

## VI-12

## 中小口径シールド工事における測量の自動化

榊 竹中土木 正員 ○鶴岡 孝章  
榊 竹中工務店 三上 忠雄

## 1. 序論

シールド工事において、高精度かつ能率的な施工を行うためには掘進中のシールド機の位置・姿勢あるいはセグメントの位置を常時把握し、計画線上を掘進するように適切な方向制御を行う必要がある。

最近では、ジャイロやレーザ等を用いた自動測量システムが開発されシールド機の方向制御に用いられてきているが、シールド径が小口径化してくるにたが、機器のコンパクト化や耐環境性などの問題を解決しなければならない。

そこで、中小口径シールド工事を対象としてシールド機の位置・姿勢をリアルタイムで検出し、その情報をもとに迅速かつ適切な方向制御ができる自動測量システムの開発を行った。

本報では、開発した自動測量システムの概要と実施工に適用した結果を紹介する。

## 2. 本論

## (1) 測量システムの構成

本測量システムは、ターゲット、検出装置および計測演算装置で構成される。測量システムの構成を図-1に示す。

ターゲットは、三角形を形成する3個のLEDおよび反射プリズムからなる。検出装置は、測距・測角儀およびそれに取り付ける小型のTVカメラからなる。計測演算装置は、移動物体位置検出装置およびパーソナルコンピュータからなる。本システムでは、小型かつメンテナンスフリーのターゲットをシールド機内に設置し、温度、湿度等の影響の少ない立坑あるいは後方セグメントに地上の管理室から遠隔制御ができる検出装置を設置する。また、測量データと遠隔制御信号を確実に長距離伝送するため光ファイバケーブルによるデータ伝送方式を採用している。

## (2) 位置・姿勢検出方法

シールド機の位置は、測距・測角儀で計測したターゲットまでの距離および水平・垂直角のデータから計算することができる。シールド機の姿勢(ロー

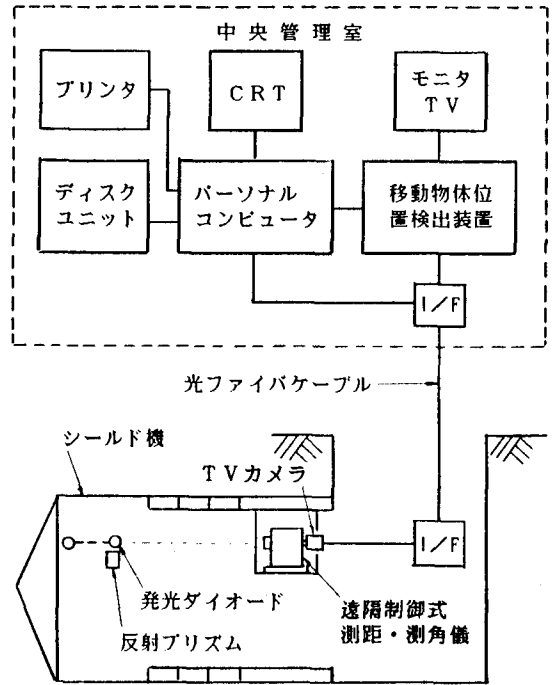


図-1 測量システムの構成

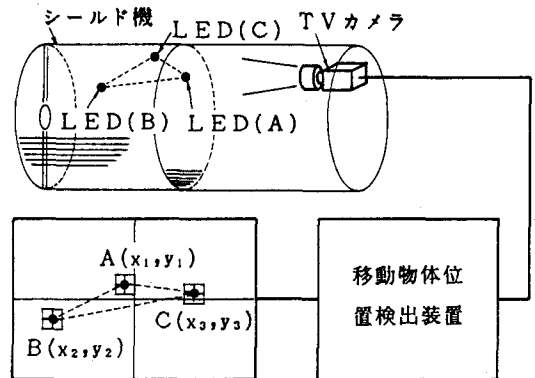


図-2 姿勢の検出方法

リング、ピッチング、ヨーイング)は、図-2に示すように大きさが既知の三角形を形成する3個のLED(A, B, C)をTVカメラで撮影し、その画像データを移動物体位置検出装置で演算処理して得た座標データから計算することができる。パーソナ

ルコンピュータではこれらの計算を行うとともに、あらかじめ記憶させてある計画線の基準点(BC, EC等)座標値、カーブの曲率半径等のデータから計画線に対するシールド機の位置・姿勢を計算する。

なお、本測量システムの位置・姿勢検出精度は、測量距離が100mのとき位置が $\pm 2$ mm以内、姿勢が $\pm 0.2^\circ$ 以内である。

### (3) 掘進管理方法

パーソナルコンピュータで計算したシールド機の位置・姿勢は、図-3に示すようなグラフィック画面にリアルタイムで表示され、この情報をもとにシールド機の方角制御を行う。

また、フロッピーディスクに記録したデータから、図-4に示すような計画線と対比させたシールド機掘進軌跡の表示や測量記録等のデータ管理を行う。

### (4) 実施工における性能

本測量システムをシールド機外径3,600mm、施工延長930m(うち約72%はカーブ施工)の工事に適用した結果の一部を図-5に示す。ここで、シールド機先端軌跡は自動測量結果から求めたシールド機先端位置の軌跡である。

この結果、セグメント出来形はシールド機の方角制御が難しいカーブ施工時においても先端軌跡とほぼ一致することがわかった。このことは、シールド機先端の位置は数リング先のセグメントの予測位置と考えてよい。したがって、本測量システムによる1リング毎の測量結果をもとにシールド機が計画線上を進むようにリアルタイムで方向制御ができ、施工の精度向上と省力化が図れることを確認できた。

シールド機の方角制御は、セグメント出来形とシールド機のテールクリアランスを考慮して適切な掘進ジャッキの選定とジャッキストローク差を決定して行っている。しかし、反力となるセグメントの状態、シールド機固有の特性、土質の変化等の要因から、方向修正操作によるシールド機の方角と実際に掘進していく方向はかならずしも一致しない。そこで、現在これらの要因の定量的な解析を行い本測量システムによる方向制御の自動化についての検討を進めている。

### 3. 結論

今回、中小口径シールドを対象とした自動測量システムの開発を行い実施工に適用した。その結果、

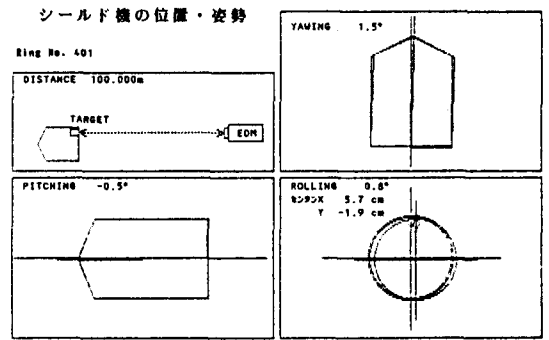


図-3 位置・姿勢のグラフィック表示例

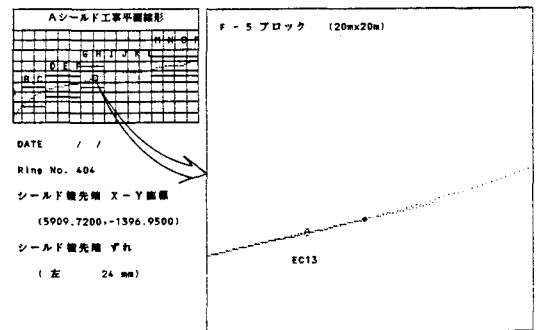


図-4 掘進軌跡のグラフィック表示例

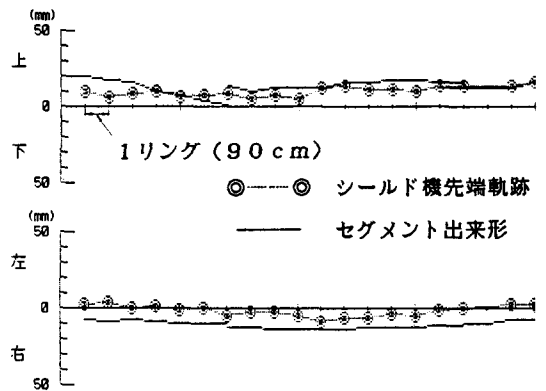


図-5 自動測量の結果例

本測量システムの測量結果をもとにシールド機が計画線上を掘進するように方向制御を行うことにより、高精度の施工が可能となり、また測量業務の迅速化、省力化が図れることを確認できた。

今後は、測量および方向制御の自動化のみならずシールド工事全体の自動化、省力化についても検討を進める計画である。