

大断面シールドにおける地盤変状防止モニタリング技術 (攪拌翼・固定翼抗力計を用いた塑性流動性の可視化)

中日本高速道路㈱東京支社

長濱 清孝

大成建設㈱東京支店

正会員 安藤 哲人

中日本高速道路㈱東京支社 正会員

呉 菲

大成建設㈱東京支店

正会員 秦野 淳

中日本高速道路㈱東京支社

牟田 亨

大成建設㈱東京支店

正会員 ○笠井 和俊

1. はじめに

泥土圧シールドにおいては、切羽の安定を確保するために「切羽土圧」「掘削土量」および「掘削土の塑性流動性」の管理が重要である。近年では、大断面トンネルでも泥土圧シールドが採用されており、チャンバー内の掘削土砂性状を的確に把握する必要性が高まっている。従来は切羽土圧の変動から間接的に塑性流動性の良否を評価していたが、今回、攪拌翼・固定翼に抗力計(土圧計)を取り付けて塑性流動性をより直接的に把握するシステムを開発し、その効果を確認したので報告する。

2. 塑性流動性の把握方法

図-1に攪拌翼・固定翼抗力計の概要図を示す。カッター回転が正逆で変化するため、攪拌翼、固定翼ともに1箇所につき2個の抗力計を設置している。カッター回転に伴い攪拌翼および固定翼に生じる抗力を測定し、掘削土砂の塑性流動性をより直接的に把握するシステムとなっている。抗力はカッター回転速度と掘削土砂密度との間に相関があると考え、その関係を確認するために縮小モデル実験を行った。カッター回転速度は既知であることから、抗力を測定することで掘削土砂密度を推定することが可能であると考えられる。これよりチャンバー内の密度分布を可視化することで、塑性流動性の良否を直接的に把握し、流動性が低い箇所に限定して添加材を注入することで、適切な切羽管理が実現できる。

3. 縮小モデル実験

塑性流動性の良否判断基準を定量化するために、模擬土を用いた縮小モデルにより抗力と塑性流動性の関係を確認する実験を行った(写真-1)。粘性土、砂質土、砂礫土の3種類の土質に対し、添加材の添加量を変化させて土砂性状を流動、塑性流動、塑性の3つの性状を再現した。土砂性状はスランプ値(SL: cm)による判定とし、流動: 15 cm以上、塑性流動: 1~15 cm、塑性: 0~1 cmとした。

シールド機はカッター回転速度を可変設定できることから、抗力計を配置した攪拌翼の撓動速度(m/分)を2.5, 5.0, 10, 20, 30, 40の6ケースとした。本実験では添加材を添加した模擬土に

キーワード 切羽安定, 塑性流動性, 可視化, 抗力計

連絡先 〒177-0041 東京都練馬区石神井町 2-14-13 大成建設東京支店外環大泉トンネル作業所 TEL 03-6913-3602

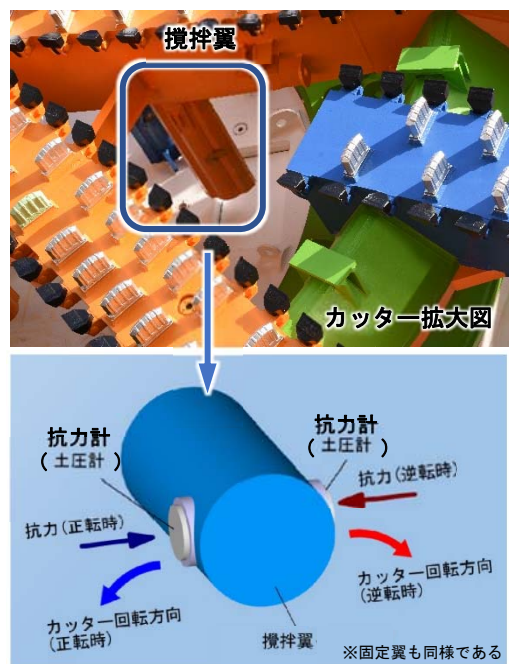


図-1 攪拌翼・固定翼抗力計概要



写真-1 縮小モデル実験状況

対し、攪拌翼を水平往復移動させ、抗力計に生じる圧力（土圧）を計測した。添加材は全地盤対応型起泡剤「TAS-foam®」を使用した。

図-2に砂質土の実験結果を示す。図より土砂性状と抗力測定値の直接的な相関がみられることがわかる。抗力計の摺動速度と抗力の間に相関性はなかった。これにより、抗力についてしきい値を設け、チャンバー内の抗力分布を区分毎に着色表示することで、塑性流動性の良否を判断できることがわかった。

4. 塑性流動性の可視化システム運用

本システムを、「東京外かく環状道路 本線トンネル（北行）大泉南工事」に適用した。

本工事は、シールド機外径 16.1mの国内最大の泥土圧シールド工事である。土被りは最小7m～最大57mで、掘削土層はN値30～50以上の上総層群、江戸川層および舎人層（粘性土、砂質土、砂礫の互層）である。シールド機の Cutter 回転速度は0.10rpm～0.86rpmまで可変設定可能であり、最外周の摺動速度は最大43.5m/分である。抗力計は、攪拌翼に10箇所、固定翼に12箇所の計22箇所に装備した。図-3にチャンバー内土砂性状の可視化状況を示す。抗力データは縮小モデル実験で得られた土質毎のしきい値をもとに、塑性域から流動域までの範囲を13段階に色分け、表示している。

図-3はチャンバー内土砂性状の改善のため、掘進中に添加材注入管理に適用した一例であり、改善前は左中央から左斜め下にかけて赤系色の流動性の低い部分が発生している。予めシールド機のバルクヘッドに設置した注入孔より、該当箇所限定して添加材を注入することでチャンバー内土砂性状の改善を図った。その結果、改善後は流動性の低い部分（赤系色）が減少し塑性流動域（緑系色）となり、チャンバー内土砂性状が改善したことが分かる。

5. まとめ

攪拌翼、固定翼に設置した抗力計の値からチャンバー内掘削土砂の塑性流動性を可視化するシステムを構築し、本システムを大断面泥土圧シールド工事に適用した。チャンバー内土砂性状を可視化することで適切な切羽管理が出来ており、トラブルなく掘進を進めることが出来ている。

これまで泥土圧シールドで塑性流動化の状態を直接的かつ全体的に把握することは困難であったが、今回のシステムの開発、適用で攪拌翼・固定翼抗力計による塑性流動化の判定方法は、直接的なモニタリング技術として有効であることが確認できた。今後、さらに解析方法、判定方法の改良を加えていきたい。

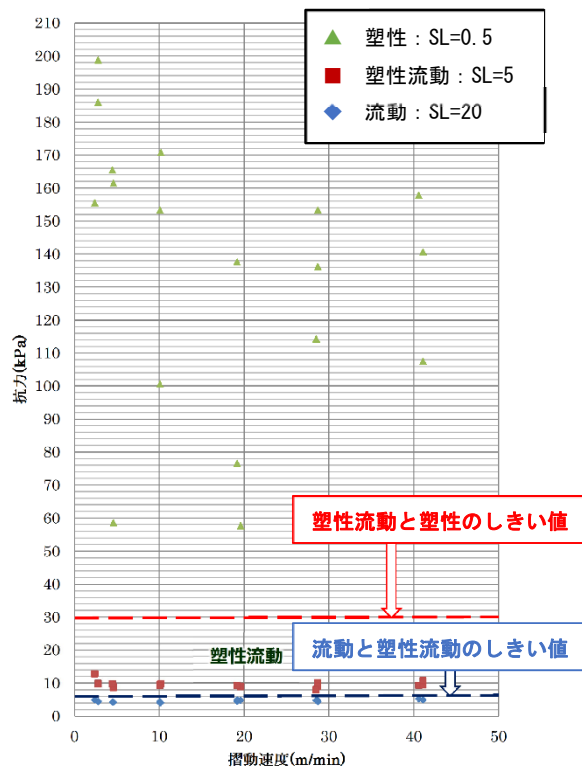
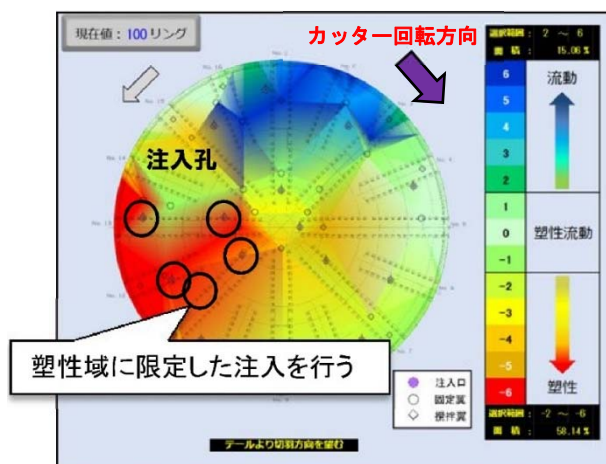
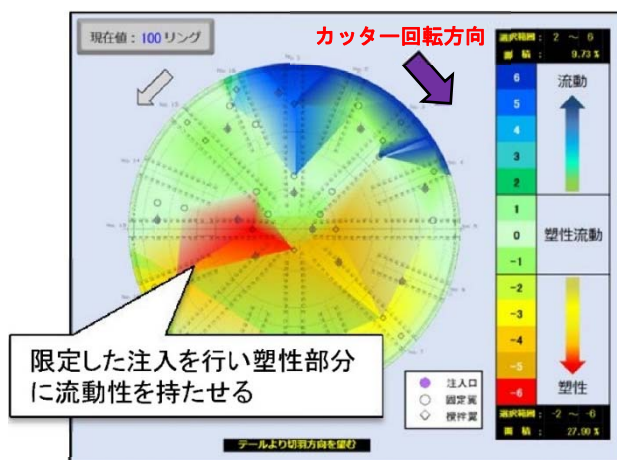


図-2 砂質土実証実験結果



塑性流動性改善前（添加材注入前）



塑性流動性改善後（添加材注入後）

図-3 添加材追加による塑性流動性の改善状況