

シールド機自動運転に向けたジャッキ制御システムの開発

大成建設（株） 正会員 ○福井 学 正会員 志田 智之
 大成建設（株） 正会員 田村 憲 正会員 渡辺 正嘉
 大成建設（株） 正会員 山本 永朗 正会員 宮本 優一

1. はじめに

筆者らは、シールド機自動運転に向けた様々な技術開発を行い、AI によるシールド機蛇行量の推定方法とその精度向上について年次講演会で報告を行った。^{1) 2)}

今年度はシールド機自動運転に向けた要素技術の一つである、全てのジャッキを油圧制御するシステムを開発したのでその報告を行う。なお、開発したシステムの検証は、オペレータの主な操作がジャッキ選択になる直線で縦断勾配が一定である区間で行った。

2. ジャッキ制御方法の課題と解決方法

シールド掘進におけるジャッキ制御方法は大きく分けて二つである。一つは1本ごとにON-OFFを選択する方法と、もう一つはOFF状態のジャッキを追従モードにする方法（全数追従や計測追従など）である。

ON-OFFモードではOFFモードのジャッキストロークは停止してセグメントに接していないため、ONモードのジャッキによってセグメントに偏向荷重や局所荷重を作用させやすい。また、OFFモードからONモードに選択を切替えた場合、選択されたジャッキがセグメントに接するまで掘進が停止しタイムロスが発生する。

総推力が計画総推力より小さく、装備推力に対しての割合に余裕がある状態で掘進している場合は、ONモードジャッキの圧力が低いため、追従モードジャッキとの圧力差が少なく、追従モードのジャッキ圧力がシールド機の蛇行修正のジャッキ選択に支障をきたすこともある。

そこでこれらの課題を解消するために、全てのジャッキを使用して最適な掘進が可能な、圧力伝送器および圧力制御ジャッキ選択弁からなる圧力制御装置を開発しシールド機に搭載させた。（写真-1、写真-2）



写真-1 圧力制御装置

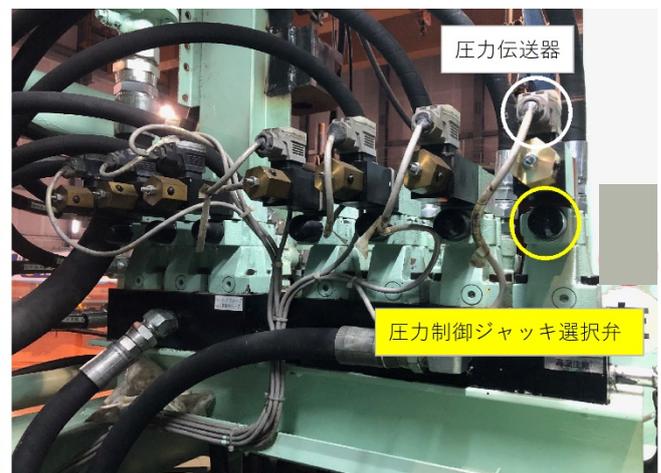


写真-2 圧力伝送器および選択弁

この圧力制御装置の特長は以下のとおりである。

- ・セグメントに作用する掘進時の偏向荷重や局所荷重を低減することができる。
- ・RCセグメントに発生するひび割れや割れ欠けおよび鋼製セグメントの局所変形を防止できる。
- ・常時全てのジャッキがセグメントに接して掘進するため、ジャッキ選択変更による掘進タイムロスやセグメント組立開始タイムロスをなくすることができる。

キーワード シールド機, AI 自動運転, シールドジャッキ, 油圧制御装置

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設（株） TEL03-5381-5284

3. 制御ソフトの開発

圧力制御装置を自動運転に適応するため過去の掘進データを収集し傾向分析を行い、シールド掘進の最適なシールドジャッキ推進力の力点（ジャッキモーメント）を自動的に設定しジャッキ圧力を制御するソフトを開発した。このソフトは、ジャッキ圧力制御機能に加えて、①線形誤差（蛇行量）予測値をグラフで表示し、②テールクリアランス量予測値を数値表示する機能を有する。図-1は開発した自動運転モニターである。

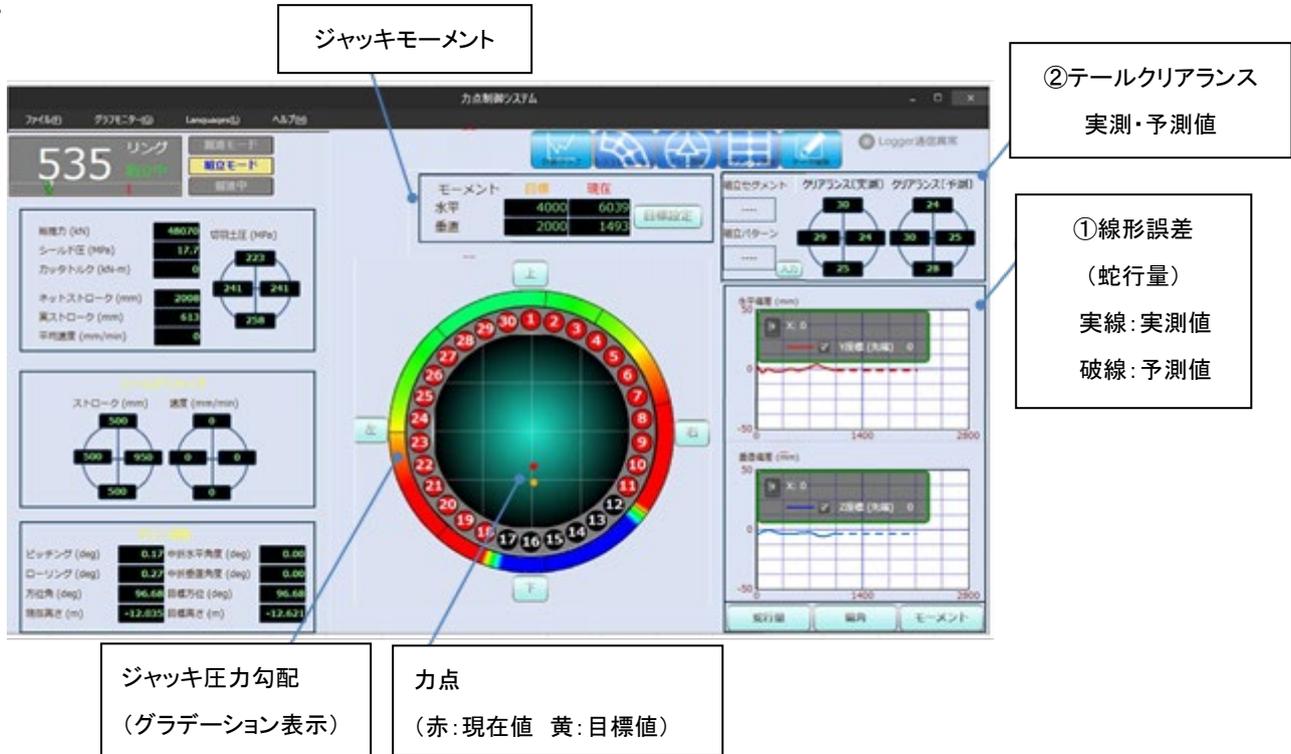


図-1 自動運転モニター

現在値の力点から、掘進完了後の線形誤差（蛇行量）を予測し、この予測値に対して線形誤差を減少させるために目標値を設定し力点の変更を行う。この繰り返しの操作で熟練オペレータの運転に近いシールド機自動運転が可能になる。

4. まとめ

今回開発した圧力制御装置と制御ソフトから形成される「ジャッキ制御システム」を活用してシールド掘進を行うことで、シールド掘進管理精度の向上やセグメントの割れ欠けをなくし品質確保ができる。また、モニター画面表示をグラデーションやグラフを使用し、視覚確認できる表示にしたことで、見落としや思い込み起因するヒューマンエラーによる品質トラブル防止にもつながる。

さらに、システムに汎用性を持たせるために様々な条件の掘進データの学習とフィードバックにより、掘進管理精度を向上させることが重要である。曲線施工の最適化にも対応し、最小限の余掘り量および余掘り範囲、最適中折れ角度、設計通りのストローク差（必要設計振り角）、テールクリアランス確保などを管理し掘進精度を向上させ、シールド工事の円滑な施工につながるシステムに改良することが今後の目標である。

5. おわりに

2021年3月現在、本システムを搭載した泥土圧シールド機が稼働中である。直線区間でのジャッキ制御システムの検証を行うとともに、曲線部の掘進データを収集している。検証結果を9月の年次講演会で報告する予定である。

参考文献

- 1) 福井学他：機械学習を用いたシールド機蛇行量の推定，第74回土木学会年次講演会，VI-812
- 2) 福井学他：AIによるシールド機蛇行予測値の精度向上について，第75回土木学会園児講演会，VI-560