

VI-3 シールド自動方向制御システムの開発

前田建設工業(株) 土木設計部 正会員 野田 賢治
前田建設工業(株) 技術部 久保田 五十一
前田建設工業(株) 土木設計部 川本 伸司

1. まえがき

シールド工法における、線形・掘進管理技術の自動化は、施工精度の向上、労働環境の改善に向けて、都市トンネルの施工管理に関する重要な技術開発課題の一つである。今回報告するシステムは、シールドマシンの位置・姿勢を自動測量することで、施工線形と計画線形との偏位量およびシールドマシンの向きを正確かつリアルタイムで把握すると共に、ジャッキ稼働実績との対比において総合的に演算処理し、ジャッキ操作指標を合理的に推論しようとするものである。また演算処理機能から直接シールドマシン機能に信号を伝送することにより、自動的にジャッキ操作を行うことも可能となる。

2. シールドマシンの自動位置・姿勢計測

シールドマシンの線形管理上必要な諸数値の検出フローを図-1に示す。シールドマシンの自動位置計測は、セグメントに固定された自動追尾式トータルステーション（ジョジメーター140T：写真-1）よりシールドマシンに固定したターゲット（プリズム）を視準することで実施する。トータルステーションはターゲットとの斜距離・水平角・鉛直角を自動計測し、常時パソコンにそのデータを伝送し、パソコンによる演算によってターゲットの座標が瞬時に算出される。なお、このトータルステーションの仕様精度は、測角精度で3秒・測距精度では10mm+5ppmで高精度の測定が可能である。また、自動追尾機能によりシールドマシンの推進に伴って自動的に回転し、常にターゲットを視準する。自動追尾機構は、機器本体上部に取り付けられたトラッカーユニットと機器に内蔵されたサーボモーターの組み合わせにより構成されている。また、地上のモニターを見ながらの遠隔操作も可能である。これらのデータとシールドマシンの姿勢データ（ヨーイング、ピッチング、ローリング）により、シールドマシンの任意の位置座標を算出する。姿勢データは、ジャイロセンサおよび加速度計から常時パソコンに伝送され、計画線形との偏位量が瞬時に算出される。図-2に掘進中のディスプレイの表示画面の一例を示す。

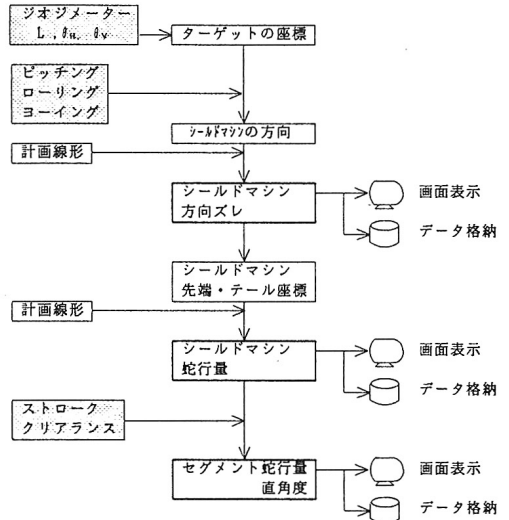


図-1. 線形管理上必要な諸数値の検出フロー

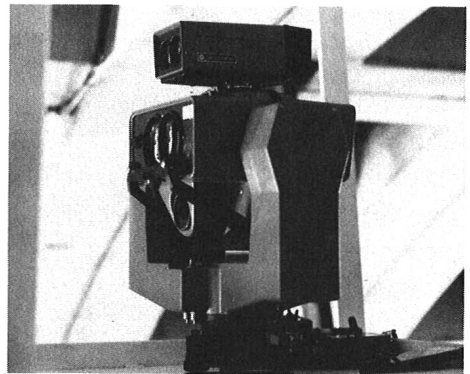


写真-1. トータルステーション(ジョジメーター140T)

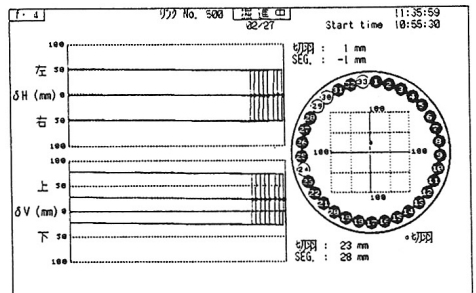


図-2. 掘進中ディスプレイ表示画面の一例

3. 自動方向制御システムについて

シールドマシンの方向制御は、前記の自動計測データに基づいて実施される自動演算結果から得られる諸情報のうち、シールドマシンの先端中心と計画線形との水平・鉛直偏位量を基本として、ジャッキパターンを自動選択することで実施する。本システムにおけるジャッキパターン選択の基本手順の概要は以下の通りである。図-3にこの概略フロー図を示す。

- ① 任意の地点に掘進目標地点を定め、現在位置から目標地点を結ぶ線形を自動設定する。
- ② 掘進開始時の初期ジャッキパターンは、前リング掘進終了時のジャッキパターンを基に、シールドマシン中心軸に対象あるいはその近傍にある一対のジャッキが共に *off* の場合にこの一対のジャッキを *on* にする。
- ③ 掘進中は、設定線形に対する現在のシールド先端の偏位量が、水平・鉛直偏位量を座標軸とする二次元平面上にあらかじめ設定されたいくつかのゾーンのうちのゾーンに区分されるかを判定する（図-4参照）。各ゾーンについてそれぞれ設定されているジャッキ選択の条件に偏位量の増減の傾向を加味し、ジャッキの稼働状況を変更する本数を決定する。（1回の操作で1～2本）
- ④ 変更するジャッキの選択方法は以下の通りである。図-4に示すようなシールドマシン先端面とジャッキ設置面を重ねた図を想定する。この図において、現在のジャッキパターンを基にして、シールドマシン先端中心と設定線形中心を結んだ線上にあるジャッキの *on*、*off* 状態を変更する。ここで、追従型のジャッキの場合は *off* → *on* を優先し、普通ジャッキの場合は *on* → *off* のみである。

なお、操作すべきジャッキの選択にあたって付随する制約条件、例えばトータルジャッキ本数の下限、連続して *off* 状態にできるジャッキ本数などについてはあらかじめ設定しておく。

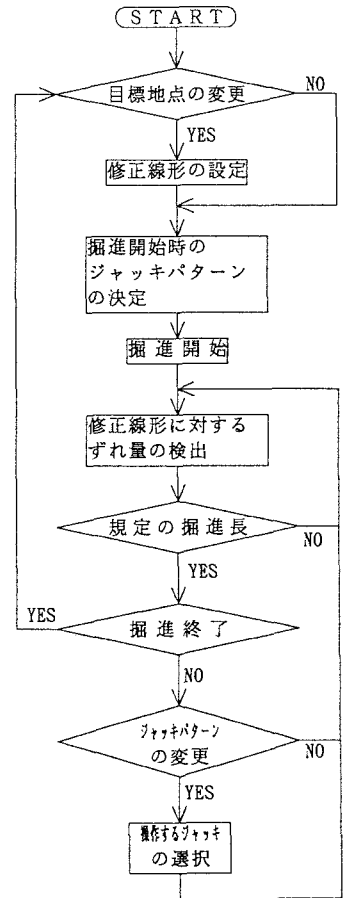


図-3. ジャッキパターン選定のフロー図

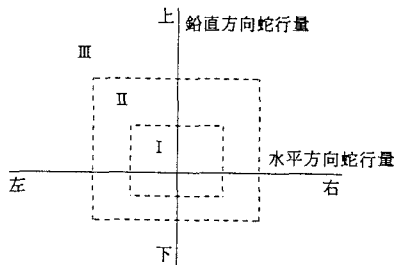


図-4. 切羽の蛇行量判定エリア

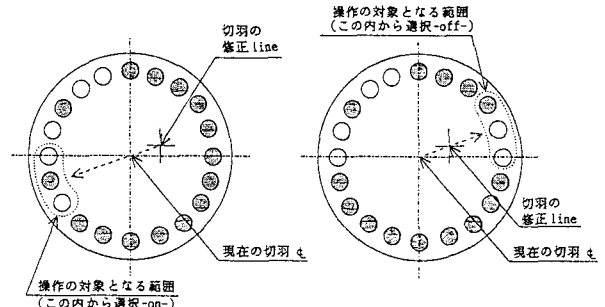


図-5. 操作するジャッキの選択

4. おわりに

現在、本システムを実施工に適用しているが、掘進開始間もないため設定条件など試行錯誤中であり、実績データについては講演会の場を借りて発表する予定である。

今後、設定条件などを定量的に確立していくと共に、セグメントの坑内輸送、自動組み立てなどとの結合によって、トータルでの自動化が必要であろう。