

シールド機の線形管理に関する自動化システムを連携した急曲線施工実績の報告

(株)大林組 ○正会員 相馬 佳奈美 正会員 林 成卓
正会員 河口 琢哉 中本 淳

1. はじめに

昨今、建設業において担い手不足による技術の伝承が課題となっており、シールド工事においても、精度・品質を確保した上で生産性向上・省力化が可能となる自動化技術が求められている。これらの背景より弊社では、シールド自動化システム「OGENTS」の開発を進めている。「OGENTS」とは、シールド掘進に関わる6つの作業の自動化要素技術を個別に開発し、統合することでシールド掘進の自動化を達成するものである

(図-1)。「シールド自動運転(OGENTS/DRIVE)」におけるシールド機の方

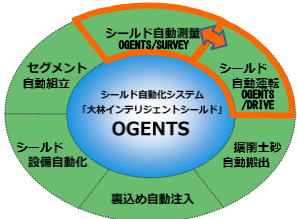


図-1 OGENTS 概要

2. シールド機の線形管理に関する自動化システム

シールド機の線形管理の流れを図-2 に示す。従来は、現場職員が①シールド坑内測量の結果にもとづき②掘進指示書を作成し、オペレーターは、記載された掘進指示値を満足するように③シールド機の運転を行っている。これらの作業に対して、①シールド坑内自動測量システム³⁾、②自動掘進指示システム、③AI 方向制御システムをそれぞれ適用することで、一連のシールド機の線形管理を自動化することができる。各自動化システムの概要を表-1 に示す。

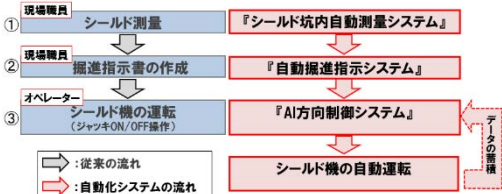


図-2 シールド機の線形管理の流れ

3. 現場適用の概要と適用結果

(1)現場適用の概要

シールド機の線形管理に関する一連の自動化システムを掘削外径約 2.7m のシールド工事に適用した。写真-1 にシールド坑内自動測量システムの適用状況、図-3 にA I 方向制御システムのモニター表示画面をそれぞれ示す。各自動化システムの出力は次の作業の自動化システムにスムーズに移行できることが確認できた。そこで、引き続き

表-1 シールド機の線形管理に関する自動化システム

	①シールド坑内自動測量システム	②自動掘進指示システム	③AI 方向制御システム
概要図			
概要	自動視準トータルステーションと、遠隔操作のタブレット端末から構成された自動測量システム。 シールド坑内で行う掘進管理測量に対して、自動視準トータルステーションを遠隔操作することで、ターゲットを盛替えながら行う測量もひとりで対応することができる。測量結果はシステム内で瞬時に計算されその場で確認でき、地上の事務所のPCにも自動転送される。	セグメント割付計画とシールド機の進行計画を自動化するシステム。 切羽先端のセグメントを起点にセグメントの組立を幾何学的にシミュレーションし、目標位置での計画線形からの偏差を確認し、蛇行修正が必要な場合には、セグメント種別や K セグメント位置の変更など、セグメント割付計画を修正する。そのあと、修正したセグメント割付計画に対してシールドの進行計画を立て、掘進指示値を出力する。	シールド機のオペレーターが参照する各種データを評価するためにA Iを導入したシールド機の自動方向制御システム。 掘進指示値を入力すると、過去の掘進実績にもとづいて、シールド機の方

キーワード シールド, 自動運転, 方向制御, A I
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

A I 方向制御システムにオペレーターの運転実績を蓄積後、システムによるシールド機の自動方向制御の精度について確認することとした。

(2) A I 方向制御システム予測精度の確認

はじめにオペレーターの判断でシールド機を操作して、そのときに選定したシールドジャッキの作用力点（実力点）とシステムが選定した作用力点（A I 予測力点）を図-4に比較した。オペレーターは方向修正のために実力点を細かく調整しているが、A I 予測力点も同様の推移を示しており、直線部と曲線部のいずれでも、精度良く予測できていることが確認できた。



写真-1 シールド坑内自動測量システム運用状況

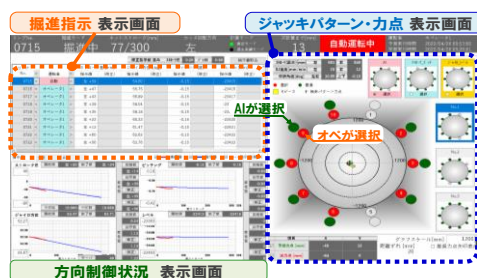


図-3 A I 方向制御システム画面

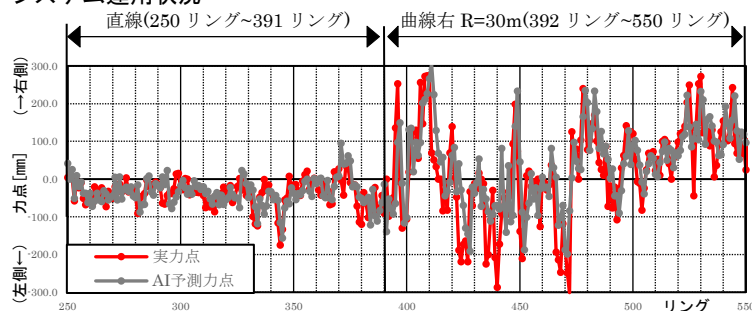


図-4 直線部と曲線部におけるオペレーター操作時の実力点とA I 予測力点

(3) シールド機の自動方向制御結果

つぎに、システム連携を行ったデータをもとにA I 予測力点をシールドジャッキ操作に反映し、自動方向制御を行った。図-5に曲線半径15mの急曲線部におけるストローク差、ジャイロ方位の推移をオペレーター操作時のものと並記する。掘進指示値は、セグメント組立の幾何学的シミュレーションにもとづき設定しているため、曲線施工時の偏荷重によるセグメント変位は反映していない。熟練オペレーターは、指示値にセグメント変位が反映されていないことを考慮して、ストローク差よりもジャイロ方位を重視して掘進しているが、自動方向制御時も、A I がこの傾向を学習して同様の運転操作ができていることが分かる。

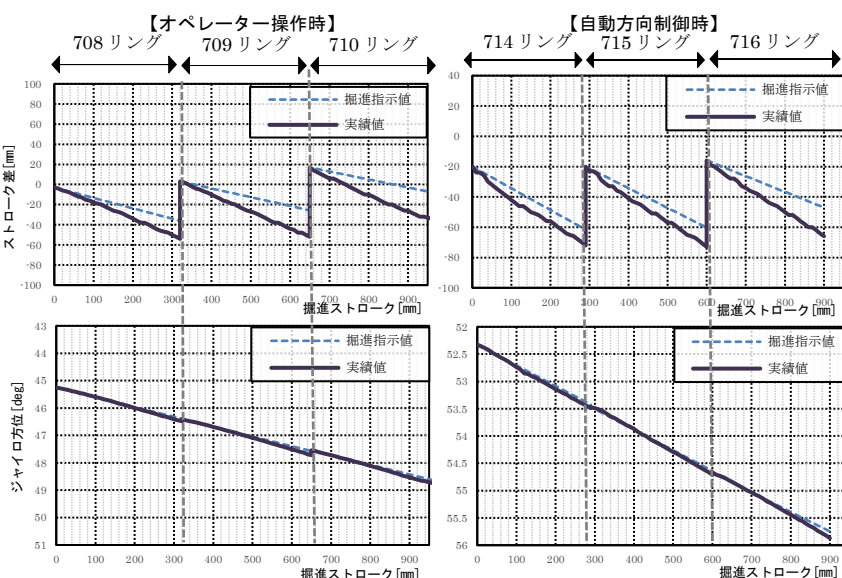


図-5 ストローク差・ジャイロ方位の推移

図-6に掘進開始時に計測したテールクリアランスとA I 予測力点の関係を示す。右側のテールクリアランスが小さくなると、力点を左側にしてシールド機を右向きに方向制御してテールクリアランスを確保しようとする傾向がみられ、テールクリアランスを考慮したA I 予測力点の算出ができていることが分かる。

4. まとめ

シールド機の線形管理に関する一連の自動化システムを実工事に適用し、曲線半径15mの急曲線部の自動運転において、オペレーターに近い操作ができることを確認した。また、テールクリアランスに応じてA I 予測力点を調整する傾向も確認できた。今回のテールクリアランスは手動計測値であったが、テールクリアランスの自動計測技術と連携することで、よりきめ細やかな方向制御ができる可能性がある。今後、自動化技術の連携について、さらなるデータの蓄積と精度の向上を図り、シールド工事全体の自動化を目指していく。

【参考文献】

- 1) 林成卓他：A I 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
- 2) 林成卓他：シールドA I 自動方向制御システムによる掘進実績の報告, 土木学会 年次学術講演会, 2022
- 3) 西森昭博他：シールド坑内自動測量システムの開発と現場実証施工結果, 土木学会 年次学術講演会, 2021

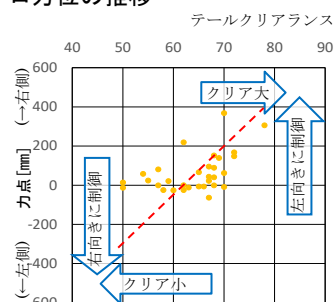


図-6 A I 予測力点と右側テールクリアランス