

III-24 AI利用によるシールドの姿勢制御エキスパートシステム

フジタ工業(株) 正員○入江洋之 佐藤 清
正員 和久昭正 正員 林 英雄

1. はじめに

近年、都市の過密化にともないシールド工事は、大深度化・大断面化し、また、長距離化の傾向にある。一方で若者の建設業離れ現象による技術者や熟練工の不足、さらには作業員の高齢化が深刻な問題になりつつある。これらの問題を解消すべく、各方面でシールド工事の全自動化に関する研究が盛んに進められている。本研究は、この全自動化に関する研究のうち、AI(人工知能)利用によるシールドの姿勢制御に関するエキスパートシステムの開発を行ったものである。このほど、本システムを採用して645mの工事区間を自動制御し、掘進を行ったところ良好な結果が得られたので、ここに報告する。

2. システムの概要

従来、シールド機の姿勢は、エキスパートの経験と勘によって制御されていた。本システムは、このエキスパートの知識をワークステーション上でシステム化したもので、その概要は次のとおりである。

まず、伝送されてくる測量データを収集し、これをAIの手法を用いて解析する。そして、その結果に基づき、次の工程で計画線に乗せるための最適なルートを確認度にあわせて決定する。次に、そのルートに適合させるために必要なトルクを算定し、シールドジャッキの選択を行う。なお、このジャッキパターンの選択作業を短時間で処理するために、CLIPS(AI tool)と統計的検定を採用している。

掘進終了後、データチェックが行われ、データベースの改定および増進がなされる。このため、掘進に伴って、データベースの充実と学習がなされ、精度が向上していくという特長を有する。

3. システムの構成

本システムの構成を図-1に、フローチャートを図-2に示す。

1) シールド機に搭載されているセンサーおよびシステム

①センサー機構としては、ジャイロスコープ、レベル計、ジャッキストローク計、ピッチング、推力(ジャッキ圧)計があり、これらのデータより自己位置及び姿勢が検出される。

②シールド機後方にローカルマイコンが設置されており、中央制御室パソコンとの間のデータ伝送が行われる。

③運転席のディスプレイにシールド機の現位置と使用ジャッキパターンが表示されるため、オペレーターは姿勢制御状況を確認しながら作業を進めることができる。

2) 中央制御室パソコンの主な機能

①測量データを取り込みワークステーションに伝送する。

②ワークステーションから送られてくるジャッキ選択パターンをシールド機ローカルマイコンに伝送する。

③各種データを、管理者に分かり易くディスプレイにより表示し、その結果をプリントアウトして記録する。

3) ワークステーションの主な機能

①中央制御室パソコンを通じて伝送されてくる測量データを解析する。この解析結果に基づき、次の工程で計画線に乗せるための最適なルートの設定、すなわち理想曲線の作成を行う。

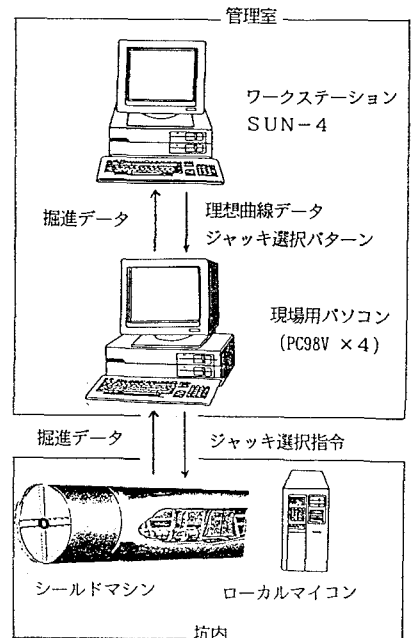


図-1 システム構成図

②シールド機を設定された理想曲線に従って掘進させるために必要なピッチング、ヨーイング量を算定する。この結果から、シールド機に与えるトルクを算定し、知識ベースに基づきジャッキ選択を行う。

③ジャッキ選択パターンを中央制御室のパソコンに伝送する。

④掘進終了後、データチェックを行い、データベースの構築ならびにルールの改定を行う。

4. 施工結果

本システムを実施した工事は、仕上り内径 $\phi 3,000\text{mm}$ （シールド外径 $\phi 3,950\text{mm}$ ）の下水道管渠築造工事
で、泥水シールド工法を採用して施工された。また、施工延長は 645 m で、曲線率 15% 、土被り 8.0m であ
った。なお、地盤条件は、土質は砂質シルト、 N 値 $=5\sim 10$ 、切羽における地下水压は 0.8kg/cm^2 であった。

このような施工条件のもとでシステムを稼働させたが、その実施状況は、下記の通りであった。

①システムの実施当初は、ワークステーションから発せられるジャッキパターンとオペレータの選択するジャッキパターンとの間にかなりの差異が見られた。この原因は、ワークステーションの設定したルートは最短距離で設計線に乗せるべく、ジャッキを選択しているのに対し、オペレータはカーブのECや到達点をにらんでルートを設定し、ジャッキ選択を行っていたためであった。

②データの採取間隔、および、演算結果から発せられるジャッキパターンの指令間隔は、各々9 秒間隔とした。このため、ジャッキパターン変更の切り替えが素早く実行できるように、OFF のジャッキでもスプレッダーが常にセグメントに接している状態でシールド機の運転を行った。その結果、蛇行修正の即応性が高まり、施工精度の向上を図ることができた。

③施工結果として、セグメントの出来形を図-3に示す。この図より、設計線から20mm以内という非常に良い精度で掘進できたことが分かる。

RING NO	水 平				垂 直			
	誤差 (mm)	左 (-)	0	右 (+)	下 (-)	0	上 (+)	誤差 (mm)
481	9		●			●		3
482	12		●			●		2
483	9		●			●		6
484	11		●			●		4
485	8		●			●		8
486	11		●			●		6
487	2		●			●		4
488	6		●			●		8
489	4		●			●		9
490	6		●			●		6
491	3		●			●		4
492	2		●			●		8
493	3		●			●		6
494	2		●			●		6
495	2		●			●		7
496	7		●			●		4
497	4		●			●		3
498	4		●			●		5
499	5		●			●		7
500	11		●			●		7

図-3 実測結果図

5. おわりに

本システムを施工に適用した結果、測量業務の省力化とともに、施工精度も大幅に向上させることができた。これは、システムのAI機能が有効に稼動し、綿密に姿勢制御を行うことができたためと評価される。今後、急曲線施工や、巨礫層といったハードな施工条件下での実績を積み、データベースの充実を図りシステムをさらに発展させていきたいと考える。

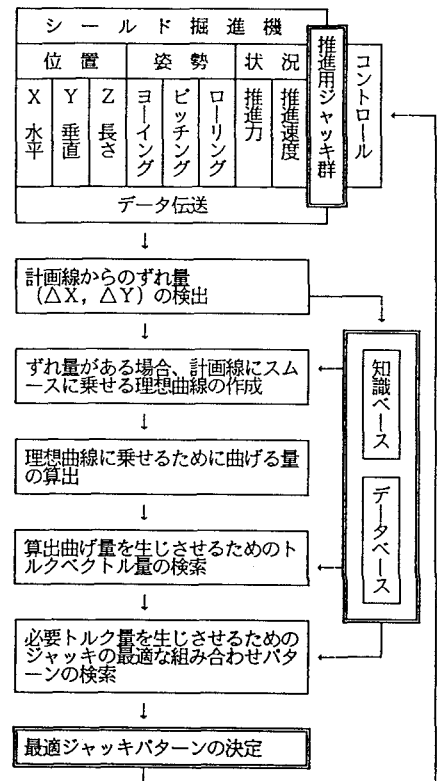


図-2 システムフローチャート