

2) 構造物計測

構造物の各測点に反射プリズムをセットし測距儀から照準して計測する。この作業は、あらかじめプリズムを全測点にセットしておけば、1 人の操作者が照準してデータとりこみのワンタッチのキ操作で処理できるものである。使用状況を写真-10、11に示す。

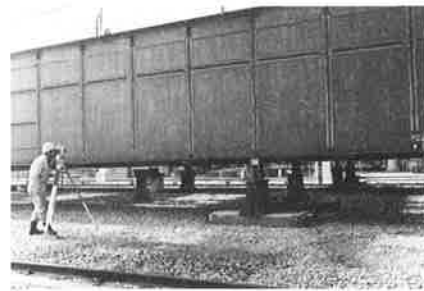


写真-10



写真-11

なお、測点にスラブアンカー、スタッドなどの障害物がある場合には、測点をシフトさせて計測するが、シフト量さえ計測しておけばプログラムで補正計算できるようになっている。

3) 計算処理

計測されたデータをパソコンに転送し、これを検査シートに出力する。これらの使用状況 (CRT画面) と出力結果を、それぞれ写真-12、13、図-10、11に示す。



写真-12



写真-13

工事名	00	
計測日時	621028	131500
計測計算項目	通り計測と測点の補正(dx,dy,dz)	
座標データ名	B:SAKAXYZ.OUT	
部材データ名		

G1			
J	X(m)	Y(m)	Z(m)
1	0.0000	0.0000	1.7890
2	0.5056	0.2016	1.8240
3	5.1152	1.8416	2.1080
4	9.8481	3.2012	2.3660
5	14.6431	4.2687	2.5950
6	19.5271	4.9659	2.7910
7	24.4293	5.3861	2.9610
8	29.3356	5.4783	3.0970
9	34.2509	5.2434	3.2000
10	39.1384	4.7036	3.2860
11	43.9940	3.8399	3.3580
12	48.0753	2.8854	3.4050
13	51.8017	1.9518	3.4400
14	57.4162	0.0000	3.4700

図-10 出力例-1

工事名	00	
計測日時	630120	110000
計測計算項目	支間長・対角長・主桁間隔の計算	
座標データ名	B:SAKAHASI.OUT	
部材データ名	B:SAKAHASICP	

M	J	K	Lo (m)	L (m)
3	47	51	24.4331	24.4347

工事名	00	
計測日時	630120	110000
計測計算項目	支間長・対角長・主桁間隔の計算	
座標データ名	B:SAKAHASI.OUT	
部材データ名	B:SAKAHASICP	

M	J	K	Lo (m)	L (m)
4	48	52	24.4301	24.4317

図-11 出力例-2

(2) 桁温計測

a) 事前準備

構造物に熱電対ケーブルをセットし、計測用のコントロールデータ (計測点数、計測時間間隔、モニター方法の指定など) をパソコンに入力しておく。

b) 計測

パソコンから計測機器をコントロールして桁温をモニターしている状況 (CRT画面) を写真-14、15に示す。

c) 計算処理

計測された温度のデータファイルを加工して構造解析の温度荷重を生成する。これを別プログラムへリンクし温度変形計算などを行う。

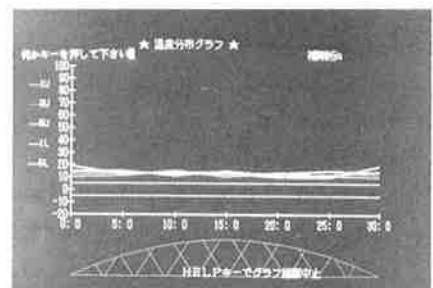


写真-14

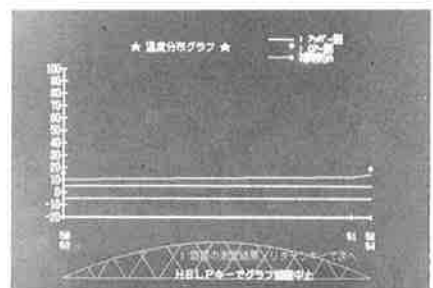


写真-15

あとがき

現在、本システムは、主に仮組の社内検査用に使用しているが、今後、立会検査にも運用するようにしていく予定である。また、今回紹介した光波測距儀 (SET 3 A 測機舎製) の精度については、高価な高精度の機器もあるが、従来のレベル、スタッフ、テープによる計測方法による精度と比較すれば十分な精度を確保していると思われる。

仮組時の計測データなどはデータベース化すれば統計処理用データとなり精度管理のための資料とすることができる。すなわち、統計手法を用いての誤差分布、傾向を各工程へフィードバックして品質向上・効率化などの効果が期待される。

これからも、安価で高性能の新製品が開発されてくるであろう。本システムも、今後、さらに拡充し、上記課題を実現してゆく予定である。