

VI-86

小口径推進機ファジィ方向制御システムの開発

西松建設㈱ 技術研究所 正会員 坪井 広美
 西松建設㈱ 機材部 桑原 資孝
 西松建設㈱ 技術研究所 正会員 磯 陽夫
 西松建設㈱ 技術研究所 渡辺 徹

1. はじめに

近年、下水道等のインフラ施設の整備・拡充に伴って、管渠設置工法の中で小口径推進工法が急速に施工延長を伸ばしてきている。一方、その施工精度を大きく左右する熟練オペレータの不足も一段と深刻化しており、工事の自動化・高精度化が急務とされてきている。

現在、小口径推進工法では、推進中における計画線からのずれに対する方向修正操作の判断は熟練オペレータによる経験的技術に頼っている。そこで、自動化・高精度化として熟練オペレータの持つ運転技術（あいまいな運転規則表現：“もし～ならば…する”）をファジィ理論で表し、これを利用して制御を行うファジィ方向制御システムの開発を行い、実施工に適用し、その機能を確認することができたので、以下にシステムの概要および実証施工結果について報告する。

2. ファジィ方向制御システムの概要

全体システムを図-1に示す。

(1) 制御アルゴリズム

図-2制御アルゴリズムに示すとおり、自動測量システムからリアルタイムに送られてくる計画線からのずれ量とその変化量を入力変数（8変数）として、ファジィコントローラーで水平・上下方向ごとにファジィ推論（max-product法）を行い、出力変数として方向修正ジャッキストローク差変化量を10cmごとに求め、方向修正ジャッキ自動制御システムにより方向制御を行う。

(2) 自動測量システム

本システムは、推進機の位置を検出するレーザー発信器とレーザーターゲット、方位角を検出するジャイロコンパス、ピッチ角・ロール角検出用の傾斜計および制御用パソコンから構成され、これらはリアルタイムに計測を行う。

そして、これらの計測データおよび、元押しジャッキストローク計からの推進距離データからあらかじめ記録してある

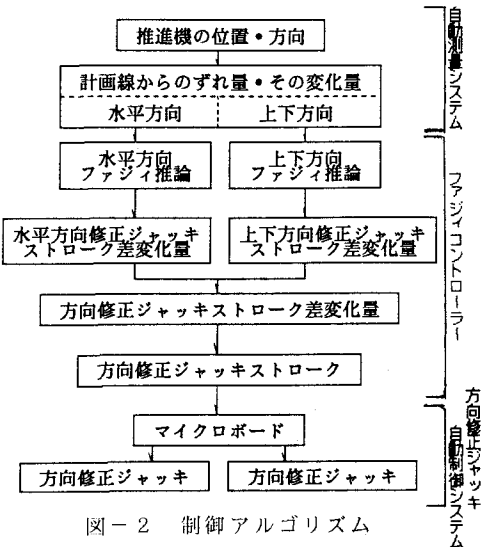


図-2 制御アルゴリズム

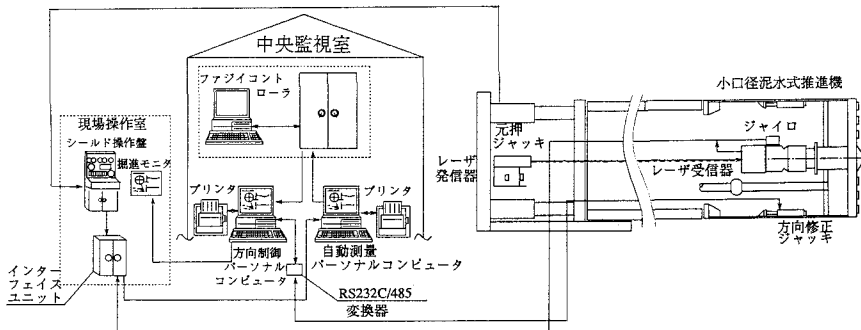


図-1 全体システム

計画線とのずれ量およびその変化量を算出し、入力変数としてファジィコントローラーへ送る。

（3）方向修正ジャッキ自動制御システム

通常の小口径推進機の方方向制御は、オペレータが修正ジャッキに取り付けられたワイヤー式のストロークゲージを見ながら油圧バルブの開閉を行って、1～3mmの修正ジャッキストローク制御を行っているが、推進機径に対して必ずしもきめ細かい制御とは言えない。そこで本システムでは、0.01mm単位の測定が可能な磁歪式のストローク計と、高精度な油圧制御が可能なマイクロボード内蔵のサーボバルブを採用し、0.1mm単位で修正ジャッキストロークをPID制御している。

3. 実証施工結果

工事概要を表-1に、地質縦断図を図-3に示す。

表-1 工事概要

工事名	城南第四污水管工事
施工場所	愛媛県宇和島市
発注者	宇和島市
工期	自 平成2年6月23日 至 平成3年3月20日
工法	泥水式推進工法（φ800mm）
管径	φ800mm（ヒューム管）
推進延長	398.7m（直線）
勾配	0.9‰
土被り	9.1～9.5m
地質	火山灰質砂質土（N値=6～17）

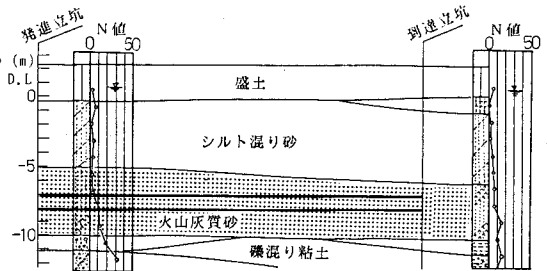


図-3 地質縦断図

実証施工は、推進全4スパンのうち1スパン（推進延長 $L=107.9\text{m}$ ）で行った。本システムを適用するにあたり、1スパン目で従来方法による推進データを収集し、シミュレーションを行い、あらかじめヒアリングにより設定したファジィ推論部のメンバーシップ関数・ファジィ規則の正当性を確認した。

実証施工結果を図-4に示す。

蛇行量のトレンドを見ると、オーバーシュートは見られるものの蛇行量は水平方向で±10mm以内、上下方向で±20mm以内であり、熟練オペレータと同等もしくはそれ以上の制御結果が得られたといえる。また、18本目～24本目のトレンドに示すように、修正ジャッキストロークをこまめに変更し、目標位置にスムーズに戻っており、ファジィ制御が有効に機能していることがわかる。また、上下方向については、計画線上部から目標位置に戻す場合と下部からの場合とで、推進機の重量のため上部から下方に移動しやすいが、これらと同じファジィ規則で表現していたため、計画線下方にオーバーシュートしやすい結果となった。

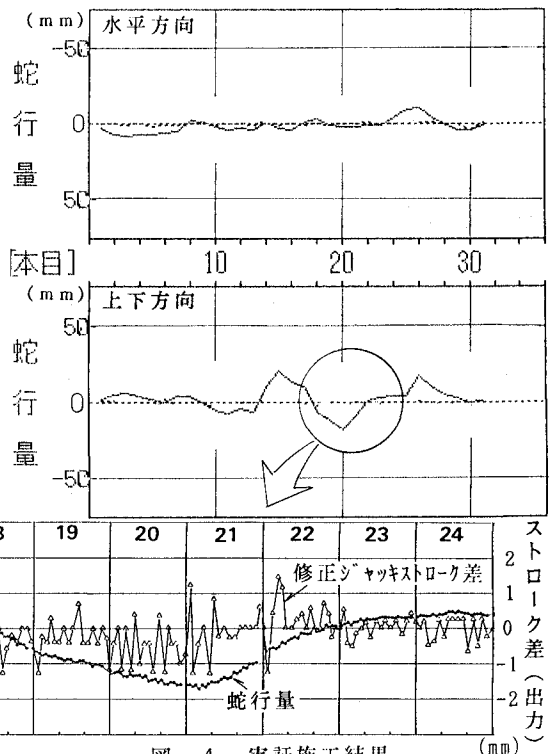


図-4 実証施工結果

4. おわりに

今後、ファジィ推論部の各パラメータの設定についてはデータを蓄積するなどの課題は残っているが、自動化が難しいとされていた小口径推進機の方方向制御（修正ジャッキのストローク制御）としての本システムの有効性が確認できた。なお、本研究は、建設省「官民連帯技術開発プロジェクト／小口径管渠掘進制御システムの開発」の一環として、高精度掘進工法の開発をテーマとして土木研究所と昭和63年から平成3年3月までの期間で共同研究を行ったものである。また、西松建設・イセキ開発工機・奥村機械製作・NTTは、ファジィ推論を同一のファジィコントローラーにより共通化している。