

III-23

光学式変位測定装置によるシールド掘進機の位置・姿勢の自動計測

(株) 鴻池組 正会員 高 田 晴 夫
 日立造船(株) 正会員 平 岡 和 志
 日立造船(株) 正会員 清 水 徹
 日立造船(株) 正会員 井 上 輝 一

1. はじめに

シールド掘進機の自動運転に欠かすことのできない要素技術である位置および姿勢のオンライン計測は、レーザやジャイロ、CCDカメラなどを使った種々の方法が近年開発され、それぞれ成果を上げている。しかし、レーザ方式の場合には人体に対する危険性やセンサーの大きさに測定範囲が制約される点、ジャイロ方式の場合には急曲線施工には適しているが横ずれ量が計測できない点、CCDカメラ方式の場合には計測精度が素子数に制約される点などに問題がある。本研究はこれらを考慮して、表題に示した測定装置を用いて広範囲の自動計測を高精度で行う方法について実験的検討を行ったものである。

2. 計測システムの概要

図1に示すシールド掘進機の計測システムは、トンネルの後方に置かれた光学式変位測定装置によってシールド本体に設置した複数個のターゲットを測定し、各々の位置の変化からシールド掘進機中心の施工計画線に対する位置ずれ、ピッチング角、ヨーイング角などを算出する方法である。

変位測定装置は、被測定物の明／暗の境界線の位置を特殊カメラでとらえ、その運動や変位を検出するもので、カメラおよびコントローラから構成されている。本装置の精度は2次元測定の場合 0.1%フルスケールとなっており、CCDカメラよりも高精度で測定できる特長がある。位置ずれ量や角度の精度は使用するレンズの視野によって変化し、一般に測定距離が短いあるいは長焦点レンズを使う場合には精度は上がるが、測定範囲は狭くなる。例えば距離 100mで焦点距離 800mmのレンズを用いた場合には視野が約1mとなるため、位置ずれ量の精度は $1000 \times 0.1/100 = 1\text{mm}$ となる。またヨーイング角度は前後のターゲット間隔が1mとすると、 $\tan^{-1}(1/1000) = 0.06$ 度の計測精度が得られることになる。この他に位置算出に必要なデータとして傾斜計で測定したローリング角度および光波距離計によって測定したカメラとターゲットとの距離などをインターフェースを通じてパソコンに取り込む。これらのデータから位置ずれ量と姿勢の変化を演算によって求める。シールド掘進機が曲線を掘進した場合、あるいはカメラとターゲットとの距離が遠くなり過ぎた場合などにはカメラの位置を前進させて盛替えを行う必要がある。本システムの場合にはカメラの盛替え先の位置をターゲットを使ってあらかじめ計測しておくことによって、厳密なカメラの光軸合わせをすることなく精度よく盛替えることが出来る。

3. フィールド実験

本システムの計測精度などを確認するためのフィールド実験を図2に示す装置で行った。座標軸XZを図のようにとり、2次元移動台に乗せた回転テーブルの回転中心における変位とヨーイング角度を求めた。ターゲットは定電圧電源で点灯されたハロゲンランプを光源としてこれを光ファイバーで導き、レンズを通してカメラ側に照射したものである。ターゲットランプのON/OFFはランプの前に置かれたシャッタを切り替え

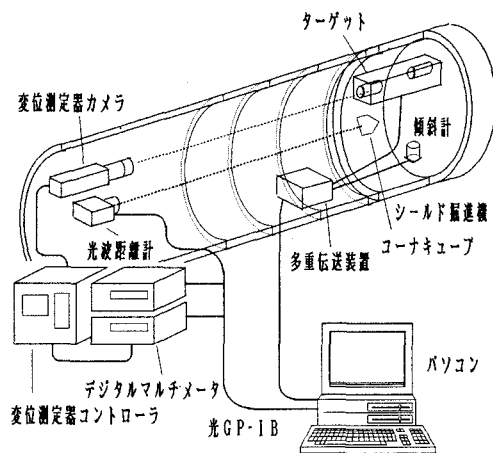


図1 シールド掘進機の計測システム

ることによって行った。回転テーブルにはターゲットの他に横ずれ量 Δx 、進行方向移動量 Δz 、ヨーイング角度 θ_{yaw} をそれぞれ直接測定するための変位計3台、ピッチング角度やローリング角度を測定する傾斜計2台およびジャイロコンパスを設置し、それぞれAD変換器を通じてパソコンに取り込んだ。カメラおよびコントローラは移動台から50~200mの距離に置いて測定を行い、ターゲットの変位に相当する電圧出力 V_x 、 V_y をデジタルマルチメータを通じてパソコンに伝送し、演算によって横ずれ量 Δx とヨーイング角度 θ_{yaw} を求めた。

フィールド実験結果の一例を図3に示す。図3(a)は移動台をX方向に $\pm 100\text{mm}$ の範囲で動かした場合の横ずれ量、図3(b)は回転台を ± 2 度の範囲で回転させた場合のヨーイング角である。いずれも横ずれと角度の複合的な組合せにおける計測結果であるが変位計の直接測定結果とよく一致しており、装置の性能から予測された計測精度が得られている。

4. まとめ

光学式変位測定装置によるフィールド実験の結果からシールド掘進機の位置姿勢計測にこのシステムが適用可能であることが明らかになった。この測量方式の特徴としては、

- (1) 高精度の連続測定が可能で、レンズを交換することによって任意の測定精度及び測定範囲が選択できる。
- (2) シールド機内に簡単なターゲットを置くだけで計測が出来、レーザのように危険を伴うことがない。
- (3) カメラの厳密な光軸合わせを必要としないので盛替えが簡単である。

などの点が挙げられる。今後実証実験としてシールド掘進機自動運転の計測に使用する予定である。

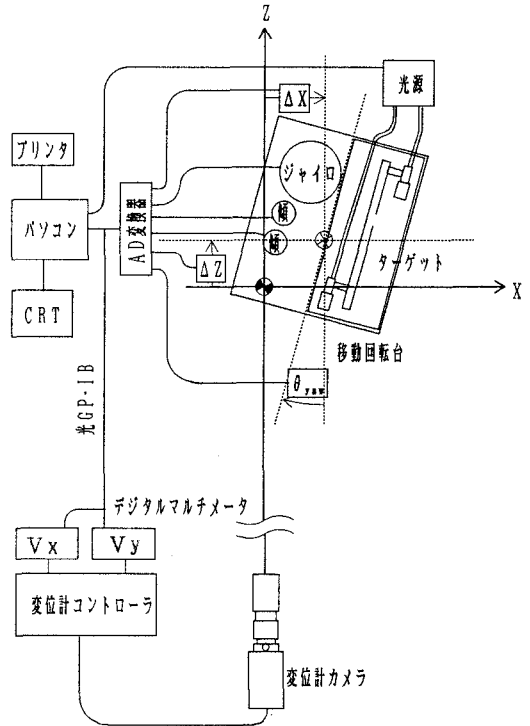


図2 フィールド実験の概要

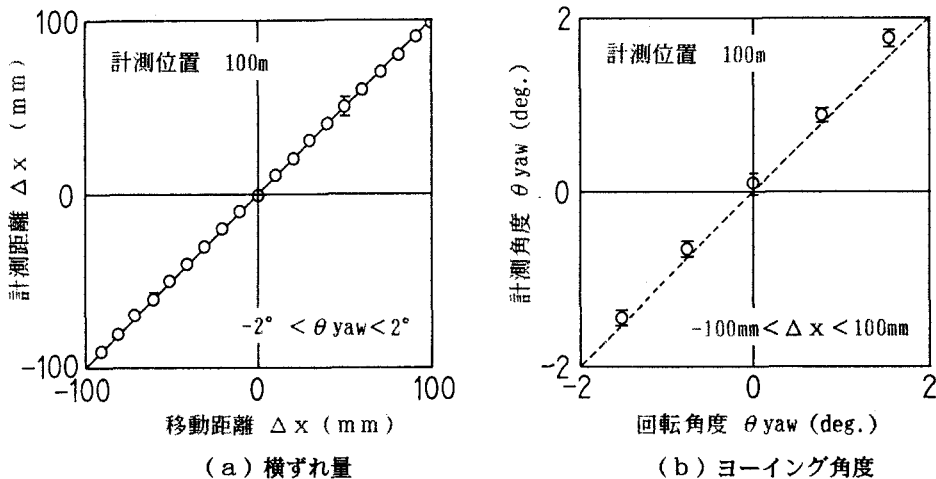


図3 フィールド実験結果