

VI-85 シールド掘削機の自動掘進システムの開発およびその実証

清水建設（株）：正会員 ○河野重行、同 辻上修士、同 菊池雄一、同 石塚政勝、同 須々田嘉彦

1. はじめに：

若年労働者の建設業離れや熟練工の高齢化による労働力不足が問われて久しく、建設業においては各種の自動化が開発、導入されている。なかでもシールド工事は、もっとも自動化が進んでいるもののひとつであり、当社はシールドの自動搬送、組立技術、自動配管接合などと並行し、自動掘進システムを開発・実用化してきた。自動掘進システムは、当社において、すでに数現場において実績があり、その実用性が充分確認されたので、その概要を報告する。

2. システムの概要：

本システムは、自動測量システムと方向制御システムから構成される。

自動測量システムは、ジャイロコンパス、レベル計、ピッチング計、ローリング計およびストローク計により、計画掘進線および目標掘進線（計画掘進線に戻すためのすりつけ線）に対するシールド掘削機の位置を自動的にリアルタイムに測量し、かつ光学測量により測量値をチェックするシステムである。

方向制御システムは、自動測量システムにより測量された目標掘進線に対する位置偏差（水平方向のずれ量、ずれ量の変化量、目標方位の偏差角、偏差角の変化量、鉛直方向のずれ量、ずれ量の変化量、目標方向とのピッチング偏差、ピッチング偏差の変化量）にもとづき、シールド掘削機を目標掘進線にのせるようにジャッキパターンを自動選択、出力するものである。最適ジャッキパターンを選択するためのパラメータとして、総推力の重心の掘削機中心からの位置を示す片押し度を用いた。本システムの構成図を図-1に、フローを図-2に示す。

位置情報にもとづき最適ジャッキパターンを出力するための手段として、以下の理由にもとづきファジイ理論（[1]、[2]および[3]）を採用した。

- 複数の計測項目を取り入れてシールド掘削機を自動制御するため、数学による方法ではパラメータの同定など複雑になる。
- 熟練オペレータの操作方法など、ファジイ推論のルールにより模倣できる。
- 土質の変化や掘削機の癖などの外的要因の変化に対し、柔軟に対応できる。

本システムは以下の機能を備えている。

- 学習機能：過去数リング分の掘進状況のデータをもとに、シールド掘削機の癖や土質の変化などによる制御度合いの変化に対し、自動的に制御度合いを調整する。
- テールクリアランス自動取り込み機能：テールクリアランスを掘進中も自動測量し、セグメント設置後にスキンプレートとのせりが生じないように、出力されるジャッキパターンを事前に補正する。
- すりつけ線自動導出機能：掘進開始時毎に、シールド掘削機の現在位置から、計画掘進線にすりつけるための目標掘進線を自動導出する。

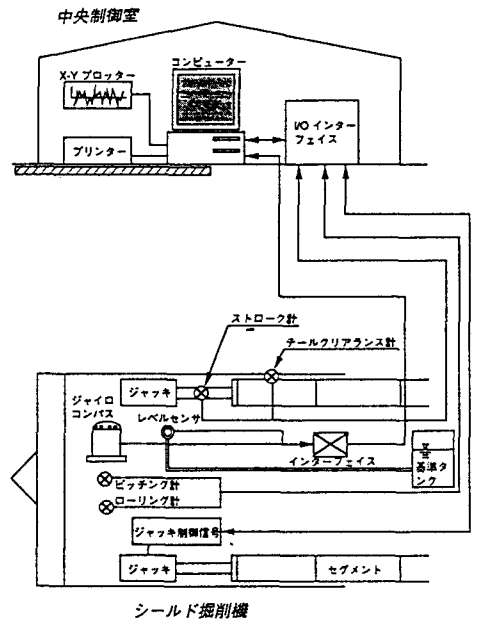


図-1 システム構成図

3. 実際への適用：

現在までに、東京都下水道局の竹芝シールド、東京電力（株）の船橋三咲シールドおよび塩浜シールド、営団7号線弁慶濠地下鉄シールド、京都市下水道局東大路シールド、東京都営12号線地下鉄シールドにおいて、導入済みまたは稼働中である。

本報告においては、紙面の都合上、詳細は割愛するが、参考までに、図-3に竹芝シールドにおける自動掘進の精度を示す。掘進精度は管理値の±50mmに対し、充分収まっていることがわかる。

船橋三咲シールドにおいては、自動測量機能の高精度により、従来片番に1回の坑内測量を行っていたのが、本システム導入後は平均3日に1回の坑内測量ですんでおり、省人化効果が非常に大きいことが確認されている。また、熟練オペレータが操作する代わりに、制御室において、女性がシステムの監視をしており、現場の雰囲気改善に役立っている。

写真-1にジャッキパターンの選択状況の表示画面を示す。

本報告では、図-1に示されるように、一例として、ジャイロコンパスを自動測量システムに用いる方式を紹介したが、大断面用として、自動測量システムに自動追尾式のトータルステーションを用いたものや、トータルステーションとジャイロコンパス併用型も開発・実用化しており、シールド径や曲率半径などに合わせ、使い分けている。詳細は別途報告する。

4. おわりに：

熟練工不足が問われている建設業において、自動化は避けては通れない道であり、シールド工事における自動掘進を可能にした本システムの意義は大きい。今後は、並行して開発・実用化が進んでいるシールド工事の他の自動化技術との連携および総合管理を行うことにより、シールド工事全体の完全自動化を目指すものである。

参考文献：

- [1] 廣田薫、わかりやすいファジシステム、株式会社テクノシステム、1989。
- [2] 三矢直城、田中一男、C言語による実用ファジブック、ラッセル社、1989。
- [3] 菅野道夫、ファジ制御、日刊工業新聞社、1988。

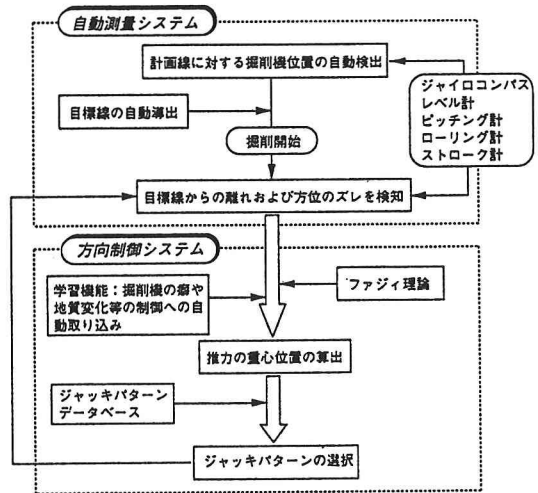


図-2 システムフロー

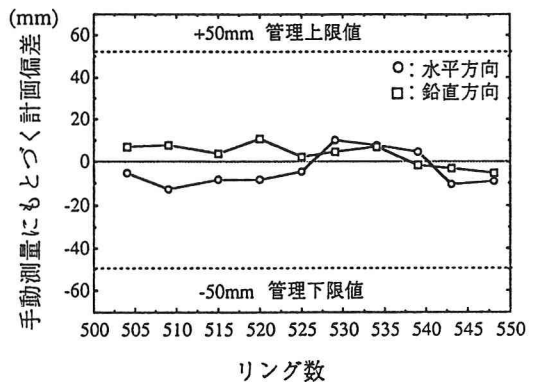


図-3 自動掘進精度

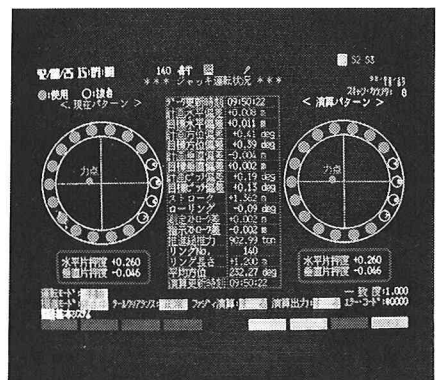


写真-1 ジャッキパターン表示画面