

泥土圧シールドにおける掘進データを用いたチャンバー内閉塞の予兆検知への取り組み

西松建設株式会社 技術研究所 正会員 ○高原 裕介
 西松建設株式会社 技術研究所 正会員 田口 毅
 西松建設株式会社 関東土木支社 齊藤 一男

1. はじめに

シールド工において、チャンバー内に閉塞が生じることで掘削土砂の取り込みが不可能となり、掘進自体が困難となるため添加材等による塑性流動性の確保が不可欠であり、関連する各種計測値を監視し適切に管理することが求められる。今回施工を行った現場ではシールド計画深さにおいて巨礫が確認されており、これを排出する際にスクリュウコンベヤを通過可能な大きさとなるようスリット幅を調整した結果、開口率 34%でシールド機を製作することとなった。このため粘性土層を掘削する場合において、スリットへ固結粘土の付着が生じ、これが進行することでチャンバー内閉塞に至ることが懸念された。

本稿では実際の計測データを基に閉塞の影響が表れる前後のデータを比較し、特徴を得ることで以降のチャンバー内閉塞の予兆を早期に発見することを目的とした取り組みについて述べる。

2. 掘進データの取得

計測データの取得にあたり、現場に導入しているシールド自動解析診断システム（NS-BRAINS）を利用した。NS-BRAINSとは土圧やカッタトルクといった掘進に係わるデータをリアルタイムで蓄積し、予め定められた管理値に応じた警報を発する機能を有している。NS-BRAINSのシステム概要を図1に示す。

システム内に取込んでいるデータは多種多様であるが、これらの中から閉塞が生じた際に変化が現れると想定される項目を選定し、閉塞の影響で掘進速度の低下が確認された区間とチャンバー内の洗浄により掘進速度が回復した区間におけるデータを抽出し比較を行った。

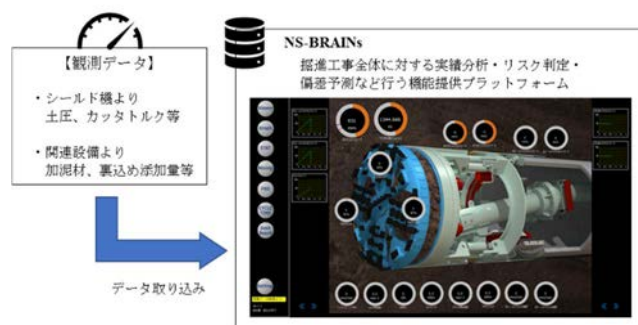


図1 NS-BRAINS システム概要図

3. 計測データの比較

選定したデータの中でシールド左右に装備されたストローク計より算出されるジャッキ速度についてある特徴が確認された。チャンバー内洗浄前後における代表1R分の計測データを図2に示す。図2において洗浄前後のデータを比較すると洗浄前のデータは変動幅が10~15mm/minであるのに対し、洗浄後は5mm/min程であった。また、左右で比較した場合では洗浄後のデータを見ると多少ずれはあるが互いに近い値を示したのに対し、洗浄前では値の増減が反転したような関係となった。このような結果が得られた原因として、仮にスリットの一部が閉塞した場合、掘削土砂を適切に取り込むことができないため近傍のジャッキ延伸が阻害されることが考えられる。また、閉塞位置はカッターの回転と共に移動するため、影響の強弱もこれと連動して周期的に表れたものであり、左右で計測値が上下反転した関係となったのも左右のストローク計設置位置が図3に示すように回転方向に150度離れていたため影響が表れるまでに時間差が生じたのもであると推測する。

その他カッタトルクなど複数のデータにおいて閉塞の影響が確認された。しかし閉塞有無の判断のために全ての項目に目を配らせることは評価者への負担が大きい。そこで、閉塞の影響が確認される場合を難掘削な状態だと仮定し、掘削効率を包括的に考察可能な掘削体積比エネルギー¹⁾の概念が適用できないか試みた。

キーワード 泥土圧シールド, 閉塞検知, 掘削体積比エネルギー, 掘進管理

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門1-17-1 西松建設株式会社 技術研究所 TEL03-3502-0247

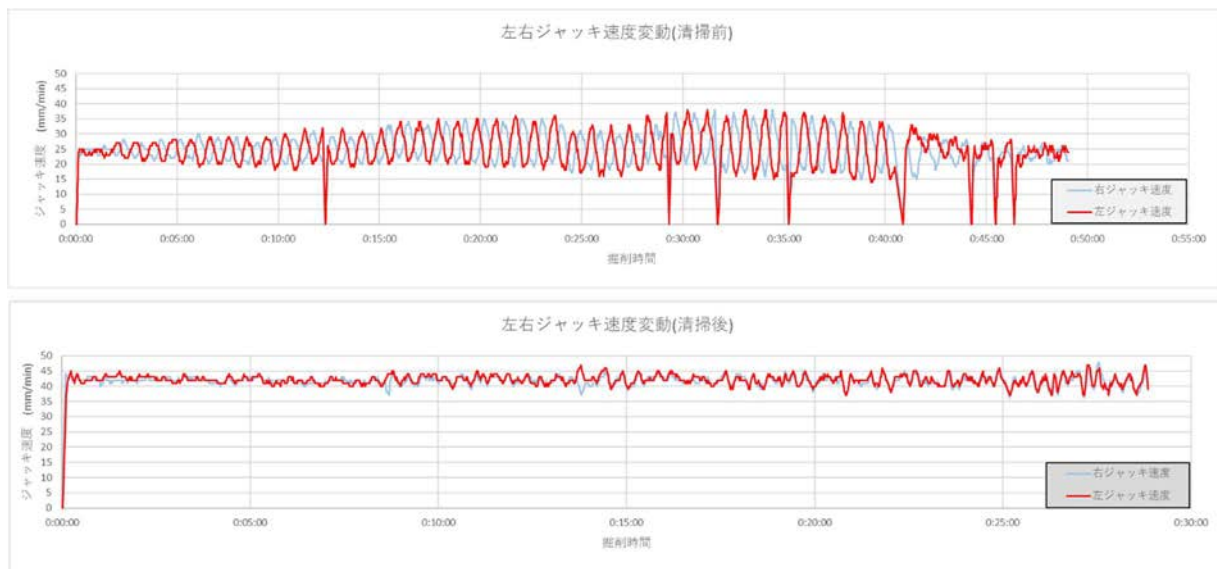


図2 左右ジャッキ速度差の比較

掘削体積比エネルギーとは単位体積あたりの地山を掘削するのに掘削機械が要した仕事量を示すもので、地盤の強度特性と相関が強く、回転トルクを用いた計算では式(1)のように表される。

$$SE = \{8 \times (Tr - Tr_{initial}) / (p \times D^2)\} \times 10^3 \quad (1)$$

ここで、各項目は

SE：掘削体積比エネルギー(MJ/m³)

Tr：カッタトルク計測値(kN-m)

Tr initial：無負荷トルク(kN-m)

P：一回転あたりのカッター貫入長(m)

D：シールド直径(m)

を示しており、無負荷トルクには掘進停止時にカッターヘッドのみを回転させた際の計測値を用いた。また、貫入長の算出においてはカッターヘッドの回転速度とジャッキ速度を用いている。図4にチャンバー内清掃前後における100R分についてSEの変化をグラフ化したものを示す。図4において当初SEは10(MJ/m³)ほどで推移していたが、430R辺りから増加が見られ、25(MJ/m³)辺りでの推移となった。その後、チャンバー内洗浄を実施し5(MJ/m³)前後に低下した。この間、排土性状に大きな変化は見られていないため、SEの上昇はチャンバー内閉塞の影響によるものと推測される。

4. まとめ

今回チャンバー内閉塞が疑われた区間において計測データを比較したところ、ジャッキスピードの周期的な変動や左右で速度差が増加することや掘削体積比エネルギーの増加といった特徴が得られた。これらを元に新たに管理項目を設け、掘削土砂の性状と合わせて監視することでシールド閉塞予兆の早期発見につながると考えられる。

参考文献

- 1) 山下雅之：油圧さく岩機の掘削体積比エネルギーを用いた坑道周辺岩盤の特性評価に関する研究，第66回土木学会年次講演会，III-109，2011. 9

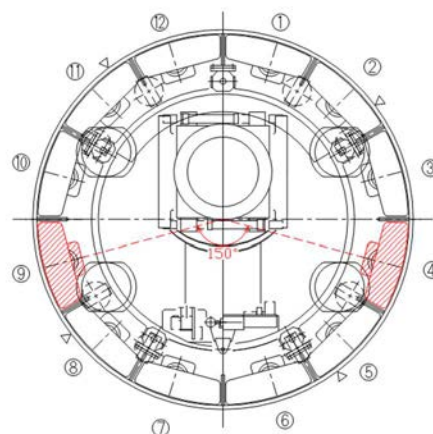


図3 ジャッキストローク計位置

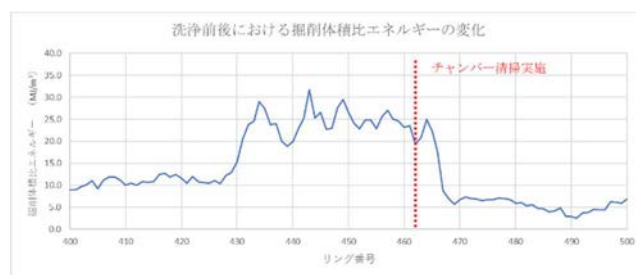


図4 洗浄前後におけるSEの変化