

VI-192 土圧系シールド機の切羽土圧ファジィ制御装置の開発

(株)奥村組 正会員 ○福居 雅也 正会員 須田 博幸

1. はじめに

土圧系シールド工法における切羽土圧制御をファジィ理論を応用することにより自動化するシステムを開発・実用化していることは既に報告の通りである¹⁾。

このシステムによる切羽土圧制御は、過去の現場適用において実施工に対し十分な制御性能を有していることが確認されているが、パソコンに不慣れたオペレーターには、敬遠されがちなのが現状である。

そこで、切羽土圧制御をパソコン制御ではなく、ボード化・コンパクト化することにより、ファジィによる自動制御を意識せずに行える装置を開発した。さらに、東京都内の地下鉄工事に適用し良好な結果を得たので、システムの概要を紹介するとともに、適用結果の一例を報告する。

2. システムの概要

1) ファジィ理論を応用した切羽土圧制御

切羽土圧制御は、チャンバー内土圧を一定に保つこと等により、シールド機前面の地盤（切羽）の安定を図りながら地盤を掘削するための制御である。

一方、ファジィ理論は熟練オペレーターのシールド機運転に関する経験やノウハウをコンピュータに取り込むのに適した理論であり、制御内容をファジィ制御規則とメンバーシップ関数（制御パラメーター）により定義するものである。

目標土圧等の設定値をデジタルスイッチから読み込むとともに、チャンバー内土圧を計測し、チャンバー内土圧の目標値からの偏差と、前回の計測値からのチャンバー内土圧の変化量から、ファジィ推論により、スクリーコンベア（排土装置）回転数の調節量を算出し、制御する。これにより排土量を変化させ、チャンバー内土圧を目標土圧に近づけ一定になるように制御し、切羽の安定を確保する。

また、従来システムからの改良点は、各設定値（目標土圧値等）は、デジタルスイッチを使用することにより、掘進中でも常時変更可能とした点である。これにより、制御設定値調整の作業性が格段に向上した。

本システムにおけるファジィ制御規則は、図-1に示す5ルールである。

2) システム構成

システムは『汎用型』、『開発・評価型』の2種類がある。

『汎用型』は制御専用の装置であり、『開発・評価型』は制御機能の他に、システムの有効性の評価とデータ採取等のために制御設定値および制御結果の記録、制御状況の画面表示等の機能を有するものである。

装置の外観を写真-1に示す。

ファジィ制御規則		
前件部(1)	前件部(2)	後件部
IF CP is PB	and ΔCP is ZO	THEN ΔSC is PB
IF CP is ZO	and ΔCP is NB	THEN ΔSC is NB
IF CP is NB	and ΔCP is ZO	THEN ΔSC is NB
IF CP is ZO	and ΔCP is PB	THEN ΔSC is PB
IF CP is ZO	and ΔCP is ZO	THEN ΔSC is ZO

ここで、 CP : チャンバー内土圧の目標値からの偏差
 ΔCP : チャンバー内土圧の変化量
 ΔSC : スクリューコンベアの回転数の調節量
 PB : 正で大きい
 ZO : ゼロ
 NB : 負で大きい

図-1 切羽土圧制御の制御規則

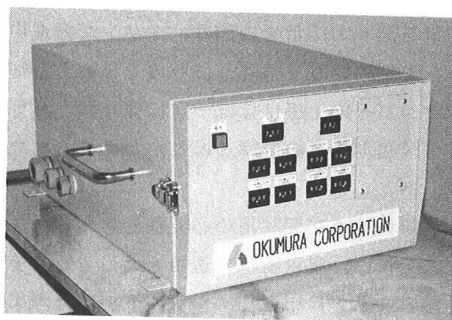


写真-1 制御装置の外観

3. 適用結果

東京都内の地下鉄工事現場にシステムを設置し、平成6年1月より適用した。適用現場の概要および適用結果を以下に示す。

1) 適用現場の概要

- ・工 法：φ5,440mm泥土圧シールド工法
- ・延 長：572m×2（単線並列トンネル）
- ・土 質：東京粘土層（N値4～10），東京砂層（同11～50），東京礫層（同>50）

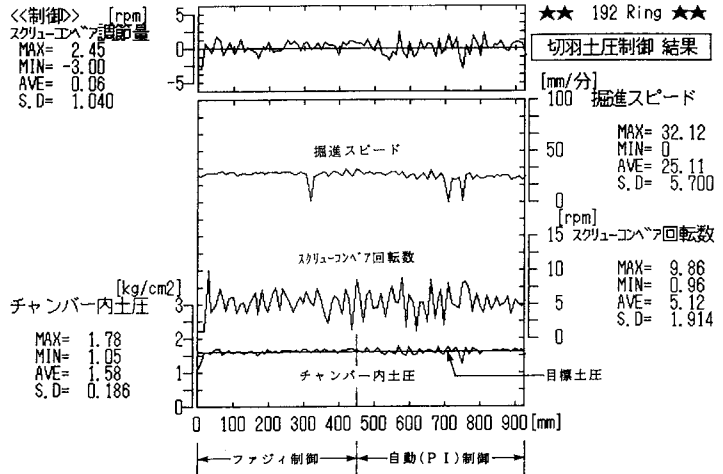


図-2 適用結果の一例

2) 適用結果

当該シールド機には、既設の切羽土圧自動制御（以下、PI制御と呼ぶ）装置が装備されているので、そのPI制御とファジィ制御の比較を試みた。

適用結果の一例を図-2に示す。同図は、1リング掘進中に、PI制御からファジィ制御に切り替えた場合のスクリーコンベア回転数とチャンバー内土圧等を示したものである。PI制御、ファジィ制御とも、スクリーコンベア回転数をきめ細かく調節し、良好な制御を行っている。また、チャンバー内土圧に着目すると、PI制御に比べファジィ制御の方が変動が小さく、目標土圧からの偏差も小さいこと、さらに、スクリーコンベア回転数に着目すると、ファジィ制御の方が調節量が小さく滑らかな制御を行っていること等がわかる。図示以外のリングにおいても同様の傾向を示しており、ファジィ制御がPI制御より優れた制御性能を有していると判断できる。

現場適用により確認できた本システムの主なメリットを以下に記す。

- ・ファジィ自動制御を意識せずに実施→汎用化・標準化への指向
- ・目標土圧等をいつでも簡単に調整可能→制御の感度調整が容易
- ・ファジィ制御により、常に熟練オペレーター級の運転制御が可能→施工精度の向上
- ・他の管理項目に今まで以上に注意を払える→安全性の向上

4. おわりに

今回、切羽土圧ファジィ制御装置を現場適用し、本システムの操作性、制御性能は、十分実施工に適用可能であることが確認された。

本システムは、熟練オペレーターのもつ経験や勘を積極的に取り入れ、作成された制御装置であり、熟練オペレーター級の制御が常に行えたとともに、人間では十分に対応できないような小さな偏差に対しても反応できることから、熟練オペレーターによる操作以上のスムーズな制御が期待できるといえる。

今後も、現場での適用実績を積み重ね、さらに問題点を抽出し、制御性能の向上（高度化）およびシールド操作盤内への組み込み等により、使いやすいシステムへの追求（汎用化）を試みたいと考える。

最後に、本システムの開発および現場適用に多大な御協力頂きました関係各位に感謝いたします。

【参考文献】 1) 山田直敏, 背野康英他, 「シールド機のファジィ自動掘進システムの開発（第2報）」第46回年次学術講演会概要集, 土木学会, 第Ⅵ部門, (1991.9), pp. 306～pp. 307