

泥土圧シールドにおけるチャンバー土圧の多点モニタリングの活用事例

西松建設株式会社 正会員 ○平野 享
西松建設株式会社 正会員 高村 浩彰
西松建設株式会社 正会員 高原 裕介

泥土圧シールドにおけるチャンバー土圧を多点モニタリングすると、チャンバーに抱えた攪拌土の性状を様々にうかがえるようになる。例えば高さ位置の相違で生じる土圧勾配、攪拌土の土圧変動の周期性などを分析すれば、攪拌土の相対的な均質性と硬軟変化を推定できると考えられる。この原理を活用し、攪拌土が理想的に塑性流動化できていないことで起こるチャンバー閉塞や排土口における掘削土噴出など、トラブルリスクの予見手法の提供があり得る。そこで、本報告ではチャンバー攪拌土の相対的な均質性と硬軟変化のモニタリングを活用した管理システムを開発したので紹介する。

1. 目的

泥土圧シールドにおける掘進管理では、切羽切削を経てチャンバーに取込んだ掘削土に添加材を混合攪拌し、適切な塑性流動性を担保して閉塞や噴発させることなく連続的に排土することの維持が求められる。掘進中のチャンバーには立入りできず、観察が難しい空間であるため、掘進中のチャンバー管理はもっぱら計測に頼ることが必然である。計測の具体としてはシールド総推力・摩擦力であるはずの切羽圧との関係や排土圧の把握等のため、チャンバー内に土圧計を設置することが多い。ここで土圧計を少数とせずチャンバーの多数

点に展開すれば、位置の相違を新たなパラメータとして付加でき、分析のバリエーションが拡大する（図1）。このうち土圧勾配と土圧変動の周期性に着目したところ、実工事で取得したデータを見る限り、チャン

バー攪拌土の相対的な均質性や硬軟変化が推定可能のように見えた。そこでこの知見を活用したチャンバー閉塞や排土噴発などのリスク予見システムを開発することにした（図2）。

2. 土圧変動の周期性と土圧勾配

チャンバーで測った土圧を、土圧計の高さ位置に整理すると線形近似できそうな形に並ぶ（図3）。

カッターヘッドが定速回転していても土圧計の円周方向位置の差で攪拌速度が異なり（外周ほど攪拌速度は速い）、厳密にはその影響も受けるが、近似として攪拌土が均質なら静水圧状態になると考える。そして

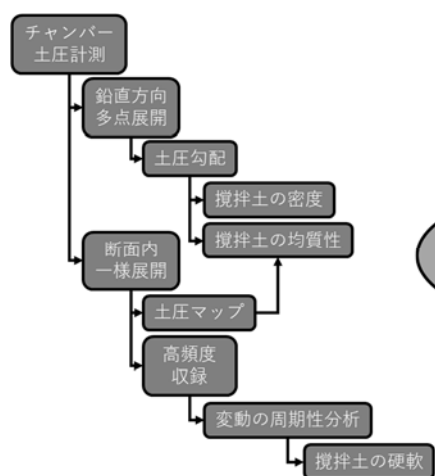


図1 計測活用のひろがり

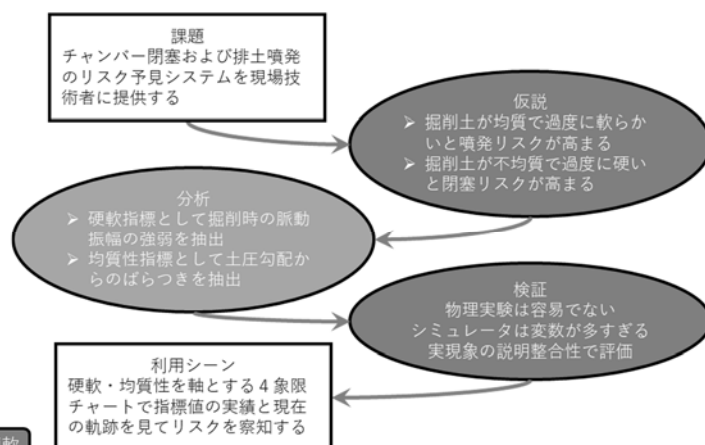


図2 リスク予見システムの開発

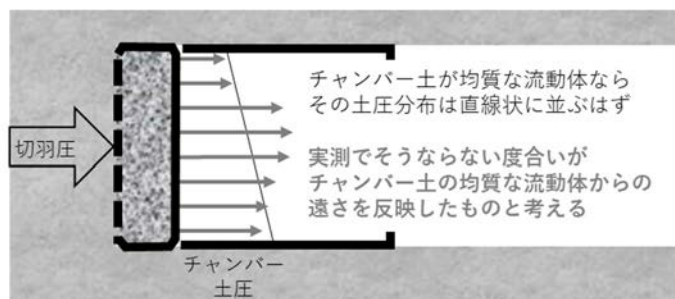


図3 チャンバーで計測した土圧

キーワード シールド, 掘進管理, 現場計測, チャンバー, 攪拌土

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-2-1 西松建設（株）技術研究所 TEL 080-9206-9232

測った土圧の並びを線形近似したときの残差二乗和を得て、これがチャンバー攪拌土の均質性の指標であるとした（仮定①）。この指標は攪拌土が均質なほど小さくなる。

つぎに土圧変動の周期性を利用する。先の土圧計は隔壁に固定されており、攪拌土を挟んで掘削回転しているカッターヘッドと対向している。泥土圧シールドのカッターヘッドには掘削土の取込口とカッタースポークが円周方向でみて周期的に配置されており、チャンバー土圧を秒単位の細かさでとらえると、ヘッドの回転速度に対応した周期的な脈動が観察できることが知られている¹⁾。そこで土圧を秒単位で計測して一定時間毎（512 秒毎）に高速フーリエ変換処理にかけ、カッタースポークの通過周期に相当するパワースペクトルの振幅を得て、

これがチャンバー攪拌土の硬軟の指標であるとした（仮定②）。この指標は攪拌土が硬いほど大きくなる（スポーク通過時の動圧の伝達性が良いため）。

仮定①と②は検証が必要であるが実験による検証は困難なので未実施である。しかし仮定②は仮想モデルでのシミュレーションで定性的に確認されたものである。残る仮定①は物理現象の考察に照らして違和感が少ない程度の根拠しかないが、工事のイベントと対比すると尤もらしい説明が可能となっている（図4）。

3. 知見のリスク予見システム化

前記のとおり原理検証に不十分な点が残るが、利用実績から手法を評価したいことで実装に進めることにした。リスク予見という定性的なアウトプットを踏まえると、管理指標の数値自体で管理することに意味は少なく、むしろ相対的なトレンドに意味が大きいと考える。そこで図5のような硬⇔軟、均質⇔不均質という二軸ダイアグラムを作り、掘進中はここに累積プロットしていく。それで二軸ダイアグラムの四象限にて直近のトレンドが示される。まだ、図5は概念的な設計だけである。実装には、さらに原点や軸のスケージングの決め方を考えなければならない。噴発やチャンバー閉塞といったイベントの記録を日報に頼らず別の掘進データ要素、例えばトルクやスクリーコンベアの状態などを用いて自動判別できると生産性も向上するなどの課題が残っている。現在はこれら課題に取り組んでいる進捗である。

参考文献

- 1) 西田義則, 和田孝治, 新井昌一: 泥土圧シールド機のチャンバー内塑性流動化の評価方法への試み, 土木学会第59回年次学術講演会, 6-211, 2004.

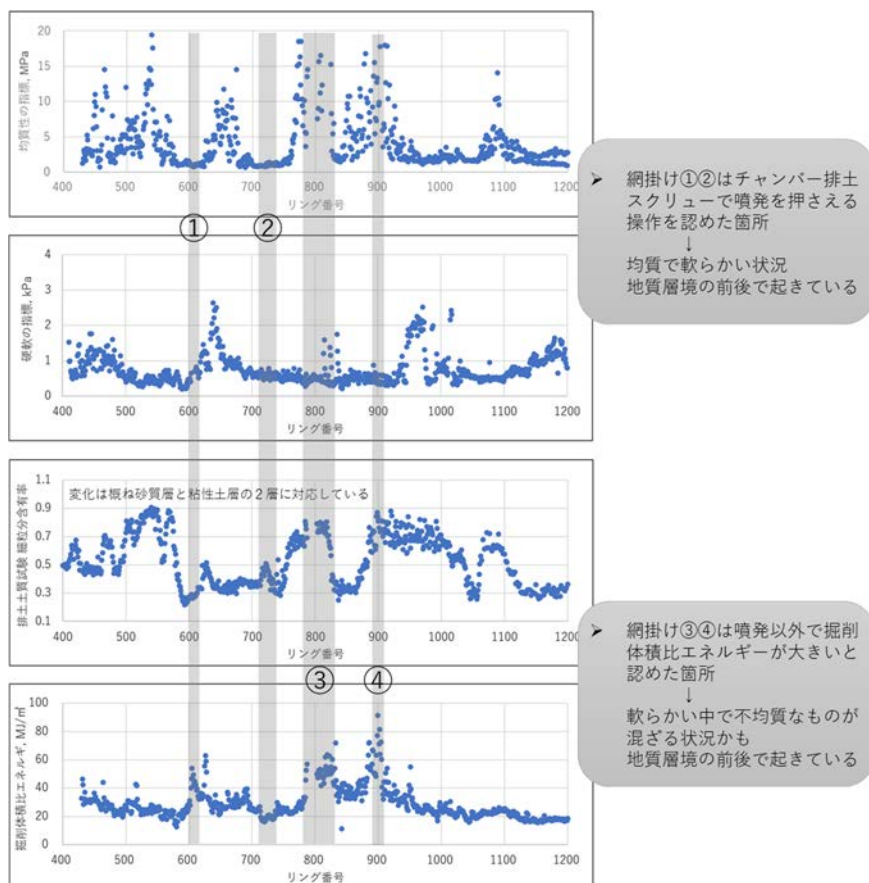


図4 仮定した指標と工事イベントとの比較

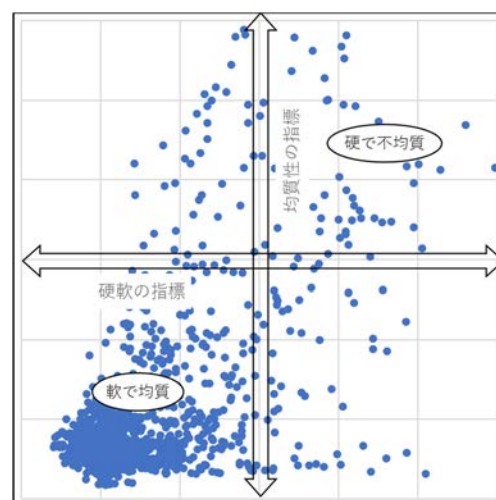


図5 リスク予見チャート（概念）