

II-55 鋼橋数値仮組立システム・自動計測システム開発について

日立造船(株) ○ 嶋 宗和
 日立造船(株) 横屋 進
 日立造船情報システム(株) 中野 清文
 (株) ソキア 田中 政芳

1. はじめに

鋼橋の製作において、製品の製作精度を確認するための作業として仮組立が行われている。この方法は、製品の精度を確認する上で最も確実な方法である。しかしその反面、広大なヤードと重機械を必要とし、作業には3K作業である高所作業を伴い、全製作工数の10%~20%を費やす等の問題を有している。また、近年、公共事業の建設費縮減を目的に鋼橋建設の分野においても新技術・新工法の工事への導入が盛んに行われている。これら、3K作業対策、建設費縮減対処方法として、従来実施されていた仮組立作業をコンピュータ上で置き換え、シミュレーションするシステムを開発した。本システムは大きく次の2つのシステムから構成されている。

①仮組立シミュレーションシステム

②自動計測システム

本システムの導入により製品精度の向上、工期の短縮化、省力化などの効果が確認できた。本稿では、これらシステムの内②自動計測システム中心に記述を行う。

2. 数値仮組立システム全体概要

数値仮組立システムの全体概要を図-1に示す。それぞれのシステムは独立した形で存在しており、他のシステムの影響を受けないように構築を行った。すなわち、仮組立シミュレーションシステムは、その上流システム

である設計・原寸システム、自動計測システムの座標データを一定の標準フォーマットで受け取ることが可能なシステムとなっている。

3. 自動計測システム

3.1 開発コンセプト

- ①橋梁部材(主桁、横桁、縦桁、対傾構、横構など)の完成後の計測を従来の方法より機械化、自動化し、人為的ミスを排除することで高度化をはかり、計測作業の効率化を達成する。
- ②計測は3次元座標系で実施する。また、得られた結果をデータファイルに格納する際、得られた情報(計測結果)を部材あるいは仮組立管理システムへリアルタイムに渡すことで、品質管理の徹底及び工程長の短縮を実現させる。
- ③システム導入の際、従来の生産ラインを大幅に変更したり、新規に計測建屋を建設する必要が無く、かつ設備投資がシステムの能力アップと共に拡張可能である。

上記の3点を開発コンセプトとした。

3.2 システムの開発目標

システムの基本的な開発目標としては以下の2項目とし、これらを実現させる具体的な目標を(1)~(9)として設定した。

①測距測角方式の3次元自動計測センサー(以下、計測センサーと略す。)と画像処理を組み合わせた完全自動計測システムとする。

②従来の3次元計測機による計測結果の取り込みが可能なシステムとする。

(1) 計測対象部材は静止状態とし①架台上②トレーラー(ゴムタイヤ)③台車(レール)上のいずれでも計測できる。

(2) 計測スペースは、日中の温度影響を避けるため屋根付きとするが、晴天夜間を前提とするならば屋外での計測も可能とする。

(3) 計測スペースは、若干の片づけ作業の後、他の作業(例えば溶接作業など)に解放できる。

(4) 計測は、自動化程度の高いものとする。作業要員は、搬入・搬出作業を含んで2名とする。(玉掛け作業が可能であれば女性でも可能)

(5) コンピュータ保護のため、NCルームを準備するが、そこまでのデータ転送はFDなどの媒体を

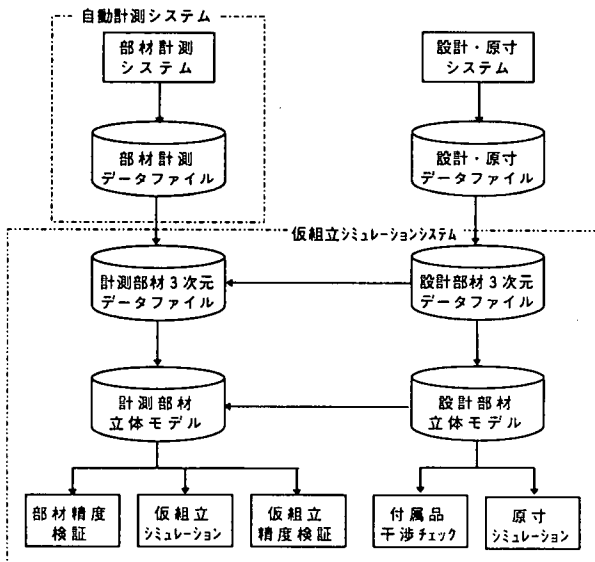


図1 数値仮組立システム全体構成図

- 用いた方法とLAN回線の2種類を可能とする。
- (6) 計測用ターゲットの取り付け作業指示書の作成時点で計測不能箇所を照査し、適切な取り付け指示を行う。
- (7) 計測中に異常を検出した場合は、目標計測点をとばして次の計測処理を行うか、リモート端末（無線）により作業者に連絡するかを選択を可能とする。
- (8) 計測終了後は、すみやかに計測異常点を検出し、調査および再計測を要求する。
- (9) 部材あるいは仮組立精度管理システムに対して製作誤差許容範囲内か否かの判定を可能とする。

3. 3 計測対象および計測能力

表1に本システムの計測対象および計測能力、表2に計測センサーの仕様を示す。ここで、計測センサーは自動化に適していること、計測精度が十分であることおよび汎用性が高いことに重点を置いて選定した。

計測箇所はボルト穴位置、格点位置、部材縁端位置などである。これらの計測点に図1のような計測ターゲットを取り付け、その中心位置を画像処理にて求め、水平・高度角の微調整後、測距測角方式にて計測する。

表1 計測対象及び計測能力

対 象	サ イ ズ	能 力	備 考
主桁	3.5m×3.5m×13m (標準)	<自動計測> (鋸桁) 87'ロツク/日 (箱桁) 47'ロツク/日	鋸桁、箱桁、鋼床版など
	3.5m×3.5m×18m (最大)		鋸桁 100計測点 箱桁 200計測点
横桁など	3.5m×2.0m×3.5m (標準)	<自動計測> (仕口付) 47'ロツク/日 (仕口無) 157'ロツク/日	横桁、縦桁、対傾構など
	3.5m×2.0m×5.0m (最大)		
	制限なし、任意場所	<視準計測> 17'ロツク/日	任意場所での視準計測

表2 計測対象及び計測能力

●望遠鏡部	
構造	測距測角および撮像同軸光学系
倍率	30×
像	正像
分解力	3"
最短合焦距離	2.0m
●測角部	
最小表示	1"/5"選択可
精度 (DIN規格)	2"
自動2軸水平補正機構	付き (補正範囲; ±3")
●測距部	
測定可能範囲	2m~80m
最小表示	0.1mm
精度	2~80m ± (0.8+1ppm×D) mm
(D:測定距離、単位:mm)	
●回転部	
位置決め精度	±5"以内

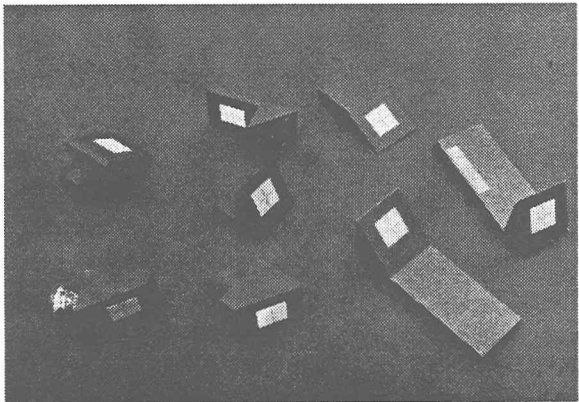


図1 計測ターゲット

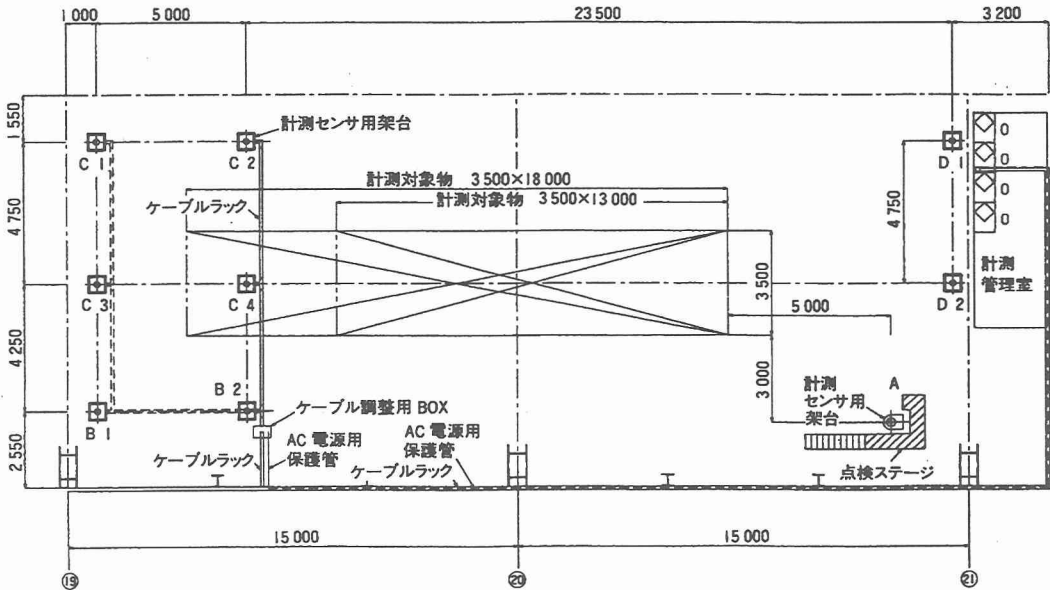


図2 計測ステージレイアウト

なお、計測時間はI桁で100計測点/ブロックとして、8ブロック/日を目標とした。

3. 4 計測ステージレイアウト

図2に計測ステージの全体構成を示す。計測ステージは、計測センサー用架台、ケーブルラックおよび計測管理室からなり、天井クレーンにて搬入したブロック

を自動計測するシステム構成となっている。オペレーターは計測管理室での操作により自動計測を行う。

(1) 計測センサー用架台

架台は、AからDの4本あり、AはH=5,700mmの固定架台、BからDはH=1,600mmの移動架台であり、ブロックの形状に合わせて最適な架台位置が選択できる。

(2) 計測管理室

計測管理室には、計測用パソコンおよび周辺装置を配置している。また、事務所棟とはLAN回線で接続しており、必要なデータをリアルタイムに転送できる。

3. 5 システム構成

自動計測システムのハードウェア構成を表3および図3に示す。

ハードウェア構成としては、EWSとパソコンを中心とした。さらに、オペレーターが操作しやすいシステムとするために、無線端末装置あるいはパトライトといった周辺装置を接続した。

本システムは3つのサブシステムから構成している。

- (1) 計測管理システム
- (2) ユニット管制システム
- (3) センサー制御システム

各サブシステム間のデータフローは図4のとおりで

表3 ハードウェア構成一覧表

記号	ハード構成	数量	備考
KS1~4	3次元自動計測センサー	4台	
PC1~2	計測制御用パソコン	2台	1台のパソコンで2台のセンサーを制御する
EWS	計測管理・管制用EWS	1台	指示書作成のため3次元CAD機能あり
PC3	EWSサポート用パソコン	1台	EWSサポートおよびMONIMOS計測結果の入力用
RT1~2	EWS用リモート端末	2台	EWS制御用
RTT	無線式温度測定装置	8台	計測ブロックの表面温度計測用
PTL	パトライト	1式	
UPS	無停電電源装置	1式	
PRT	プリンター	1台	作業指示書発行用
LAN	LANシステム	1式	

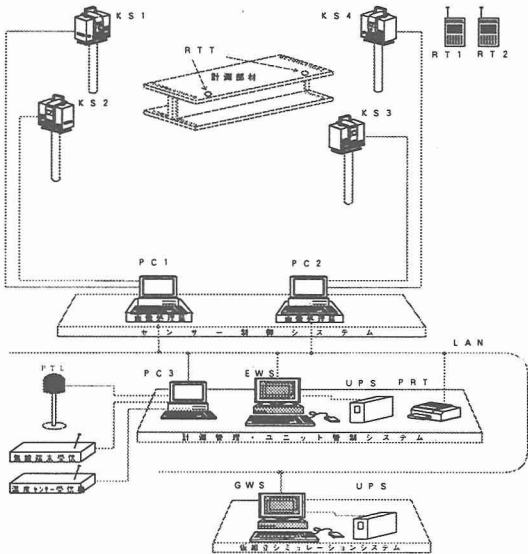


図3 ハードウェア構成

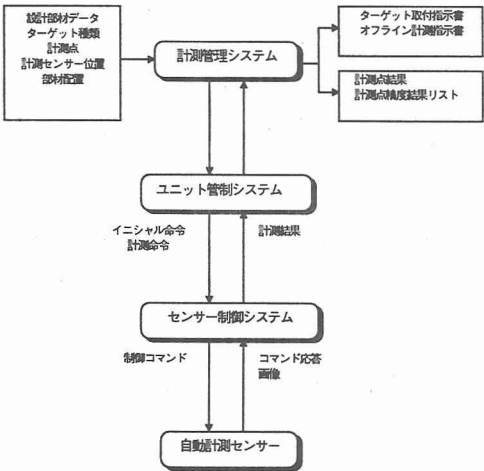


図4 システム処理フロー

あり、以下にその機能概要を説明する。

3. 5. 1 計測管理システム

本システムは、自動計測システムの最上位システムであり、計測情報の作成、計測結果の評価および仮組立シミュレーションシステムとのデータ転送を行うもので、次に示すような機能がある。

(1) 3次元設計部材データと各部材、部品の計測位置指示データから計測点を抽出する。このとき、設計座標と計測座標を同一の座標系とするための計測点も決定する。なお、図5に画面例を示す。

(2) 各計測点の点属性（ボルト穴、外形など）から必要な計測ターゲットを自動決定する。

(3) 計測点と計測センサーとの位置関係から、各計測センサーに計測点を割り振る。このとき、最短時間で計測するような並べ替え処理を行っている。

(4) 計測ターゲットを取り付ける際に必要な作業指示書を出力する。

(5) 計測時のブロック支持条件と仮組立時の部材支持条件の相違などにより計測時に含まれる部材の変形の影響を計測値から除去する。

(6) 計測結果と設計値との比較を行い、計測精度確認書を作成する。本システムでは、上限値を5mmとし、それを越えた箇所については再計測を行う。

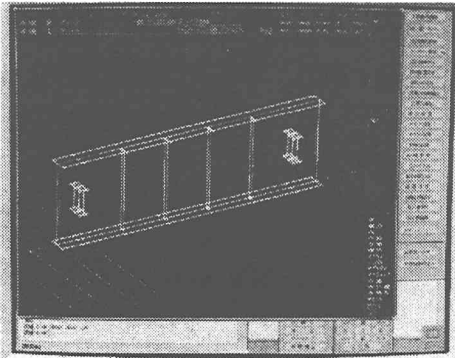


図5 CAD画面例

(7) 従来の3次元計測機で計測した場合は、その結果を本システムに取り込む。

3. 5. 2 ユニット管制システム

本システムは、計測管理システムとセンサー制御システムの間に位置するシステムで、計測管理システムで作成した計測情報にもとづいてセンサー制御システムへの各種計測命令の発行し、それに対するセンサー制御システムからの計測結果の収集、管理を行うもので、次に示すような機能がある。

(1) 計測センサーの初期設定後、各計測センサー間の共通座標系を設定するための計測命令を発行する。

(2) 上記以外の計測点を計測する命令を発行する。

(3) 各計測センサーの計測進捗管理を行う。なお、自動計測中のエラー処理については、該当する計測点をとばして次の計測点に移るか（パスモード）、自動計測を一時停止して、オペレーターに連絡するか（ホールドモード）のどちらかを選択するようにした。なお、図6に画面例を示す。

(4) センサー制御システムとソケット通信を行うためのタスク管理を行う。

3. 5. 3 センサー制御システム

本システムは、ユニット管制システムからの計測命令と画像処理によって得られた計測ターゲットの中心位置にもとづいて、3次元自動計測センサーの水平・高度角の制御をし、測距測角後に、計測結果をユニット管制システムに転送するもので、次に示すような機能がある。

(1) ユニット管制システムおよび3次元計測センサーとの伝送シーケンス管理、受信メッセージチェック、送信メッセージ作成などの通信制御を行う。

(2) ユニット管制システムからの受信メッセージを解析し、計測命令を3次元座標データから測距測角データに変換する。その後、HV駆動制御、CCDカメラ制御などの各種制御用コマンドを作成し、各計測センサーに送信する。

(3) 計測センサーからの計測結果（測距測角データ）を受信し、CCDカメラの画像中心とターゲット

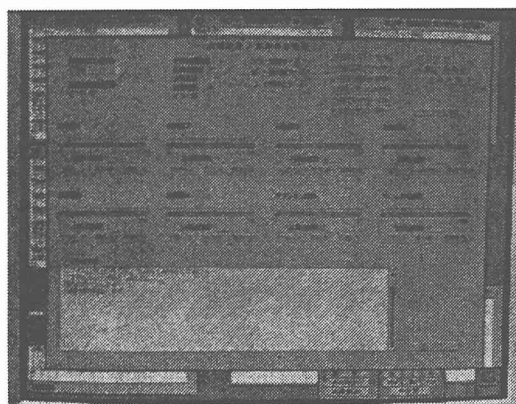


図6 進捗画面例

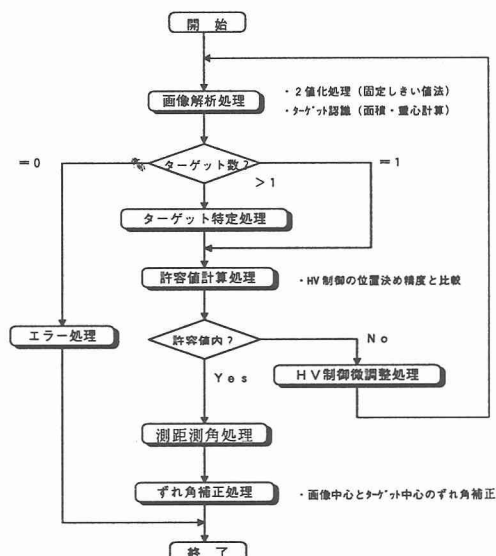


図7 画像処理機能処理フロー

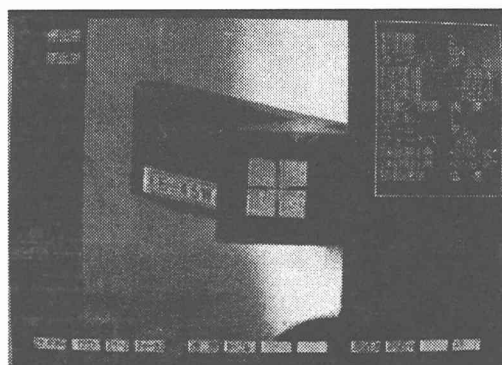


図8 画像処理画面例

中心の離れ量から3次元座標データに変換してユニット管制システムに送信する。なお、図7に画像処理機能の処理フロー、図8に画面例を示す。

4. 効果

本計測システムの開発により以下の効果が確認できた。

- ①部材を高速かつ高精度に計測することができ、工期短縮及び品質の向上が可能となる。
- ②自動計測終了と同時に部材検査が可能となり、リアルタイムに形状を把握できる。
- ③仮組立状態を精密描画する処理により、目視による細部にわたる形状確認が可能になる。

5. 今後の課題

- ①鈑桁への適用に限らず、箱桁及び鋼床版桁への適用を開始する。
- ②全計測時間の約80%を占めている計測ターゲットの取り付け作業などのスピードアップを図る。
- ③シミュレーション手法のノウハウを蓄積することで、適切な部材配置情報を短時間で作成できるシステムとする。