

【飛鳥建設(株)】

# シールド自動方向制御システム「FLEX」 —シールド機の運転がマニュアルからオートマチックへ、 さらに自動運転に進化—

## 技術の概要

シールド工法は、密閉型シールド機の発達により、適用土質の拡大、施工の信頼性、安全性が飛躍的に向上している。反面、作業員の高齢化や熟練者不足が深刻化し、高品質化に加えて省力化、合理化を同時に実現できる実用的な技術が注目されている。われわれは、トンネル覆工品質の向上を第一の目的に、施工の省力化、合理化を考慮したシールド機の圧力制御推進方式による自動方向制御システム「FLEX」を開発し、実用化を進めてきた。

FLEXシステムは、姿勢制御システム、自動測量システム、線形管理システムの三つのサブシステムから構成されている。

姿勢制御システムは、本システムの中枢にあたり、シールド機の姿勢を推進ジャッキ圧力を自動制御することにより常に適正に保つ。自動測量システムは、自動追尾式トータルステーションによりシールド機の位置を常時測量し、掘進姿勢の目標値を適時修正する。線形管理システムは、掘進計画線の設定、測量計算支援、セグメント割付シミュレーション等、線形管理に関わる作業を自動化して業務の効率化を図る。

本システムは、推進ジャッキ選択による従来のシールド推進方式と異なり、シールド機が掘進計画線の目標方向に向かうように個々の推進ジャッキの推力をリアルタイムに無段階で自動制御するため(図1)、高精度なシールド方向制御が可能となる。また、全推進ジャッキを用いたセグメントに偏荷重をかけない掘進となるため、必然的にトンネル覆工の品質も向上する。

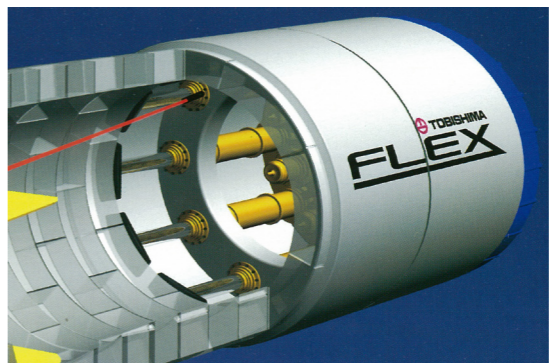


図1 FLEX施工イメージ

## その技術の独自性 または強み

本システムの最大の特徴は、シールド機の姿勢制御にジャッキの圧力制御方式を採用していることである。一般的なシールドではジャッキの作動と停止を選択するジャッキ選択方式が用いられている。

図2と図3にジャッキ選択方式と圧力制御方式の違いを示す。

ジャッキ選択方式は、作動または停止するジャッキのパターンにより姿勢の修正方向が制約されるため、目標方向への微調整が困難であり、オペレーターの技量によりトンネル線形の品質にバラツキが生じる。

また、曲線区間では推進に使用できるジャッキ本数が減少するため、反力となるセグメントに偏荷重がかかり、目開きやび割れが発生しやすくなる。

これに対してジャッキ圧力制御方式は、個々のジャッキ圧力をPID制御し、あらゆる方向と強さのジャッキモーメントをシールド機の姿勢に応じて自動で設定する。そのため、オペレーターの役割はシールド機の姿勢監

## 我が社の一押し技術として 選んだ理由

視と微調整に限られ、経験の浅い者でも十分な対応が可能となる。また、全ジャッキを用いたセグメントに偏荷重をかけない掘進となるため、必然的にトンネル覆工の品質も向上する。

シールド自動方向制御システム「FLEX」は、1986年のシールド姿勢を常時検出して管理するシステム「ジャイロマスタ」の開発を皮切りに、ジャッキ圧力制御方式の開発、情報化施工機能の装備、管理支援機能の強化、急曲線対応、掘進とセグメント組み立ての同時施工と発展した。

我が社のシールド自動方向制御技術は、他社現場も含み30年以上現場で運用され現在に至る。この間、高水圧、大口径、急曲線、急勾配、自由線形、高速施工と

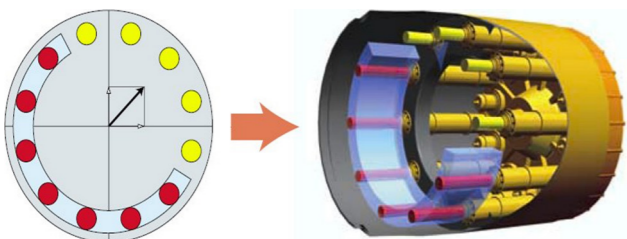


図2 ジャッキ選択方式

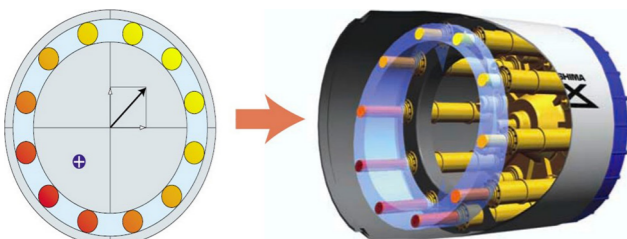


図3 ジャッキ圧力制御方式

進ジャッキを用いて、各ジャッキ推力の配分が滑らかとなるため、片押しが必要な曲線掘進においてもジャッキ間の推力差による応力集中が発生しにくく、セグメントの目開き、漏水、クラックの発生を抑え、セグメントに優しい理想的なシールド推進方式である。

いったさまざまな経験を通じて、ほぼ全ての工事に問題なく適用できるようになった。ここまで本格的に実用化された自動方向制御システムは他にないと思える。

今後とも、さらに本システムの適用性、信頼性を高め、技術力向上と発展に努めていく所存である。

最後に、本システムは他にはない技術としての強みもあるが、1986年の開発スタート以降、我が社に脈々と続く技術体系であることが、今回、一押し技術として選んだ最大の理由であることを述べさせていただく。

## 技術の売り セールスポイント

- 1 線形品質の向上**  
ジャッキ推力を広範囲に制御できるため、シールド掘進精度が向上する。
- 2 覆工品質の向上**  
全ジャッキ推進で滑らかな一定勾配となるように推力を設定する制御方式により、セグメントに偏加重がかからないため、セグメントの目開き、漏水、クラックが減少する。
- 3 省力化**  
自動測量システム、線形管理システムを活用することでオペレーターや職員の業務負担が軽減される。

また、一般的なフィードバック制御であるPID制御方式を用いたシステムのため、他のシステムよりA I化、自動化への発展性が高い。

## 4 高い認知度

我が社の現場のみならず、中央環状品川線や東京外かく環状道路など国家プロジェクト級の工事でも採用、他社や発注者も認めた認知度の高いシステムである。

## 参考文献

- (一) 西明良・第59回シールド・トンネル工法施工技術講習会テキスト、(有) 日本プロジェクト・リサーチ、2015年

## 【編集委員寸評】

本技術は、シールド機のジャッキ操作を圧力で制御し、方向制御を自動で行うことができるシステムである。これまでには熟練のオペレーターによって行われてきた操作が、経験に乏しいオペレーターでも操作が可能となる。品質ならびに生産性向上はもちろん、将来的には自動運転につながる技術である。

(担当編集委員・宮田和)

