

VI-190

シールド自動制御システムの開発

大日本土木（株） 正会員 畑 一民
同 上 倉知洋行

1. はじめに

熟練工を中心とした建設技能労働者の不足は深刻な社会問題となっており、作業・管理の自動化・省力化は急務の技術的課題である。シールド工法においても例外ではなく、自動化とともに路線施工の高精度化への要求も高度化してきている。本文は、パーソナルコンピュータと自動追尾式トータルステーションなどの各種センサによって、シールドの位置・姿勢の測定および制御を自動的に行うシステムを実地試用し、適用性検討を行った結果について報告するものである。

2. システムの概要

図1にシステムの概要をまとめる。シールドに取り付けられた各種センサの情報は、常時地上の集中管理室パソコンに伝送され、自動的に測量演算と方向制御操作を行う。

1) 位置方向測定演算部

当システムでは、シールドの位置方向測定機器として、自動追尾式トータルステーション（写真1）を用いている。これを後方の固定基準点上に設置し、移動するターゲットを（写真2のシールドの2個のプリズムを交互に）視準する（図1）。シールド動きを自動的に追尾しながら、測距、測角（水平、鉛直）をパソコンに伝送し、計画路線とのずれ量を計算するものである。

2) 方向制御演算部

方向制御量の演算はファジィ理論によっている。ファジィコントローラへの入力はシールドと計画路線との位置・角度のずれ量、テールクリアランス量であり、出力はずれを修正するためのシールドジャッキ選択パターン（ジャッキの片押し度）である（表1）。メンバーシップ関数を図2、表2に、ルールテーブルを表3、4に示す。まず入力をずれ量、出力を片押し度とする基本的な演算（表3）を行い、さらにテールクリアランスの状況に応じて片押し度合いを減じて（表4）最終的な操作片押し度を決定する。水平、鉛直両方向について個別に求めたジャッキの片押し度を相満たすジャッキパターンを最適値として採用する。なお推論演算則はmax-min法と重心法を用いている。

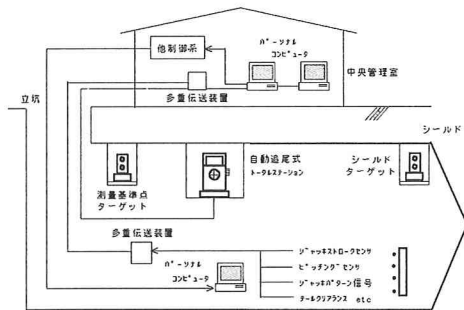


図1 システム概要図

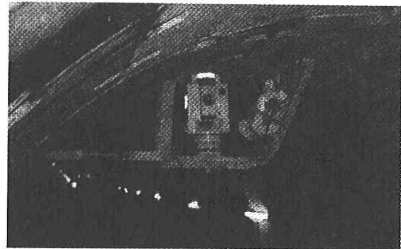


写真1 自動追尾式トータルステーション



写真2 シールドターゲット

表1 ファジィ集合(メンバーシップ関数の標準例)

変数		メンバーシップ関数の記号	ゲイン(図2)		備考 (符号)	
			min	max		
入	水平	位置のずれ	D H (cm)	-5.0	5.0	左側負, 右側正
		角度のずれ	S H (deg)	-0.3	0.3	左向負, 右向正
		テールクリアランス	C H (cm)	-2.0	2.0	左セリ負, 右セリ正
力	鉛直	位置のずれ	D V (cm)	-3.0	3.0	下側負, 上側正
		角度のずれ	S V (deg)	-0.4	0.1	下向負, 上向正
		テールクリアランス	C V (cm)	-3.0	3.0	下セリ負, 上セリ正
出力	水平	片押度	Z H	-1.0	1.0	左押負, 右押正
		調整量	Δ Z H	-0.4	0.4	右押減負, 左押減負
	鉛直	片押度	Z V	-1.0	1.0	下押負, 上押正
		調整量	Δ Z V	-0.4	0.4	上押減負, 下押減正

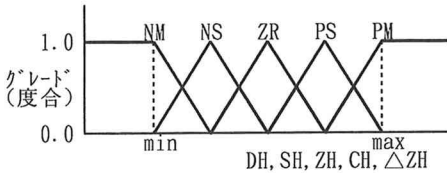


図2 メンバーシップ関数群(水平方向の例)

表5 誤差, 平均値, 標準偏差の比較

	誤差	平均値	標準偏差
水平方向		1 mm	9 mm
鉛直方向		2 mm	7 mm

3. システムの実施適用例

自動測量部の精度は、表5のように実用上必要な性能を満たしている。なお機器盛替え、人為確認測量作業に要した時間は直線部で6時間/週、曲線部で10時間/週程度であり、従来方式に較べ3~4割にまで時間短縮する省力化が確認された。

写真3は、システムの方角制御操作画面例である。当初区間で、オペレータの操作実績とシステムのシミュレーション結果の比較を行い制御則を同定した後、自動運転を行った。図3に結果を示す(横軸は掘進リング数)。手動操作との間に大きな差異は認められない。なお当システムでは、曲線路線部の曲率半径と最新の過去10リングの鉛直方向ずれの変化に応じて制御則を変化させている¹⁾。

4. まとめ

当社では既にジャイロコンパス・レベルセンサを用いた自動測量システムを開発済み²⁾である。今後小口径から大口径、急曲線を含めた広い対象に実地適用し、システムの信頼性向上に取り組む予定である。
[参考文献] 1) 畑, 林: シールド方向制御システムの開発: 第46回年次学術講演会(講演集第VI部p200~201)、2) 丹羽, 畑: シールド掘進管理システムの開発: 第7回建設マネジメント問題に関する研究発表討論会(講演集p233~236)

表2 ラベルの意味(水平方向の例)

ラベル	ずれ位置DH	ずれ角度SH	片押し度ZH	テールクリアランスCH	片押度調整量 ΔZH
NM	かなり左	かなり左	かなり左押	かなり左セリ	左押かなり減
NS	すこし左	すこし左	すこし左押	すこし左セリ	左押すこし減
ZR	なし	なし	まっすぐ押	セリなし	増減なし
PS	すこし右	すこし右	すこし右押	すこし右セリ	右押すこし減
PM	かなり右	かなり右	かなり右押	かなり右セリ	右押かなり減

表3 ルールテーブル(基本操作量: 水平方向の例)

		ずれ角度SH					
		左←	NM	NS	ZR	PS	PM→右
ずれ位置DH	左↑	NM	NM	NM	NS	NS	ZR
	↑	NS	NM	NS	NS	ZR	PS
	↓	ZR	NS	NS	ZR	PS	PS
	右↓	PS	NS	ZR	PS	PS	PM
			PM	ZR	PS	PS	PM

表4 ルールテーブル(調整操作量: 水平方向の例)

片押し度		左← テールクリアランスCII →右					
調整量ΔH		NM	NS	ZR	PS	PM	
片押し度 ↑ ↓ CII	左	NM	NM	NS	ZR	ZR	ZR
		NS	NS	NS	ZR	ZR	ZR
		ZR	ZR	ZR	ZR	ZR	ZR
		PS	ZR	ZR	ZR	PS	PS
	右	PM	ZR	ZR	ZR	PS	PM

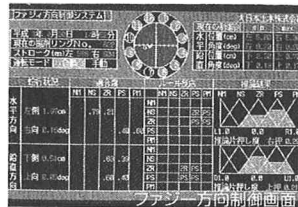


写真3 システム操作画面例

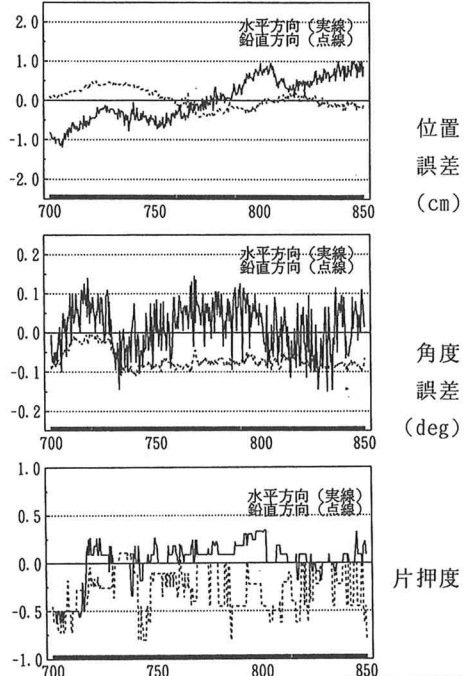


図3 自動運転結果(724~780リングが自動運転区間)