

III-56

シールド機の姿勢制御システムの開発

(その1) 姿勢制御システムの概要

(株)竹中土木 正会員 ○ 大西常康
 (株)竹中土木 正会員 花森裕司
 (株)竹中土木 菅野正徳
 (株)竹中工務店 三上忠雄

1. はじめに

シールド工法は、建設作業の中では比較的自動化・システム化が進んでいる工法である。しかし、掘進管理は技術者個人の施工経験への依存が強く、標準化された管理手法が確立されていない。一方、建設業に携わる熟練労働者の不足や作業員の高齢化、若令人口の減少と建設業離れは一層深刻化している。これらの現状に対応するため当社では、作業の施工能率および施工精度を満足し、熟練技術者の技量を代替もしくは補佐することが可能であるシールド機の姿勢制御システムの開発を進めてきた。本報では、開発した姿勢制御システムの概要および制御手法について述べる。

2. 姿勢制御システムの構成

本システムは、以下のサブシステムにて構成される。

- ①自動測量システム
- ②掘進データ収集システム
- ③推進ジャッキ制御システム

システムの全体構成を図-1に示す。

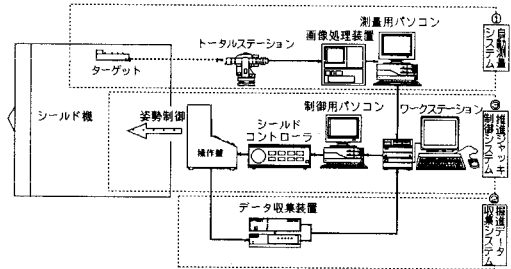


図-1 システムの全体構成

3. 姿勢制御システムのソフトウェアの基本構造

姿勢制御システムのソフトウェアは、論理型言語プロログ (PROLOG : PROgramming in LOGic) を用いたリアルタイムエキスパートシステムを基本とし、制御の妥当性を判定し、必要に応じて知識ベースを自動的に更新する機能 (以下、学習機能) を有している。

本システムは、

- ①知識ベース内の知識を用いて姿勢制御のための推論を行うアルゴリズム (以下、推論エンジン)
- ②姿勢制御に関する知識の集積 (以下、知識ベース) を核として構築されている。推論エンジンは、姿勢制御のための知識を効果的に利用するメカニズムで、装備された推進ジャッキ本数などといったシールド機の個々の仕様に影響されない。知識ベースは、姿勢制御のための知識を一定の形式にもとづいて蓄積したもので、各知識ベースは独立して存在している。知識ベースは、一定の書式でワープロで入力したデータを知識ベース生成プログラムでプロログ形式に変換するので、知識ベース構築のための特別な技術や知識を必要としない。ソフトウェアの基本構造を図-2に示す。

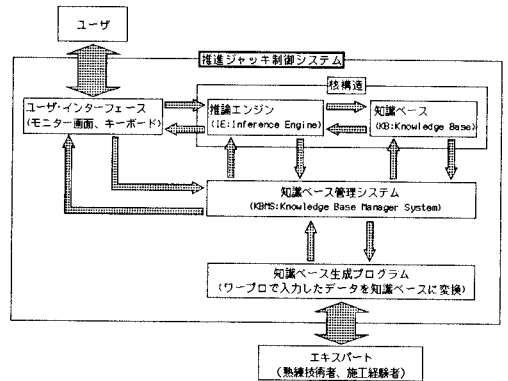


図-2 ソフトウェアの基本構造

4. 知識ベースの学習機能

知識ベースの中の知識は、スタティックモードとダイナミックモードの2つのモードに区別される。スタティックモードの知識は初期状態の知識である。ダイナミックモードの知識は、実行した制御の妥当性を判定し、必要に応じて知識ベース内に自動的に生成・追加される知識である。学習にて得られた知識は、次からの姿勢制御に学習結果が反映されるように、知識ベース内で最優先で検索される部分に追加される。

5. 姿勢制御手法の概要

本システムでは、シールド機の姿勢制御に大きく影響する要因を以下の3つに大別し、各々、知識ベースを構成している。

1) 軌跡パターン

任意の2点間の偏位量を結んだ直線と計画路線との相対的な位置関係は8種類に分類することができる。これをシールド機の挙動を表す『基本パターン』と定義した。シールド機の姿勢制御には連続する3つの基本パターンを組み合わせたものを用いることとした。本システムではこれを『軌跡パターン』と定義し、この軌跡パターンで今後の挙動を予測することとした。基本パターンの一覧を表-1に軌跡パターンの一例を図-3に示す。

2) シールド機の現在位置と修正量

計画路線から離れたシールド機を計画路線に近づける場合、一般的に短い区間で急激に修正すると出来形の品質に悪影響が生じる。本システムでは滑らかな制御を行うための基準として、計画路線からの距離に応じて任意の間隔で設定する複数の範囲（以下、エリア）を設けている。シールド機先端の属するエリアと軌跡パターンによる基本的な制御規則は、

- ① 軌跡パターンが計画路線から離れる傾向にある場合には、計画路線に平行になるように制御する。
- ② 軌跡パターンが計画路線に平行あるいは近づく場合には、現在のエリアから計画路線近いエリアへ移るように修正量を設定する。
- ③ 軌跡パターンが計画路線に対して近づく場合で計画路線を越えそうな場合は逆方向の修正を加える。
- ④ シールド機がエリア①にある場合には、そのままの位置を掘進するように制御する。

エリア別の修正法の例を図-4に示す。

3) シールド機の姿勢角

シールド機のピッチング角およびヨーイング角は、シールド機の水平、鉛直方向の動きに対応しており、姿勢角の変化は計画路線からの偏位量に先だって発生するのが一般的である。本システムでは自動測量システムにより、常時シールド機の姿勢角を計測しているので、その変化状況から今後のシールド機の挙動をいち早く予測することが可能である。従って本制御手法では、シールド機の姿勢角に変化が生じた場合、その変化がシールド機の今後の掘進軌跡に影響するという考え方のもとに、姿勢制御のための修正方向と修正量に姿勢角の変化を加味している。

6. おわりに

本報では開発したシールド機の姿勢制御システムについて、その概要および制御手法の概略を述べた。開発した姿勢制御システムの性能を評価するため、昨年、大阪府と広島県の2作業所にて実証実験を実施した。姿勢制御システムの導入の結果については（その2）にて報告する。

表-1 基本パターン

パターン No.	パターンの形状		A点、B点の位置関係		
	A点	B点	A点	B点	A点とB点
①	+	+	$A \geq 0$	$B > 0$	$A < B$
②	+	-	$A \leq 0$	$B < 0$	$A > B$
③	+	-	$A > 0$	$B < 0$	$A > B$
④	+	+	$A < 0$	$B > 0$	$A < B$
⑤	+	-	$A > 0$	$B > 0$	$A > B$
⑥	+	+	$A < 0$	$B < 0$	$A < B$
⑦	+	+	$A \geq 0$	$B \geq 0$	$A = B$
⑧	+	-	$A < 0$	$B < 0$	$A = B$

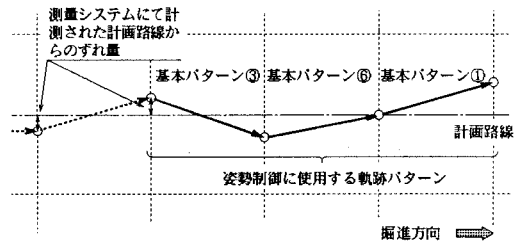


図-3 軌跡パターン

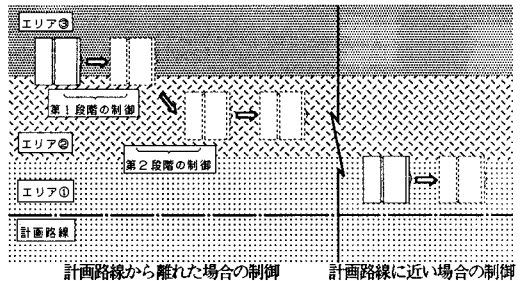


図-4 シールド機のエリア別修正方法