

VI-117

シールド施工管理エキスパートシステムの現場適用について

(株) 奥村組 正会員 市原 義久

同 上 正会員 五十嵐 善一

同 上 正会員 岡 衛

1. まえがき

シールド工法は主に都市部において採用されるトンネル工法であり、輻輳した地下空間で施工周辺部への影響を最小限に押えながら工事を進めるためには、高度な管理技術が要求される。このような状況に対し、筆者らは泥土圧シールド工法の現場施工管理を支援するエキスパートシステムを開発した¹⁾。このシステムは施工管理に関する専門知識を知識ベースとして蓄えており、初期条件として入力する工事条件に合わせて、掘削管理、姿勢管理、作業管理などの項目を各管理サイクルで処理する（表-1 参照）。

今回、同システムを現場へ適用したので、その結果および評価について報告する。

2. 工事概要

本システムは大阪府内のシールド工事に対して適用を行った。シールド機は掘削外径φ2130mmの泥土圧式であり、11カ所の曲線部（R100～R1000）を含む延長1233mを25%の上り勾配で掘進した。丘陵地における施工であり、掘削断面には洪積層（大阪層群）の粘性土層、砂質土層および砂礫層が交互に出現し、土被りも9～20mと大きく変化した。したがって、隔壁土圧の設定、添加材の検討などの掘削管理では、施工条件を十分に検討して対処する必要があった。

3. 掘削管理

掘削管理では、セグメント1リング分の掘削終了後、最初に切羽地山の評価として、ファジィ推論により掘削断面の土質を粘性土、固い粘土、砂質土、砂礫・玉石の4種類の何れかに分類する。これは、隔壁土圧、カット圧力、推力などの掘削データに関して、土質毎のパターン（メンバシップ関数）と実際の計測値のパターンとの適合度により、切羽地山の土質を分類する方法であり、図-1に示すように推論を2段階に分割し、最初に比較的特徴がはっきりしている粘性土の判定を行う方法とした。システムによる判定結果と、坑内で実際に掘削土砂を確認した結果との比較を表-2に示す。粘性土、固い粘土は高い正解率が得られたものの、砂質土、砂礫・玉石は低いので、メンバシップ関数の改善あるいは判定方法の見直しが必要である。

次に、掘削状態の評価では、掘削データ自体の安定性や管理目標値との比較から、掘削状態が切羽地山に適しているかを判定する。この際、掘削データの各項目には土質毎に重み係数を設定している。シ

表-1 処理項目一覧

管 理 項 目	処 理 概 要
掘 削 管 理	切羽地山・掘削状態を評価し、管理基準を指示
姿 勢 管 理	過去の姿勢制御性能を評価し、制御基準を指示
作 業 管 理	工 程 管 理 掘進実績データを考慮して、以後の工程を予測
	資 材 管 理 各種材料の在庫を把握し、発注予定表を作成
	労 務 管 理 作業項目毎に作業員の出勤を集計し把握
	打合せ簿作成 工程・資材の管理データから作業打合せ簿を作成
	掘進日報作成 掘進実績データを整理して、掘進日報を作成

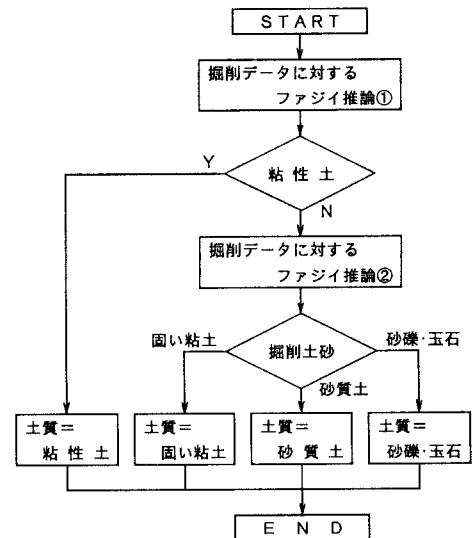


図-1 土質分類判定フロー

表-2 土質分類判定結果

土 質 分 類	粘 性 土	固い粘土	砂 質 土	砂礫玉石	[全体]
正 解 率(%)	97.7	84.6	48.4	36.5	79.2

システムによる掘削状態の判定結果は、シールド工事専門技術者の判断と概ね一致しており、全体的な判定結果の傾向としては、粘性土層の掘削で比較的高く、砂礫層で低い結果となった。砂礫層は隔壁土圧の維持が困難であったことで判定結果が低くなったと考えられる。

また、掘削指示では隔壁土圧や添加材注入率などの管理基準値を設定し、指示書として出力する。この適用現場では地上沈下もほとんど無く全体的には良好な掘削が行われたが、一部の砂礫層の掘削においてシールド機掘進に伴う振動・騒音が問題となった。この対策として潤滑効果の高い添加材を新規で導入したので、その専門知識を知識ベースに追加した。システムの実用性を維持するためには、このような技術動向に柔軟に追従していく必要がある。

4. 姿勢管理

シールド機の測量は、水平方向はジャイロコンパス、鉛直方向は水管式レベルセンサを使用する方法としたが、水平変位は方位データから算出するので誤差が累積すると考えられ、片番に1回のチェック測量により補正するものとした（図-2参照）。水平変位計算値とチェック測量結果の差の絶対値平均は、片番約8リングの進行に対して、直線部で10mm、曲線部で33mmであった。曲線部の誤差が大きいので、この適用現場ではチェック測量の回数を増やすことにより対処したが、これ以外の対策としては光学式測量装置の併用なども考えられる。

また、姿勢制御性能の評価として、過去の方角制御方法と姿勢の変化からシールド機の“曲がりやすさ”を学習する。本システムでは、シールド機の姿勢を水平、鉛直方向それぞれに対して変位と傾きを併せて1個のパラメータとして表現しており、“曲がりやすさ”の要因もパラメータとして採用し、これらの値に基づいて方向制御を行っている。適用現場では、シールド機が進行方向に対して右向きに曲がりやすいという傾向があったが、システムでもこの傾向を学習しており、シールド機の姿勢が正規であっても左向きに制御する指示内容が出力された。

姿勢管理の指示書としては、中折れ量あるいはシールドジャッキパターンなどの方向制御パターンを出力する。適用現場では中折れとシールドジャッキにより方向制御を行っており、実績として全体的にはシステムの指示に近い状態で施工が行われた。しかし、前述の振動・騒音が問題となった区間では、その対策として中折れ量をできるだけ小さくしたので、指示よりも実績値が小さいという結果になった。現状のシステムでは、このような振動・騒音問題には対処しておらず、今後こうした特殊ケースもルールによりシステムに組み込んでいく必要がある。

姿勢管理の指示書としては、中折れ量あるいはシールドジャッキパターンなどの方向制御パターンを出力する。適用現場では中折れとシールドジャッキにより方向制御を行っており、実績として全体的にはシステムの指示に近い状態で施工が行われた。しかし、前述の振動・騒音が問題となった区間では、その対策として中折れ量をできるだけ小さくしたので、指示よりも実績値が小さいという結果になった。現状のシステムでは、このような振動・騒音問題には対処しておらず、今後こうした特殊ケースもルールによりシステムに組み込んでいく必要がある。

5. 作業管理

作業管理では、資材、労務などの作業データとシールド機の掘削データに基づいて、日報、打合せ簿などの書類作成や工程予測、資材管理などの現場担当職員の業務を支援した。その結果、本システムの導入によりこれらの管理業務の合理化を図ることができた。

6. あとがき

今回の適用現場においてシステムの実用性を確認することができたので、今後は残された課題点を解決するとともに適用実績を重ね、更なる実用性の向上を図っていきたいと考えている。

〔参考文献〕 1)市原、五十嵐、岡：シールド施工管理エキスパートシステム、土木学会第47回年次学術講演会（第VI部門）、pp.170～171、1992

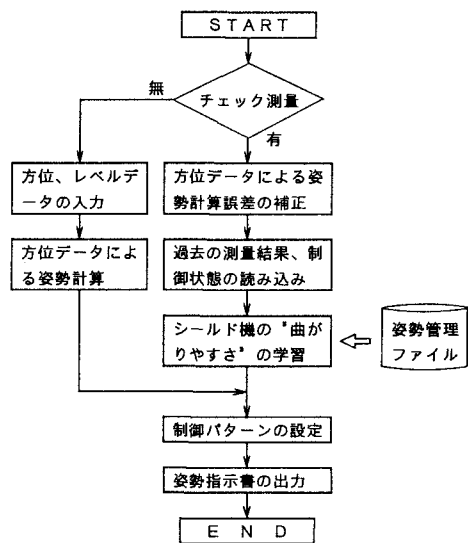


図-2 姿勢管理フロー