

高強度地盤改良内における土圧シールド長距離掘進

ー その2 高強度地盤改良帯におけるシールド機の掘削特性 ー

西松建設(株)国際事業本部 正会員 ○亀山 克裕
 西松建設(株)国際事業本部 正会員 村川 徳尚
 西松建設(株)国際事業本部 正会員 草野 孝三

1. はじめに

トンネル掘削に用いられるシールド機は、一般に掘削対象地山性状が軟弱地盤であるため、掘削に必要な推力・トルクは、岩盤掘削用のトンネルボーリングマシンと比較し非常に小さい。ただし、掘削対象が事前に地上部から機械攪拌式深層混合処理などでセメント改良された地質の場合、シールド機の掘削特性は異なる挙動を示すと考えられる。本文は、シンガポール地下鉄トムソンイーストコーストライン T228 工区を対象とし、高強度地盤改良区間¹⁾(圧縮強度約 1MPa)とマリクレイ層(海成粘土層, N 値 0~4)を土圧シールド機により掘削を行った際の、掘削抵抗(推力・トルク)および機体のローリング特性について報告するものである。

2. トンネルおよび高強度地盤改良帯地質概要²⁾

本トンネルの掘削対象層は、河川横断部はマリクレイ層(海成粘土), 河川部以外は機械攪拌式深層混合処理による地盤改良層であった。当該地は埋立地でマリクレイ層の圧密が進行中であり、トンネルの長期沈下を抑制する目的で、トンネル掘進に先駆けてトンネル掘進断面以深までの地盤改良が実施された。図-1にその概略を示す。機械攪拌式深層混合処理工法は、区間別でセメント 200, 240, 260kg/m³の添加量で改良を行った。なお高炉セメントの使用による材令に依存する強度発現と、本文で述べる掘削抵抗については別報で述べる。

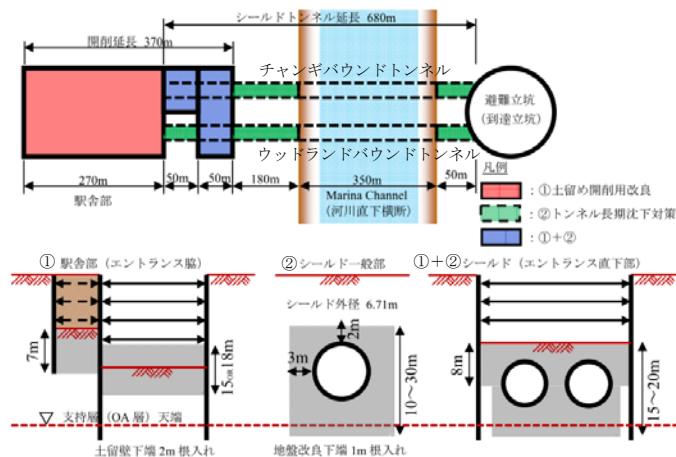


図-1 地盤改良概略図

3. 掘削データの挙動

掘進時に機械データとして得られる総推力には、シールド機本体と地山との摩擦抵抗, 切羽の土圧, テールブラシがセグメントを通過する際の抵抗や後続台車の牽引抵抗など、純粋に地山を掘削するために必要とされる推力に計上されている³⁾。よって、地盤改良帯で 800kN, マリクレイ層 1,400kN が掘削以外に費やされる抵抗とし、

計測された総推力より除去した。また、トルクについては 220kN・m を空転トルクとし計測値から差し引いた。図-2に、掘削以外に費やした抵抗を除外したウッドランドバウンドトンネル全線の掘削データを示す。その結果、改良帯においてセメント添

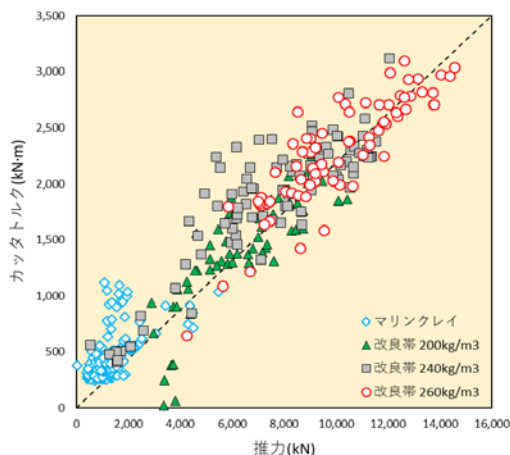


図-2 掘削に要した推力とトルクの関係

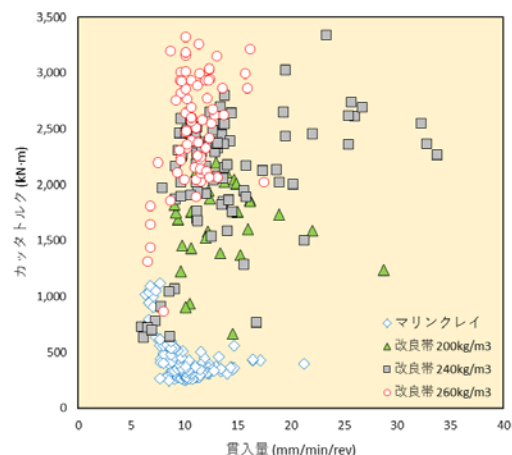


図-3 貫入量とトルクの関係

キーワード シールド, 高強度地盤改良, マリクレイ, 掘削抵抗, ローリング

連絡先 〒105-6310 東京都港区虎ノ門 1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10階 西松建設(株) 国際事業本部 TEL03-3502-7693

加量が多くなるほど推力、トルクともに増大する傾向が顕著にみられた。一方、マリクレイ層においては推力は2,000kN、トルク 500kN・m 程度に分布しており、推力に対しトルクが優位となる傾向を示す。また、図 - 3に示す貫入量とトルクの関係において、セメント 260kg/m³を添加した区間では、貫入量は概ね 10~15mm であるが、これはシールド機の運転時にマシン本体のローリングが顕著に表れたため、カットトルク上限値を 3,500kN・m と定めた運転操作を行ったため、データの分布傾向は、他の添加量の傾向と若干異なる。一方、マリクレイ層では、貫入量の増加に対しトルクの上昇傾向は見られない。

4. カットトルクとシールド機のローリングについて

1 本目のウッドランドバウンドトンネルにおける、リング代表カットトルクと最大後胴ローリング量の傾向を図 - 4に示す。なお、1 ストローク掘削中にローリング調整のために、図

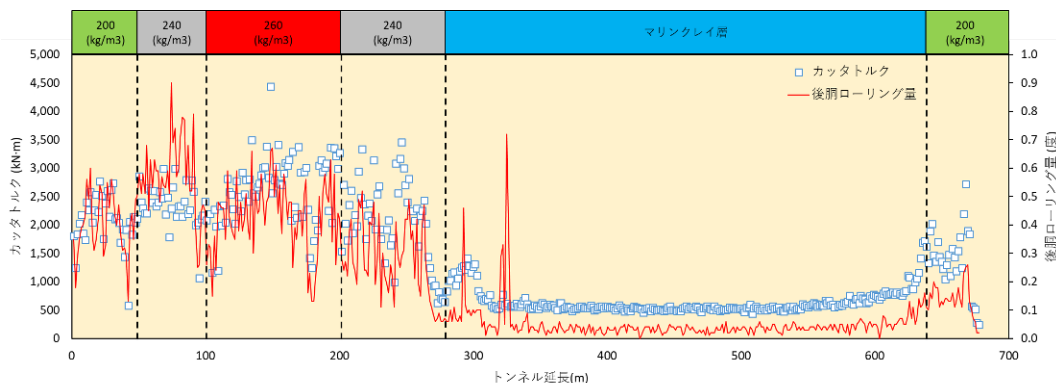


図-4 掘削地山条件に対するカットトルクと後胴ローリングの傾向

タヘッドの回転方向を複数回、変更しているため、後胴ローリング量は 1 ストロークの最大回転量を代表値として図 - 4に示した。本図で、マリクレイ層ではカットトルクおよび後胴ローリング量が小さく、改良帯区間では大きくなる。最もローリング量が大きく表れたトンネル延長約 80m 付近以降では、1 ストロークのローリング量に制限を設け、地盤改良帯区間の掘削を行った。なお、図 - 5に示すように前・後胴ではローリング量で 0.6° 程度の差異が常に発生する現象がみられた。これは、両胴体がアーティキュレーションジャッキを介し連結されているためと考える。また、ジャッキストロークが 1,000mm 以上となる際、ローリング量が急激に増える傾向が見られた。図 - 6に地盤改良帯での後胴ローリングとカットトルクの関係を示すが、明瞭に正の相関がみられ、地盤改良内では地山外周から機体への拘束力が低く本体がローリングしやすい状況であったことがわかる。

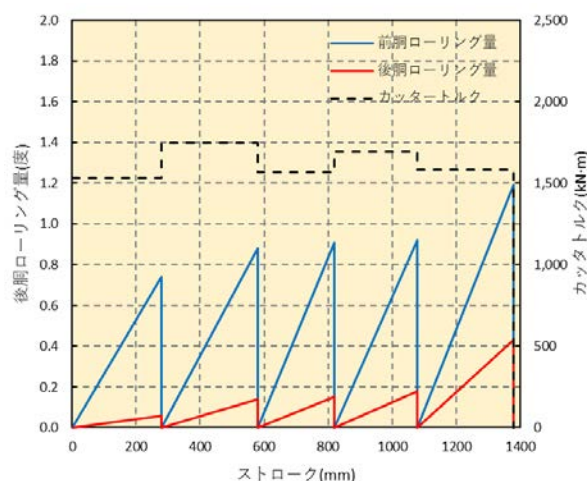


図-5 貫入量とトルクの関係

5. まとめ

本文では主に、改良帯掘削時の後胴ローリング傾向に関する特徴を述べた。シールド機の後胴は、前胴とセグメントからの反力で固定されているが、本体のローリングがセグメントに作用することで、クラックやセグメント間・ピース間の段差を発生させている可能性が考えられるため、この点について今後、考察を行う。

参考文献

- 1) 村川ら：高強度地盤改良内における土圧シールド長距離掘進(その1)，土木学会第73回年次学術講演会，2018(投稿中)
- 2) 吉田ら：近接土留めへの影響を考慮した機械攪拌工法地盤改良の施工および考察，土木学会土木建設技術発表会，2017
- 3) 亀山ら：岩盤シールド型 TBM の掘削抵抗と岩盤特性の検討，岩の力学国内シンポジウム，2008

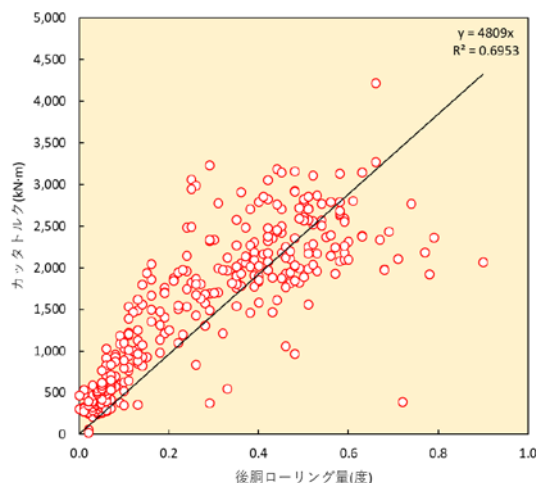


図-6 ローリングとトルクの関係