

攪拌翼センサによるシールドチャンバー内掘削土砂の塑性流動性モニタリング

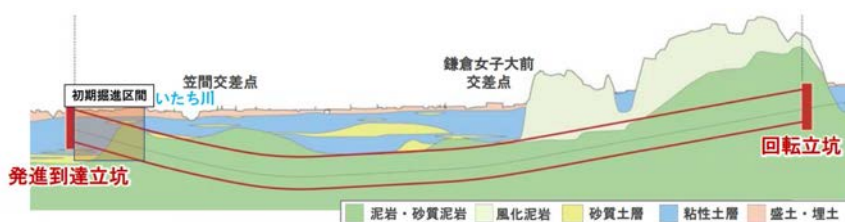
鹿島建設(株) 正会員 劉 偉晨 川野健一 永谷英基

○新川健二 高柳 哲 博田庸介

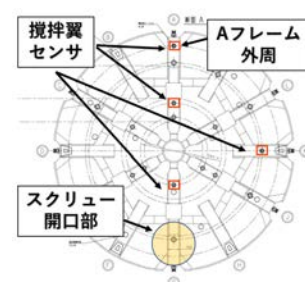
東日本高速道路(株) 村田賢士 尾関 淳

1. はじめに

近年、シールドトンネルの施工条件は複雑化しており、施工中の切羽の安定性確保に向けた取組みとして、チャンバー内土砂性状の可視化技術を開発してきた。シールド掘進時におけるチャンバー内土砂の挙動を模擬できる実験装置を用いて、気泡混合によるチャンバー内土砂の塑性流動性の変化をモニタリングできる可視化技術を開発した¹⁾。本報では、この技術を横浜環状南線公田笠間トンネル工事で適用したので、その実績について報告する。



図一 公田笠間トンネル工事地質縦断図



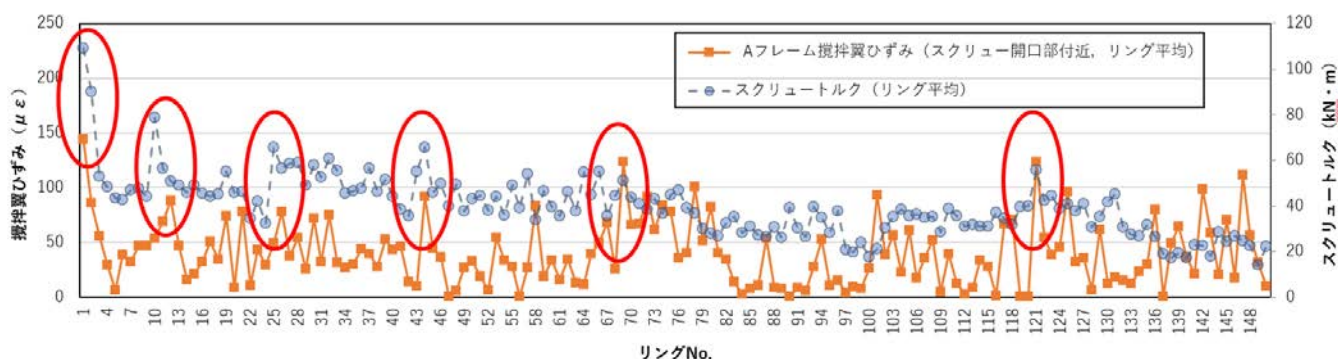
図二 攪拌翼センサ配置図

2. 工事概要およびセンサ配置

本工事は、直径 15.28 m の大断面泥土圧シールド工事であり、工事対象区間の地盤条件は主に泥岩層である(図一)。本工事では、気泡シールド工法²⁾が採用されており、高性能気泡材を使用することで掘進中のチャンバー内掘削土砂の塑性流動性を確保している。直径 15 m 級の巨大なカッターチャンバーの中で掘削土砂の塑性流動性をモニタリングできる攪拌翼センサをカッタスポークに 4 か所設置した(図二)。

3. 初期掘進における攪拌翼センサでの計測結果

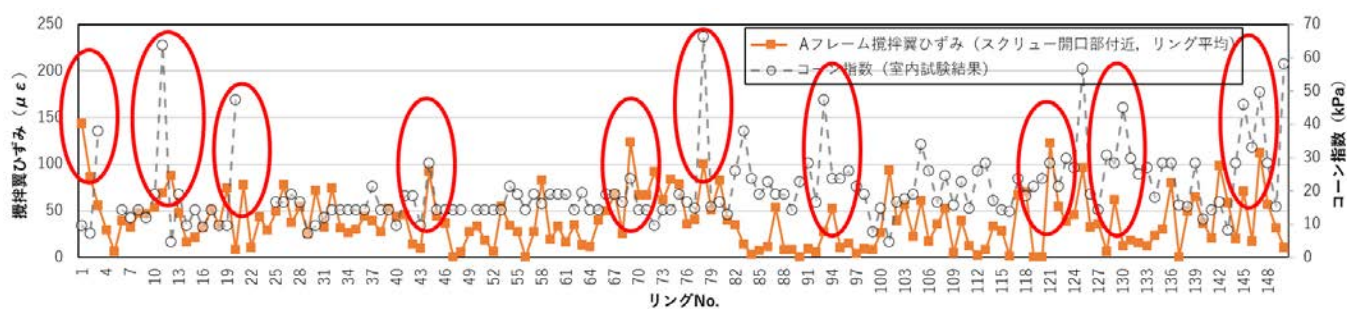
本工事は小土被り(地上)発進のため、図一に示した初期掘進(150 リングまで)における地表面変状の監視と制御が重要であり、カッターチャンバー内掘削土砂の塑性流動性を監視しながら掘進した。図三に、掘削土砂の塑性流動性と高い相関を持つと考えられるスクリートルクとスクリー開口部近傍で計測した攪拌翼センサのひずみ値の比較結果を示す。図中の赤枠に示したとおり、攪拌翼センサで計測されたひずみ値はスクリートルクの上昇傾向と一致し、攪拌翼センサで掘削土砂の塑性流動性の変動傾向を感度良く捉えていると考えられる。



図三 攪拌翼センサとスクリートルクによる計測結果の比較

キーワード 攪拌翼センサ, 塑性流動性, センシング, チャンバー, 可視化, 気泡シールド工法

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111



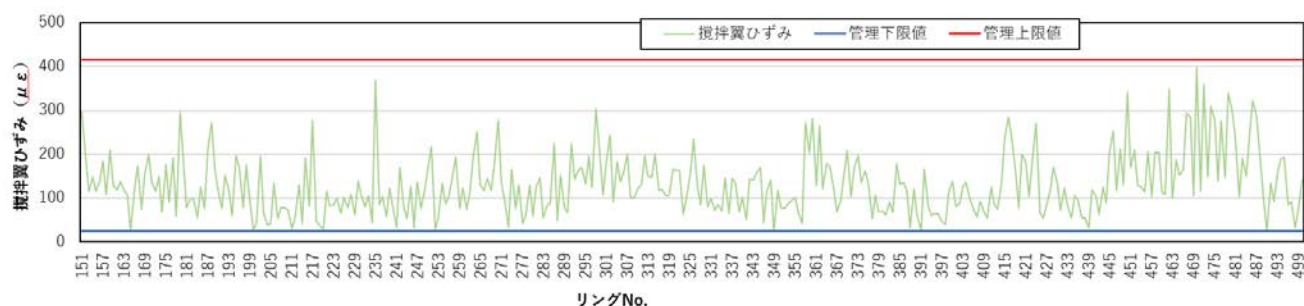
図ー4 攪拌翼センサとコーン貫入試験の結果比較

さらに、スクリーコンベアからの排土で実施したコーン貫入試験の試験結果と攪拌翼センサで計測したひずみ値の比較結果を図ー4に示す。攪拌翼のひずみ値が急激に大きくなるリングにおいては排土のコーン指数も高まる傾向にあり、土砂の塑性流動性が低下することをひずみ値によって判断できると考えられる。

4. 本掘進におけるモニタリング

室内実験⁹⁾および初期掘進時の施工管理データから、初期掘進後の本掘進（151リング以降）における掘進管理のための攪拌翼センサの閾値（ひずみ値）を定めた。その際、他工事での適用実績を参考にし、初期掘進で問題なく掘進できた際のひずみ値の最大値（415 $\mu\epsilon$ ）および最小値（25 $\mu\epsilon$ ）を施工管理における上限値および下限値とした。4本の攪拌翼センサで計測したひずみ値をリング別に平均した結果を図ー5に示す。図ー5によると、全リングに亘って当初設定した閾値内にひずみ値が収まっており、掘進中は塑性流動性に問題がなかったことが分かる。ひずみ値は、土圧勾配などの他の掘進管理項目と合わせて総合的な判断材料の一つとして取り扱い、掘進状況に応じて柔軟に気泡材の注入量を変更するなど、施工管理に有効活用できた。

また、カッターチャンバー内掘削土砂の塑性流動性をリアルタイムに可視化するために、4本の攪拌翼センサの計測結果を線形補間してコンター図に表示した（図ー6）。コンター図はカッターが1回転するごとに更新される仕様としたことで、塑性流動性のリアルタイム可視化が実現でき、カッターチャンバー内のどの位置で塑性流動性が低下しているかを直観的に把握できるようになった。



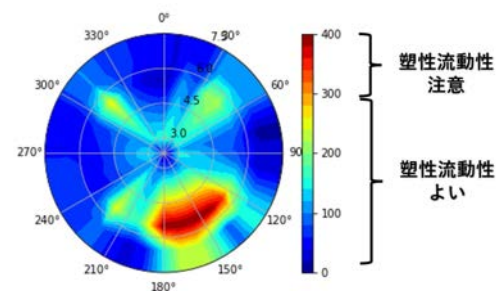
図ー5 攪拌翼センサによるカッターチャンバー内掘削土砂の塑性流動性監視結果（リング平均）

5. おわりに

カッタスポークに取り付けた攪拌翼センサで、カッターチャンバー内の掘削土砂の塑性流動性をリアルタイムに把握できた。とくに大断面シールドの場合、カッターチャンバー内の土砂性状にバラツキが生じる可能性があるが、本技術によって塑性流動性をより高度に監視し、これに応じて切羽の安定性を確保していくことができる。

参考文献

- 1) 新川ら：攪拌翼センサによるシールドチャンバー内の可視化技術の開発，土木学会第77回年次学術講演会概要集，VI-115，2022.
- 2) 気泡シールド工法技術協会：気泡シールド工法，2020.



図ー6 カッターチャンバー内塑性流動性の分布コンター図