

鋼橋完成検査のための自動部材計測システムの開発

トピー工業株式会社	鉄構事業部	正会員	林 健治
トピー工業株式会社	鉄構事業部		井上茂司
トピー工業株式会社	技術研究所		松本博幸

1. まえがき

鋼橋の製作コスト削減の観点から、鋼橋の完成検査と位置付けられている仮組立検査を省略し、その代替検査法としてパソコン上で部材の組立状態を解析・検討する数値仮組立検査法^{1)、2)}が確立されつつある。この数値仮組立検査を実施するためには、部材計測システムと仮組立シミュレーションシステムを構築する必要があり、工数低減をより効果的なものとするためには、前者のシステムの自動化が不可欠である。

従来、部材計測システムとして、精密トータルステーションを主体とした3次元形状計測システム³⁾が多用されているが、上記の部材計測の自動化を目指して、画像処理技術、光波測距技術及びNC制御技術を組み合わせた種々の自動部材計測システム^{1)、4)}が開発されている。著者らも、CCDカメラとモータードライブ機構を搭載したトータルステーションを主体とした自動計測システムを開発し、鋼橋の完成検査におけるシステムの一部として活用している⁴⁾。本報では、同システムの特徴と利点を紹介するとともに、システムの測定精度、作業性及び妥当性に関する検証実験の結果を述べる。

2. 自動部材計測システムの概要

最近の計測技術の進歩には目を見張るものがあり、部材計測の自動化についても、①写真測量の原理に基づき、複数台のCCDカメラを組み合わせたシステム¹⁾、②CCDカメラとモータードライブ機構を搭載した精密トータルステーションを主体としたシステム⁴⁾、③非接触3次元測定機を主体としたシステムなど、種々の高度な技術を組み合わせたシステムが稼働しようとしている。

①、③のシステムは、計測上の制約から、部材あるいは計測装置を移動させるためのガイドレールが必要となり、工場内に固定の計測スペースを必要とするが、ターゲットレスで計測を行える利点がある。一方、②のシステムでは、部材を仮置きできる作業スペースがあれば充分であり、固定の計測スペースを必要としない利点があるが、計測部位にターゲットを設置する必要がある、測定精度や作業性については十分な検討が必要である。現状では、どのシステムも一長一短があり、何れのシステムを採用するかは、工場内の制約等を考慮して判断すべきである。

著者らは、②のトータルステーションを用い、次のような工夫を行うことにより3次元計測の自動化を計るとともに、測定精度や作業性の向上を目指した⁴⁾。本システムによる測定状況を写真-1に示す。

1)設計CAD(基準)データを活用し、計測座標系を決定する基準点を除く、計測の教示点を与え、測定点の位置決めを自動化した。これは、計測の自動化に不可欠な処理であり、①～③の全てに共通する。

2)ターゲットの識別を容易にし、自動計測のための番号付けを誤らないようにするために、また、計測座標系を決定するために、カラーの反射プリズムシートをターゲットとして使用し、画像処理・NC制御等を行った(従来の白黒ターゲットを用いた計測では、基準点を何らかの方法で教示しなければならない)。

3)基準点や連結部のボルト孔位置など、シミュレーションに必要な部位には2方向に回転可能なターゲットを設置して、測定精度に及ぼす視準角の影響を可能な限り排除するようにした。なお、回転ターゲットを使用することにより、トータルステーションの台数を最小限の2台とすることが可能となった。

上記の2)、3)が本システムの特徴であり、また、利点でもある。特に、2)については他に例を見ない。

3. システムの測定精度、作業性及び妥当性

本システムの測定精度および繰返し誤差(計測データの再現性)を検証するために、計測装置から9m、10m、13mの位置にあるターゲットの座標位置を20回計測し、各座標成分(x、y、z)の繰返し誤

差の分布について調べた結果を図-1に示す。ここで、縦軸は誤差量の相対度数を、横軸は誤差量を表す。計測誤差の許容値を $\pm 0.5 \text{ mm}$ ^{1), 2)}とすると、各成分の誤差量は許容値内に入り、また、誤差量の標準偏差も十分小さく、繰返し精度(再現性)は高い。この結果は、従来の3次元形状計測システムによる測定結果(精度: $\pm 0.5 \text{ mm}$)³⁾と比較しても遜色ない。

図-2は、部材計測を実施したデータから1点当たりの平均計測時間を求めたものである。ここで、主桁は部材数152、測点数5949、中間横桁は58部材と819点、対傾構等は90部材と960点について整理した。従来の計測³⁾では、1計測点当たり約40秒~45秒であり、本システムによる計測時間は、この値にほぼ対応する。しかし、計測作業員の負担を考慮すると、自動化による効果は言うまでもない。

つぎに、支間長36.1m、4本主桁($G_1 \sim G_4$)のI桁橋について、数値仮組立検査に基づくシミュレーション結果と現場計測の結果を比較したものが図-3である。ここで、橋軸方向には3つのI桁部材を連結している。同図の(a)がキャンバーを、(b)が通りを表し、何れも設計基準値に対する誤差を示す。本システムによる計測結果を用いてシミュレーションした結果と現場計測の結果は、良好に対応(誤差傾向が全てのI桁でほぼ一致)し、その差も最大で3mmと小さい。また、その誤差も許容値内に入っている。したがって、本システムを用いて数値仮組立検査を実施しても実用上問題はない、と判断することができよう。

4. あとがき

本システムは、実用上十分な測定精度を有し、自動化に伴う作業性の向上が期待できることから、数値仮組立検査における部材計測システムとして十分な機能を有するものと判断することができる。

参考文献

- 1) 小坂ほか: 鋼構造の完成検査法に関する一提案、土木学会論文報告集、No. 361、1985
- 2) 林ほか: 仮組立シミュレーション法に関する2、3の検討、土木情報システム論文集、Vol. 5、1996
- 3) 林ほか: 鋼橋の3次元計測に関する基礎的研究、橋梁と基礎、Vol. 27、No. 7、1993
- 4) 林ほか: 部材の自動計測システムの開発とその数値仮組立検査への適用、JSSC鋼構造年次論文報告集、Vol. 5、1997

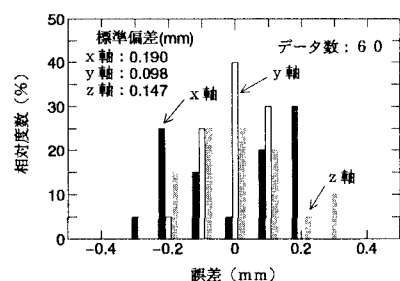


図-1 各座標成分の計測誤差分布

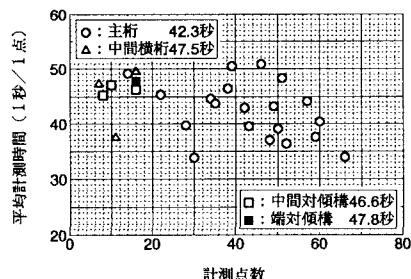


図-2 各部材の計測時間分布

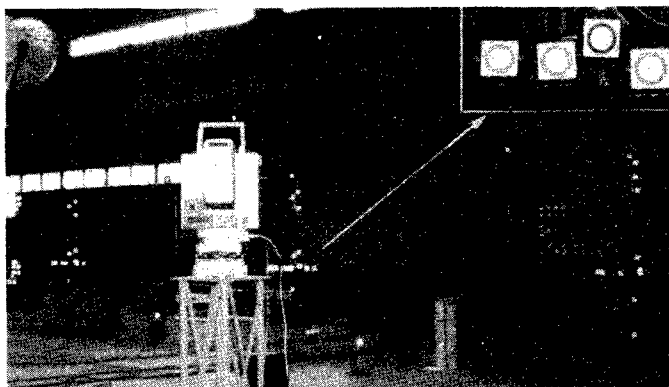


写真-1 本システムによる鋼I桁の測定状況

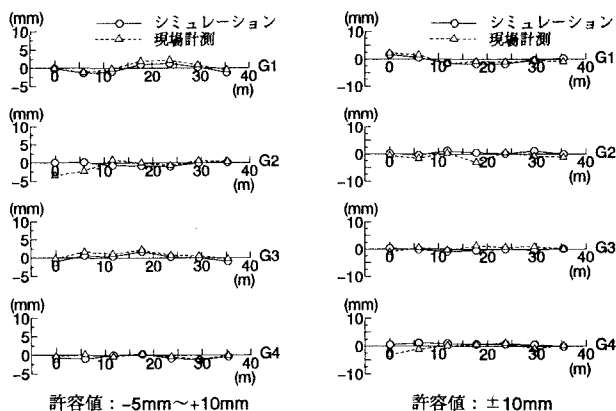


図-3 シミュレーション結果と現場計測結果の比較