

シールド AI 自動方向制御システムによる掘進実績の報告

株大林組 ○正会員 林 成卓
正会員 松原 健太
正会員 中筋 真紀

中本 淳
正会員 荒井 総一郎
江原 雅洋

1. はじめに

昨今、建設業において技術の伝承が課題となっており、その対応策として、施工の自動化などの建設 DX が推進されている。シールド工事においても自動運転技術の開発が求められており、弊社は、AI を活用してオペレータが参照する各種項目を一度に評価することで、シールド機の方向制御にあたって最適な操作方法を出力する「シールド AI 自動方向制御システム（以下、AI 方向制御システム）」を開発して、複数現場で適用している¹⁾。本稿では、AI 方向制御システムの概要と実工事に適用した結果を報告する。

2. AI 方向制御システムの概要

AI 方向制御システムの概要を図-1 に示す。掘進指示値を入力すると、過去の掘進実績にもとづいて、方向制御に適したシールドジャッキの作用力点となる AI 予測力点を算出する。つぎに、AI 予測力点に見合ったシールドジャッキパターンを選定して、シールド機の操作に自動で反映するシステム構成となっている。システムへの主な入力データを表-1 に示す。掘進指示値の他、オペレータによるシールド機の操作や方向制御の実績、ジャッキ推力やローリング値、テールクリアランスなどの掘進状況をもとに機械学習を行う。

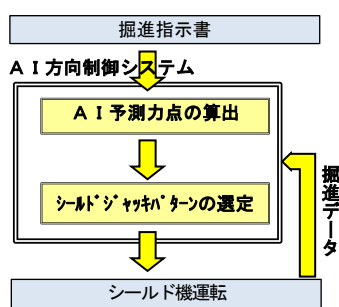


図-1 AI 方向制御システムの概要

表-1 システムへの主な入力データ

主な入力データ	
掘進指示値	ジャッキストローク差
	ピッチング
	ジャイロ方位
	水レベル値
操作	ジャッキ選択（実力点）
	カッタ回転方向
	中折れ角度
	コピーカッタ
掘進実績	ジャッキストローク差
	ジャイロ方位
	水レベル値
	ピッチング
掘進状況	ネットストローク
	ジャッキ速度
	ジャッキ推力
	カッタトルク
	ローリング値
	テールクリアランス

システムへの主な入力データを表-1 に示す。掘進指示値の他、オペレータによるシールド機の操作や方向制御の実績、ジャッキ推力やローリング値、テールクリアランスなどの掘進状況をもとに機械学習を行う。教師データは、オペレータのジャッキ選択による実力点とした。

3. 現場適用の概要と適用結果

(1) 現場適用の概要

掘削外径約 4.5m のシールド工事に AI 方向制御システムを適用した。写真-1 に適用状況を示す。適用は 2 段階に分けて実施した。ステップ 1 では、オペレータの判断でシールドジャッキを操作して、選択した実力点とシステムによる AI 予測力点を比較することでシステムの予測精度を確認した。ステップ 2 では、算出した AI 予測力点をそのままシールドジャッキ操作に反映して方向制御結果を確認することで、システムの現場適用性を検証した。



写真-1 システム適用状況

(2) ステップ 1 : オペレータ操作による実力点と AI 予測力点との比較結果

はじめにオペレータの判断でシールドジャッキを操作して、AI 方向制御システムの出力と比較した。実力点と AI 予測力点の推移を図-2 に示す。方向制御実績としてストローク差の推移もあわせて示す。図示した 2 リングは直線区間の実績であり、やや右向きに方向を修正している。いずれのリングとも実力点と AI 予測力点は概ね近似しており、精度良く予測できていることが確認できる。カッタ回転方向に着目すると、656 リングは左回転で掘進しており、実力点はシールド機左側の概ね-320mm に設定している。657 リングでは、右回転で掘進を始め、実力点は-200mm 程度であったが、掘進延長 2200mm で左回転に変更したタイミング

キーワード シールド, 自動運転, 方向制御, 機械学習

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 株大林組 TEL : 03-5769-1318

に応じて実力点を-320mm付近に左側へ移動している。本現場では、カッタを左回転にすることでシールド機が左を向く傾向があり、オペレータはこの傾向を考慮して力点操作している。AI予測力点は、この操作を再現しており、オペレータよりも先読みした出力となっている。また、656リングの押し始めでは、組立直後のセグメントのなじみを考慮して、オペレータは実力点の偏心量を小さくしており、AI予測力点でもこの力点操作を再現している。

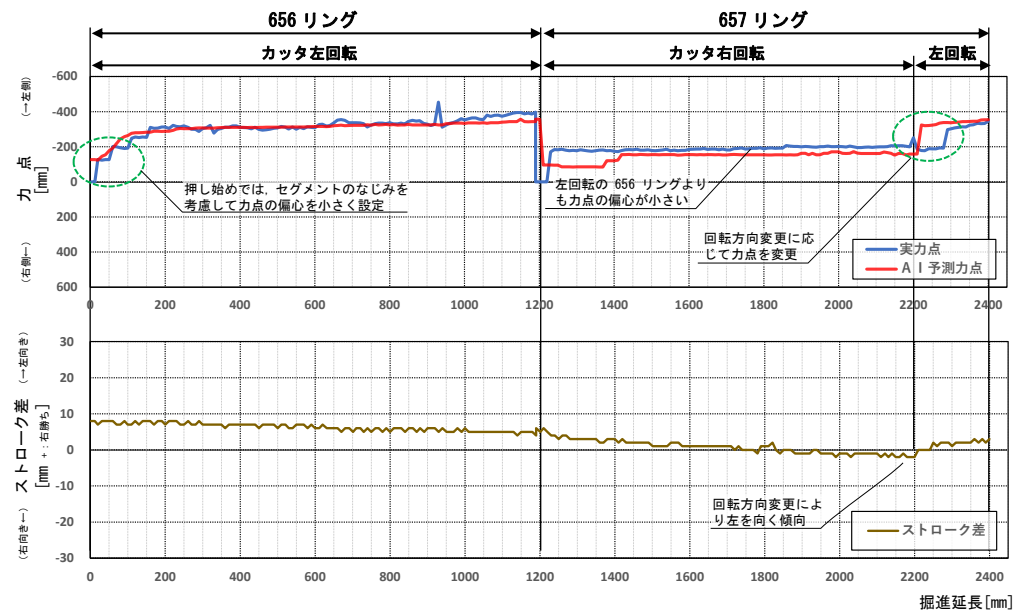


図-2 オペレータ操作時の力点とストローク差

(3) ステップ2：AI予測力点によるシールド機の自動方向制御結果

AI方向制御システムの予測精度が確認できたことから、半径500mの左曲線区間において、AI予測力点をそのままシールドジャッキ操作に反映した。自動方向制御を実施した5リングにおける力点、ストローク差およびジャイロ方位の推移を図-3に示す。方向制御の状況に応じて力点を調整しながら、概ね掘進指示値どおりの方向制御結果となった。この区間でも、左回転時には右回転時よりも力点を左側に設定しており、左を向きやすいシールド機の傾向に対応している。オペレータは、ジャッキ偏心力によりセグメントが移動することを考慮して、ストローク差よりもジャイロ方位を重視していたが、AI予測力点も同様にジャイロ方位をより掘進指示値に合わせるように力点を選定している。さらに、ジャイロ方位にはカッタ回転方向を変えると変動する傾向がみられたが、この変動幅が考慮された方向制御結果となっている。

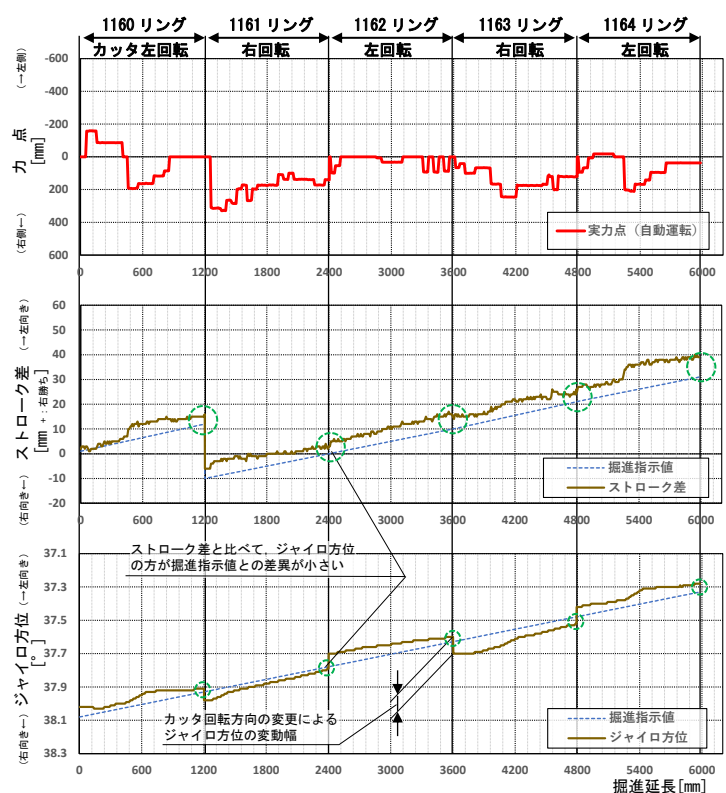


図-3 自動方向制御時の力点とストローク差・ジャイロ方位

4. まとめ

AI方向制御システムを実工事に適用し、曲線区間を含めた掘進において、熟練オペレータに近い方向制御ができることを確認した。現在、方向制御自動化技術については、測量、掘進指示や切羽安定制御など、他の自動化技術との連携を進めており、今後、さらなるデータの蓄積と精度の向上を図ることで、シールド工事全体の省人化を達成する自動化技術の実用化を目指している。

【参考文献】

- 1) 林成卓他：AIと方向制御学習システムを連携したシールド自動方向制御技術の現場適用，土木学会 年次学術講演会，2021