

泥土圧シールドにおけるチャンバー内の土砂流動管理技術の実施工への適用

首都高速道路(株)	正会員	○小西 由人
大林・大豊・東急 JV	正会員	松原 健太
大林・大豊・東急 JV	正会員	高橋 寛
(株)大林組	正会員	守屋 洋一
(株)大林組	正会員	北山 篤

1. はじめに

泥土圧シールドは、大断面になると切羽の安定に必要な不可欠なチャンバー内の掘削土砂の塑性流動化が図れるかが不明確であったことが、大断面シールドへの採用の妨げになっていた。そこで、上記の課題を克服すべく、チャンバー内の塑性流動状態を定量的に把握・管理する技術を開発し、首都高速中央環状新宿線の SJ51 工区～SJ53 工区(外回り)トンネル工事(図-1 参照)において、掘削外径 $\phi 12.02\text{m}$ の泥土圧シールド機に本技術を導入した。本稿では、本技術の概要と実施工への適用結果について報告する。



図-1 首都高速中央環状新宿線事業概要図

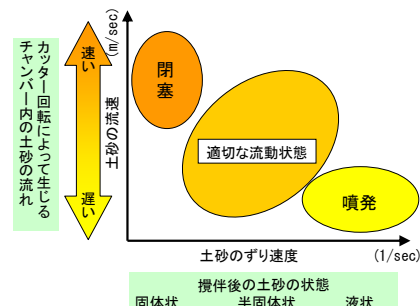


図-2 流速とずり速度の関係

2. 本技術の概要

チャンバー内が適切な塑性流動状態であるときは、図-2に示すとおり、カッター回転によって土砂に「流速」が生じ、攪拌翼や固定翼等によって土砂に「ずり速度」が発生している状態である¹⁾。本技術は、チャンバー内を3次元にモデル化して土砂流動解析を行い、チャンバー内の任意の位置で流速やずり速度を算出し、図-3に示すようにチャンバー内全体の塑性流動状態を把握することができる技術である²⁾。本解析においては、チャンバー内の実際の塑性流動状態を把握するために、チャンバー内の土砂の流動状態を計測し、その計測結果を解析に反映させた。土

砂の流動状態を写真-1に示すフラッパーによって計測する。フラッパーは、旗の部分電動モーターで回転させ、土砂の流動状態によって生じるトルク変動を計測する装置で、解析においてもフラッパーのトルクを算出し、計測値と解析値のフラッパーのトルクが一致していれば、解析で算出された塑性流動状態が実際のチャンバー内においても生じていると評価した。

図-3は本工事におけるチャンバー内の状態の一例を示したも

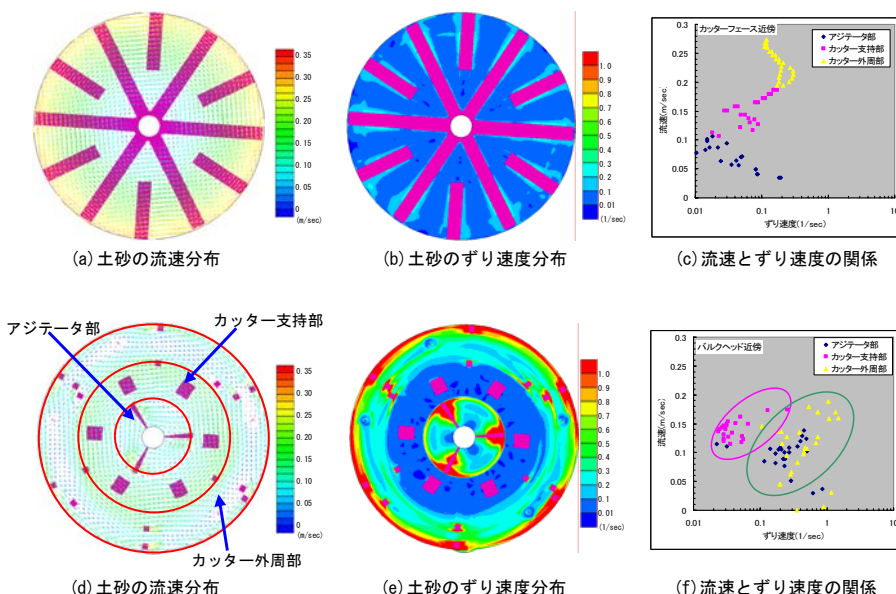


図-3 カッターフェース近傍（上段）とバルクヘッド近傍（下段）での流速とずり速度

キーワード 大断面、泥土圧シールド、フラッパー、ずり速度、流速

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 土木技術本部技術第五部 TEL03-5769-1318

のであるが、流速とずり速度は、カッターフェースからバルクヘッドに近づくにつれ、各々(a)から(d)、(b)から(e)のように変化している。また、(c)と(f)を比較すると、緑で囲むアジータ部やカッター外周部の土砂は、流速とずり速度がグラフの中央付近に移行しており、適切に塑性流動化していると評価できる。一方、(d)、(e)に示すように、カッター支持部については、バルクヘッド近傍において、流速はあるもののずり速度が小さく、(c)と(f)を比較すると、赤で囲む流速とずり速度がグラフの中央付近に移行する傾向が小さいなど、塑性流動化しにくい箇所と判断でき、今後のシールド設計においては、当該箇所に固定翼や攪拌翼を設置するなどの対策が必要と考えられる。



写真-1 フラッパー

3. 本技術を用いた掘進管理方法

泥土圧シールドにおいては、切羽の安定を図り安全な掘進を行うためには、切羽圧管理と排土量管理が重要であり、これらの管理を行うためには、チャンバー内の土砂が塑性流動化していることが必要不可欠である。しかしながら、従来の塑性流動状態の管理方法は、カッタートルクやスクリーコンベヤトルクの数値による推測や、スクリーコンベヤから排出される土砂の性状を目視やスランプ試験などで定性的に評価することで、掘削添加材の注入位置や注入量の調節を行っていた。

本工事においては、「泥土圧シールドにおけるチャンバー内の土砂流動管理技術」を用いて塑性流動状態を定量的に確認し、掘削添加材（気泡）の注入位置や注入量の調節を行った。掘削添加材の注入位置については、図-4に示すとおり、当初はカッター前面から掘削添加材を注入していたが、解析によりカッター支持部が塑性流動状態になりにくいことを確認したため、対策としてカッター支持部にもバルクヘッド側から注入することとした。

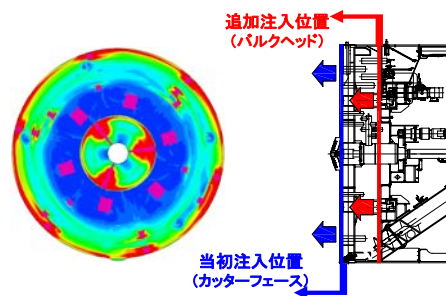


図-4 掘削添加材注入位置の管理

また、掘削添加材の注入量については、チャンバー内の土砂の状態をフラッパーによりリアルタイムに計測し、フラッパーのトルクが解析で塑性流動状態と評価した値と概ね一致するように、掘削添加材の注入量を調節した。本工事では、図-5に示すとおり、掘進中にフラッパートルクが急激に上昇した際、掘削添加材の注入量を増加させ、適切なトルクに安定したところで、掘削添加材の注入量を減少させるといった管理を行った。

これらの結果、本工事は掘進延長が 2,020m で掘進土層が粘性土層から礫層まで多岐にわたっていたが、地表面や鉄道、陸橋基礎などの近接構造物への影響も無く掘進を完了できた。

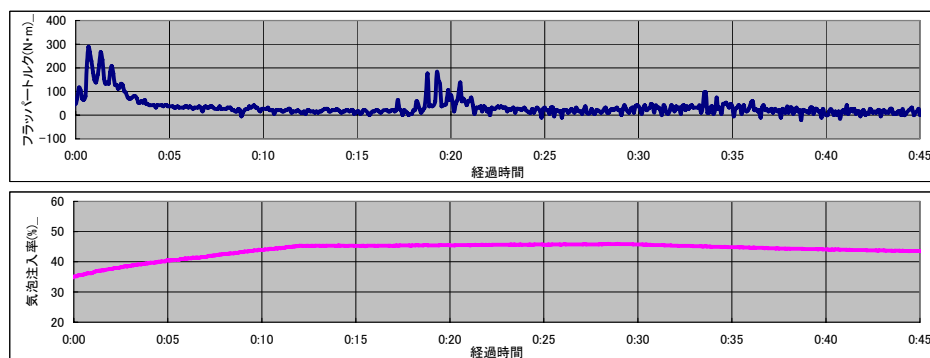


図-5 フラッパーによる掘削添加材注入量の管理

4. おわりに

本技術は、これまで困難であったチャンバー内の土砂の塑性流動状態を定量的に把握して、安全かつ安定した掘進を可能とし、泥土圧シールドの更なる大断面化に寄与すると考えられる。

参考文献

- 1) 松原ほか：大断面泥土圧シールドにおけるチャンバー内可視化技術、第 60 回年次学術講演会 6-101 2005.9
- 2) 井澤ほか：大断面泥土圧シールドにおけるチャンバー内可視化技術、第 59 回年次学術講演会 6-023 2004.9