

光学式3次元座標測定システムの開発

Development of Optical Three-Dimensional Coordinate Measuring System

小出 勝雄*
Katsuo KOIDE

下村 時則**
Tokinori SHIMOMURA

大場 隆和***
Takakazu OHBA

森下 統一****
Touichi MORISHITA

Summary

Computers have become thoroughly integrated into the process of designing steel bridges, and the computer information is utilized for manufacturing and contributes to labor savings. However, control over the form of finished products is still generally performed by correlating fragmentary measurement data by paper and pencil.

Thus, the possibility of developing a simple and inexpensive system for making three-dimensional measurements was investigated. The concept is to measure objects using information obtained, using a standard scale by a precision goniometer, and to perform real-time analysis of the data by computer.

1. はじめに

現在、鋼橋における形状管理ではテープ、レベル、トランシットその他の小道具により各部の寸法を計測し、これを紙面上で関連づけ全体形状を割り出す方法で行っているのが一般的である。土木・建築の分野では光波を飛ばし距離や鉛直度を測定してきたが、初期誤差など精度に限界があり、鋼橋の製作ではあまり用いられなかった。

製品精度は、計測技術との関係で進歩し、精密製品を初め各分野では以前から、接触方式や非接触方式で超精密な3次元計測を行っているが、その規模は、鋼橋のような大規模なものではなく、極く限られた範囲のものである。

近年、測定技術の進歩はめざましく、小さな分野の技術がだんだんと大型化し、遠くから測定点を視準しシステム化した専用機でその形状を把握するまでに至っている。

本報は比較的手軽に購入できる精密測定機の高精度な測角機能を用い、角度情報を手持ちのパソコンに取り込み、ホストコンピューターとのやり取りと高倍精度計算で3次元座標として素早く処理する方法を紹介するものである。

これによって、従来の方法では直接測定できない点間寸法、大型部材の仮組形状を測定でき、リアルタイムに

データ分析を行うことができる。遠くから測定点を視準するという非接触方式であるから、測定足場も不要で、作業も安全に行えるものである。

2. 測定システム開発経緯

鋼橋において、設計、原寸、罫線、切断、穿孔、溶接など電算機の活用が盛んになり、種々3次元処理されるようになってきた。特に設計値に加工情報を加えた原寸データは、部材や仮組立のデータとしてほとんどそのまま活用できるものである。特に近年の鋼橋は、部材の大型化、複雑化のほか精密化によって、測定精度の向上と測定作業の省力化が要求されてきている。

そこで平成元年6月、第1次として3次元座標測定をシステム化しテストに入った。その結果測定の原点とも言うべき測定機A、Bの関係測定の段階で大きな初期誤差が入ったため、精度上の疑問が残った。

その後平成2年12月、初期誤差の混入しない計算式を作成し、第1次を改良して第2次の3次元座標測定システムとした。

3. 測定システム概論

2台の測定機A、Bにより基準点と測定点との視準角を測定する(図-1)。この測定角で座標計算を行い基準

* 経営企画本部経営計画部情報システム課課長代理
** 経営企画本部経営計画部情報システム課係長

*** 経営企画本部経営計画部情報システム課
**** 千葉工場製造部付課長

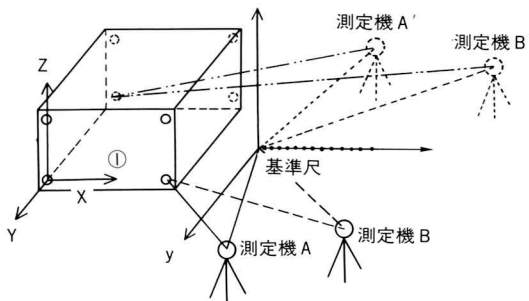


図-1 3次元測定

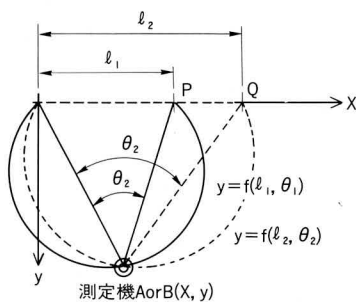


図-2 測定機の計算座標

尺の“0”点を原点とする座標系として3次元座標値(x、y、z)が各測定点について求まる。基準尺と被測定物の関係が固定されている限り測定機は何処にセットされても基準尺の“0”を原点とする座標系にて計算される。

この測定座標を基に、必要な座標(x、y、z)に座標変換を行い、設計値や計画値と比較すれば出来形の良否の判定ができる。

4. 3次元測定理論

実長を水平距離として許容される誤差内で基準尺を水平にセットし、その基準尺ポイントをAの測定機から角度測定し、 $y = f(l_1, \theta_1)$ と $y = f(l_2, \theta_2)$ 式によりその交点座標を計算すれば基準尺の起点を原点とし基準尺をx軸とする水平面座標A(x_A, y_A)が求まり、仰角を測定すれば、A点のz_Aも求まる。よってA(x_A, y_A, z_A)が求まる(図-2)。

即ち、この計算の基準となるべき測定機A、Bの座標関係が、基準尺の既知長さ“l₁、l₂”と“それを狭む角”θ₁、θ₂”によって求まることになる。

この計算ポイントA、Bから“基準尺の起点から測定

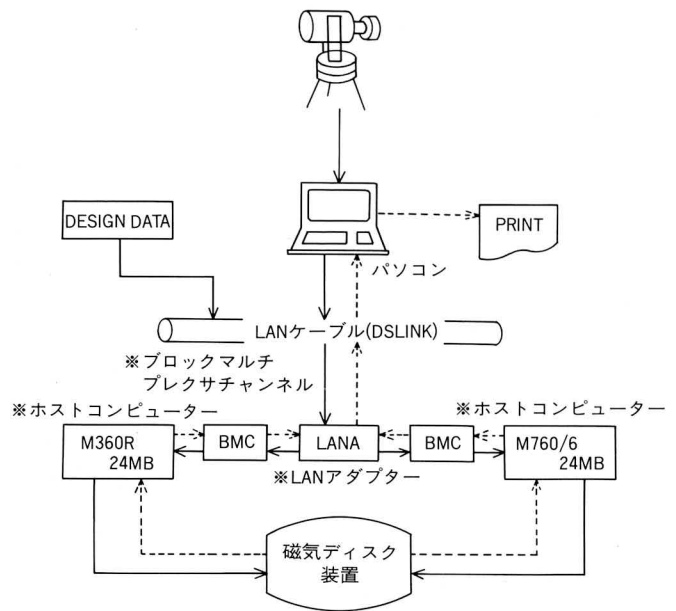


図-3 測定システム

点①までの水平角、仰角をそれぞれ測定すれば“既知の長さの一辺とそれを狭む2角”より測定点①の(x₁, y₁, z₁)が求まる。

これを必要な測定点②まで求めれば、すべての点が3次元で求められる。

この座標を基に、必要な点を原点とする座標系に変換し、製作座標と対比する。

5. 測定システムのレイアウト

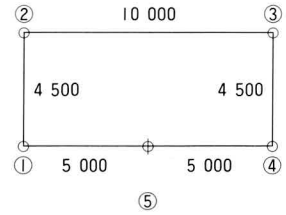
ここで測定する角度の最小値は少なくとも“1秒”以下のものであり、計算上の誤差は実用上“零”としたい。そこで、測定機からのデータをホストコンピューターの4倍精度で計算させるものとし、その結果は再びLAN経由で手持ちのパソコンに送り出すこととした(図-3)。

6. 角度測定精度

本システムは基準尺既知長さや測定角度情報で処理するものであり、精度上問題とすべき第1は測定機の精度、第2は測定機の配置、第3は測定点の視準精度である。

表-1 立体大寸法測定例(①、②、④のY値(奥行)を零として座標変換)

測定方法		①	②	③	④	⑤
FM移動値	x	0	0	10 000	10 000	5 000
	y	0	0	0	0	0
	z	0	4 500	4 500	0	0
3次元測定	X	0	-0.16	9 999.35	9 999.26	5 000.59
	Y	0	0	0.53	0	0.36
	Z	0	4 500.34	4 499.91	0	0.39



現在測定機は大変分解能が高く、橋梁の部材や仮組立に対しては十分に適用できるものである。次に、測定機の配置は物理的制約であり、計画段階で十分に考慮しておかなければならない。

視準精度は、測定距離にあまり関係なく、今回の視準マークでは0～4秒程度のバラツキを生じる可能性がある。角度4秒で10メートル当り0.2mmとなり、測定機A、B相互の誤差が累計されると1mm程度の誤差になってしまう。しかし、大型長尺測定物や直接計測できない点間距離の測定において、現状の測定方法に比しても劣らない測定精度が得られると推定される。

試験測定の1例を表-1に示す。

7. 橋梁への応用

この3次元測定においては、物理的方法では測定できないポイント間の測定ならびに基準になる点・線・面を設定出来ない点の測定を行うことができ、高所・空間的なポイントの測定などにも適し、橋梁工事に関しては次

のような形状管理に適用できる。

- ① 製作時、完成時の部材形状管理および机上仮組立
- ② 実仮組立および現場架設形状管理
- ③ 重複仮組立を行わない工区境の精度管理

8. 今後の課題

本システムは、パソコンを活用し手軽・安価に測定をシステム化できるもので、測定精度上はいま一步であるが、リニアスケールのような精密・正確なスケールを円盤状にセットした角度測定機を搭載し、受光素子などの応用により視準精度が得られれば、現在橋梁に求められている測定単位の10分の1程度の値で、しかも信頼される値として得ることができるものとなる。

なお、測定作業は1ポイントにつき2台の測定機で1回の測定を要するので、その後のデータ処理作業とのバランスにおいて適用選択することが必要である。

1991.11.25受付