

VI-84

泥水式シールド自動掘進システムの実証

東京電力㈱ 正会員 庄司 通
 ㈱フジタ 正会員 高嶋 信雄
 ㈱フジタ 正会員 菊元 宏行

1. はじめに

近年、都市部におけるシールド工事は、地下構造物の輻輳化や工事用地の確保難等の理由から、深層化、長距離化する傾向にある。また、建設産業全体が熟練工の不足や作業員の高齢化から、建設工事の自動化・省力化を進めており、シールド工事でも企業者、ゼネコン、メーカーが盛んに自動化・高速化を進めている。

本稿では、千葉県船橋市の地中送電線用洞道における長距離泥水式シールド(L=2,260m)の施工に、「AI（人工知能）」と「ファジィ制御」を使った自動掘進システムを開発・導入した結果について報告する。

2. システム開発の目的

当工事では、前述の社会情勢に加え、①長距離で二次覆工がなく、かつ 曲線部が多いため、高い施工精度を求められていること。②送電線用鉄塔や石油地下タンク等の既設構造物に近接しているため影響防止対策として緻密な掘進管理が要求され、自動掘進システムの開発・導入を図った。

3. 自動掘進システムの概要

本システムは、①シールドを含む機械設備の起動・停止などの運転制御を地上の中央制御室で自動的に行う機能、②掘進中は切羽の安定保持を「ファジィ制御」で自動的に行う機能、③シールドの方向制御を「AIエキスパートシステム」で自動的に行う機能、④裏込注入を掘進と同時に自動的に行う機能を備えている。図-1に連動制御フローを示す。

4. 自動掘進システムの構築

全体システムの構築にあたっては、既に開発実用化されている自動方向制御「AIエキスパートシステム」に、切羽の安定保持制御を自動的に行うシステムと自動裏込注入システムを加え、これらを統合するとともに機械設備の運転を制御するシステムを開発した。

(1) 自動掘進管理システム

シールドを含む全ての機械設備の運転制御と管理を中央制御室で遠隔操作するもので、オペレータが1つのボタンを押すだけで、自動的にシールド掘進が開始され、所定の掘進長で自動的に停止するシステムである。

(2) 切羽安定保持制御システム

泥水式シールドでは、地山条件に応じた性状の泥水を用い、バランスの取れた掘削制御を行うことで切羽の安定保持を図っている。本システムでは、掘削偏差流量に着目して、掘削偏差流量を一定に保つことによって、切羽の安定を保持するものとした。

掘削偏差流量が(-)の場合は透水気味であり、切羽水圧を下げ、排泥流量を上げる制御を行い、(+)の場合は取込み過ぎであることから逆の制御を行う。本システムは、切羽水圧と送排

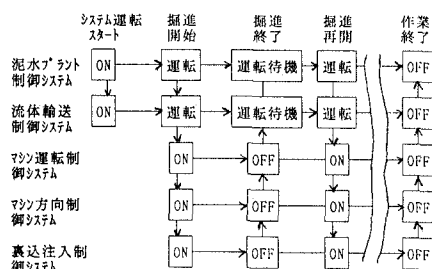


図-1 連動制御フロー

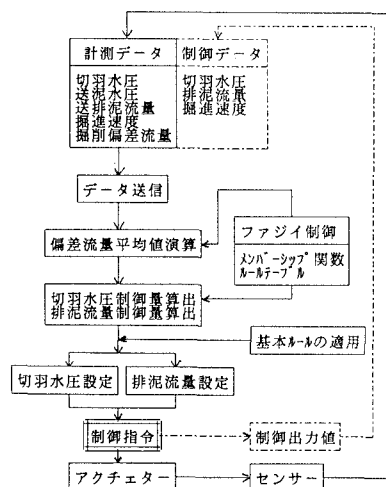


図-2 切羽安定保持システムのフロー

泥流量の制御量をファジィ理論で算出して指示するもので、切羽水圧と排泥流量の制御を優先させている。図-2は切羽安定保持システムの制御フローを示すものである。

(3) シールド自動方向制御システム¹⁾²⁾

このシステムのソフトは、「データベース」・「知識ベース」・「エキスパートルール」から構成されている。

今回の導入にあたっては、軸方向挿入式セグメントのためシールド機長が長く、マシンの回転中心位置の設定値を変えた。

制御インターバルは、掘進速度を40~60mm/minで最短9秒間隔の制御とした。

5. 施工結果

(1) 自動掘進管理システム

泥水式シールドでは、これまで坑内切羽と地上の中央制御室で2人のオペレータが別々に、シールドと泥水設備の操作を行っていたが、本システムは地上制御室の1人のオペレータにより掘進が可能となり、大幅な省力化が達成された。

(2) 切羽安定保持制御システム

当工事の掘削地盤は均等係数(4)の小さい細砂層(砂分88~94%)であり、図-3・4に自動制御区間と手動制御区間のデータを対比するグラフを示す。

図より、①自動制御区間の方が手動制御区間に比べ、掘削偏差流量のパラッキが小さく、バランスのとれた掘削をしている。②掘削土量、掘削乾砂量も自動制御区間の方がバラッキが小さく安定した土量管理が行われている。③自動制御区間の切羽水圧は、偏差流量を"0"にするための制御軌跡が見られ掘削土量管理が有効に行われていることが確認される。

(3) シールド自動方向制御システム

本システムの使用によって、従来のオペレータ制御に比べ、施工精度を向上させることができた。当工事の施工精度は、急曲線部(R=50m)を含め、水平・垂直とも±30mm以内であった。

(4) 高速施工と制御インターバル

今回のシステムで、掘進速度と制御間隔の関係を検証した。掘進速度60mm/minの場合、ファジィの「切羽安定保持制御」では制御インターバル24秒、A Iエキスパートシステムの「方向制御」で9秒間隔で制御したが制御上の遅れはなく、精度及び掘削土量とも満足できる管理値である事が確認できた。

6. おわりに

本システムの開発・導入によって、施工精度、既設構造物への影響防止、及び省力化で、当初の目的を達成することができた。現在、本システムは既に数箇所の工事に採用されて成果を上げている。さらに今後は、切羽安定保持制御システムの汎用性を高めるために、地盤条件の厳しい工事での実証を行う所存である。

(参考文献)

- 1) 入江・佐藤・林：A I利用によるシールドの姿勢制御エキスパートシステム土木学会第45回年次学術講演会概要集、1990.9.
- 2) 入江・和久・佐藤・加藤：A I利用によるシールドの姿勢制御エキスパートシステムと施工実績土木学会第8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、1990.12.

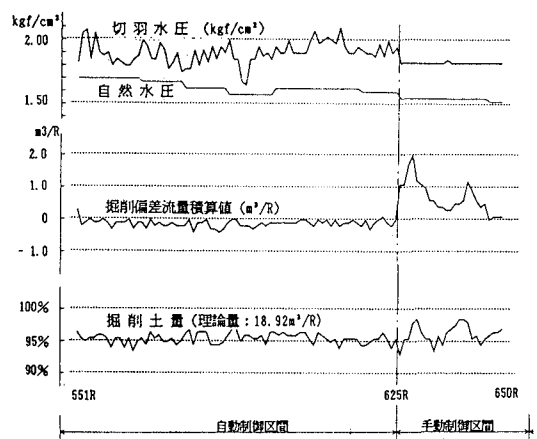


図-3 切羽安定管理経時変化

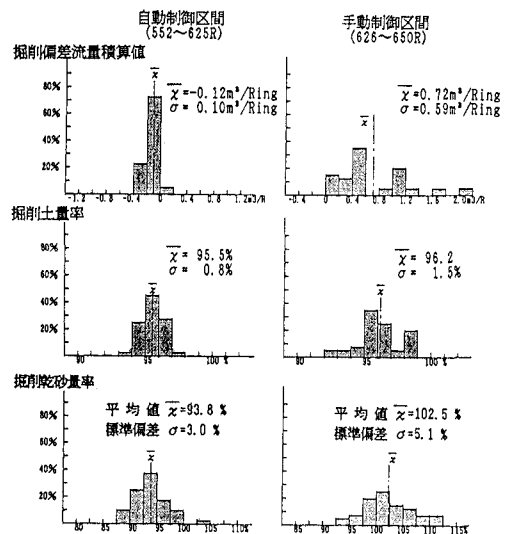


図-4 切羽安定管理のヒストグラム