

## シールド機動力学モデルによる軟弱地盤におけるシールド機挙動シミュレーション

長岡技術科学大学  
東京都下水道局  
(株)奥村組  
(財)地域 地盤 環境 研究所

学生会員 川崎裕士，正会員 杉本光隆  
中村益美  
正会員 大林正明，岡田章，津坂治  
正会員 粥川幸司

## 1. はじめに

現在，シールド機の制御・操作は自動掘進システムにより行われるようになってきている．しかし，地盤物性値，マシン作用力，掘進中のシールド機挙動は未解明な点が多く，シールド機自動掘進システムは理論的背景を持たない．そこで，掘削領域，テールクリアランス，動的釣り合い，カッターフェイス回転方向，シールド機のスライド，緩み領域を考慮できるシールド機動力学モデル<sup>1)</sup>が開発されてきた．そこで本研究では，超軟弱地盤におけるシールド機挙動の実測値と動力学モデルによる計算値とを比較することにより，超軟弱地盤におけるシールド機動力学モデルの妥当性を検証することを目的とする．

## 2. 解析データ

解析では，延長 2840m，内径 4000mm の下水管築造工事における，直線区間のシールド機の挙動計測データを用いた．本現場の特徴は，超軟弱地盤（N 値 = 0~6）を掘進すること，トンネルは N 値が 0~2 である下部有楽町層粘性土層上部と N 値が 0~6 である下部有楽町層粘性土層下部の境界に位置することである．本現場の地質縦断図を図 1 に示す．

図 2 にジャッキモーメント実測値を，図 3 にシールド機挙動実測値と計算値を示す．ここで，ジャッキ水平モーメント  $M_{3p}$ ，ヨーイング角  $\phi_y$  は右向き正で，ジャッキ鉛直モーメント  $M_{3q}$ ，ピッチング角  $\phi_p$  は下向

き正である．これらの図より，ジャッキ水平モーメント  $M_{3p}$  が右向きに対して，ヨーイング角  $\phi_y$  が一定（直線）となっていること，ジャッキ鉛直モーメント  $M_{3q}$  が下向きに対して，ピッチング角  $\phi_p$  が上向き 5~30min となっていることがわかる．他の直線部ではジャッキ水平モーメントがほぼ 0 で，ジャッキ鉛直モーメントが上向きであったことから，上記の現象は地盤に依存していると考えられる．この場合，前者はトンネル横断方向に地盤が傾斜していることを，後者は下部層より軟弱な上部層でシールド機軸方向動摩擦が大きいことを示すと考えられる．

## 3. 解析方法

傾斜地盤については，左右非対称な余掘り有効率

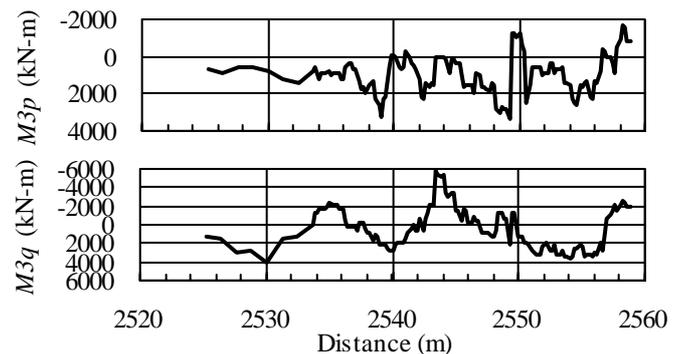


図 2 ジャッキモーメント

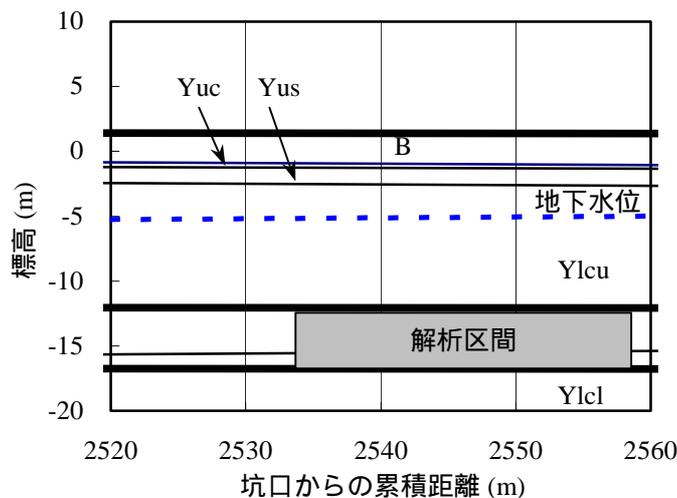


図 1 地質縦断図

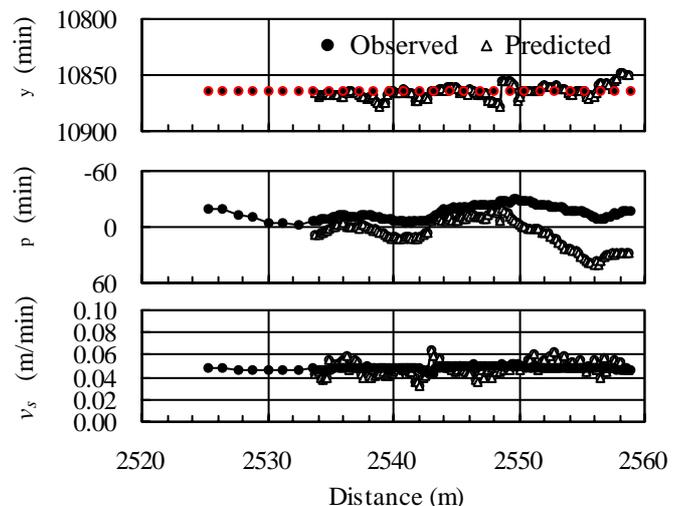


図 3 シールド機挙動

キーワード：シールド機，中折れ，シミュレーション，動力学モデル，現場実測データ

連絡先：〒940-2136 新潟県長岡市上富岡 1603-1 長岡技術科学大学建設系 TEL：0258-46-6000 FAX：0258-47-9600

で表現することとした．また，軟弱な上部層で大きな動摩擦力が発生することは，今まで用いてきたスキンプレート法線方向有効土圧に動摩擦係数を乗じて得られる動摩擦力では表現できないので，南野の式<sup>2)</sup>でN値から動的付着力を推定し用いることとした．さらに，切羽土圧係数や有効余掘り率は不明であることから直接探索法で値を推定した．

4. 解析結果

図4に示すシールド機軌跡縦断面図，平面図から，動力学モデルによるシールド機軌跡は実測値と良く一致していることがわかる．また，図3から，ヨーイング角 $\phi_y$ ，掘進速度 $v_s$ の計算値は実測値とよく一致していることがわかる．一方，ピッチング角 $\phi_p$ の計算値は2548m付近までは実測値より10min程下向きに，2559m付近では実測値より約40min下向きとなっている．これは，地盤物性値の変化，地質構造の変化が影響したと考えられる．

図5，図6は，スキンプレート展開図上に，距離2558.853mにおけるシールド機周辺の法線方向地盤変位分布(+：掘削面がトンネル外側へ変位)とスキンプレート法線方向土圧分布を示したものである．ここで，周方向0,360degはシールド機下端を，180degはシールド機上端を示し，軸方向上側はシールド機掘進方向である．図5より，テール下部(0-30度，330-360度)で受働状態になっていること，左右で異なる余掘り有効率を設定したことおよびシールド機蛇行のために，左右の分布が異なっていることがわかる．また，図5より，地盤反力は図4の法線方向地盤変位を反映していること，シールド機下部(70度，290度近傍)に地層の境界があることがわかる．

5. まとめ

シールド機動力学モデルによる超軟弱地盤にお

けるシールド機挙動は，実際のシールド機挙動と良く一致した．したがって，適切な物性値を用いれば，超軟弱地盤でのシールド機挙動を本動力学モデルで表現できると考えられる．

参考文献

- 1) 杉本光隆・Aphichat Sramoon：施工実績に基づくシールド機動力学モデルの開発，土木学会論文集，No.673/ -53，2001.
- 2) 南野輝久，推進工法の設計と施工，森北出版，1981.

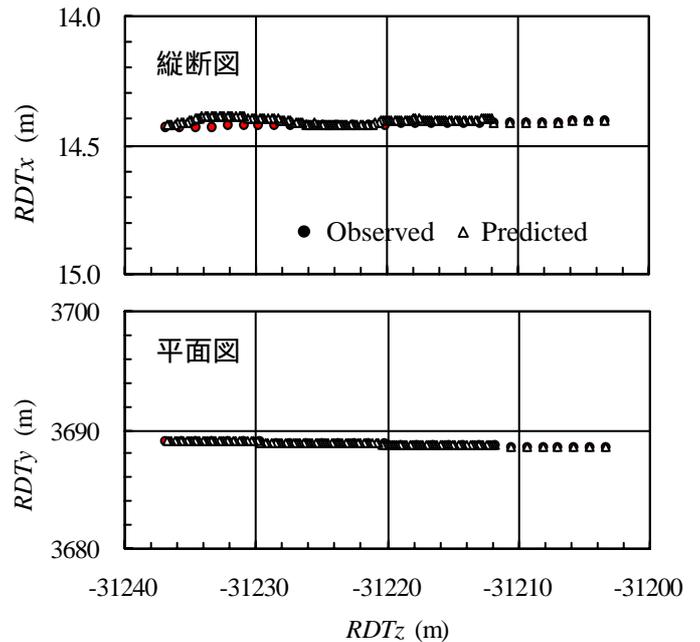


図4 シールド機軌跡

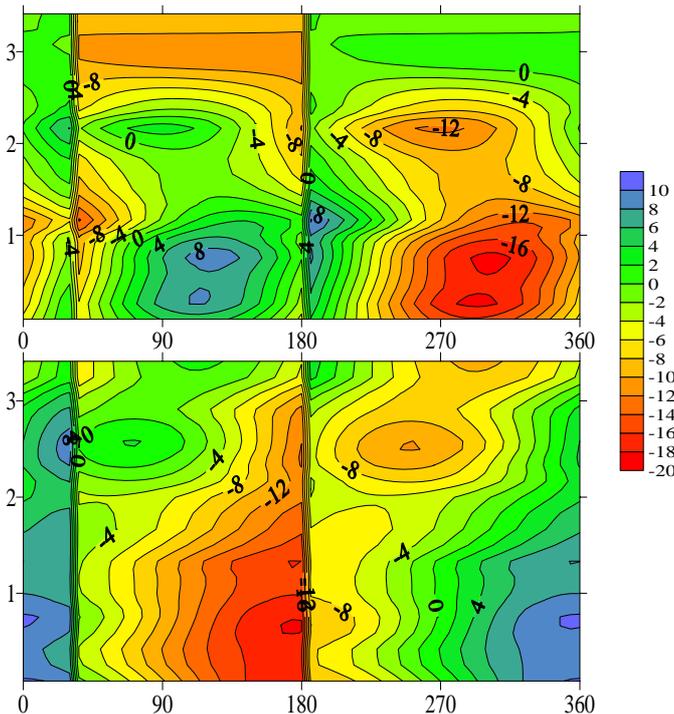


図5 法線方向地盤変位(mm)

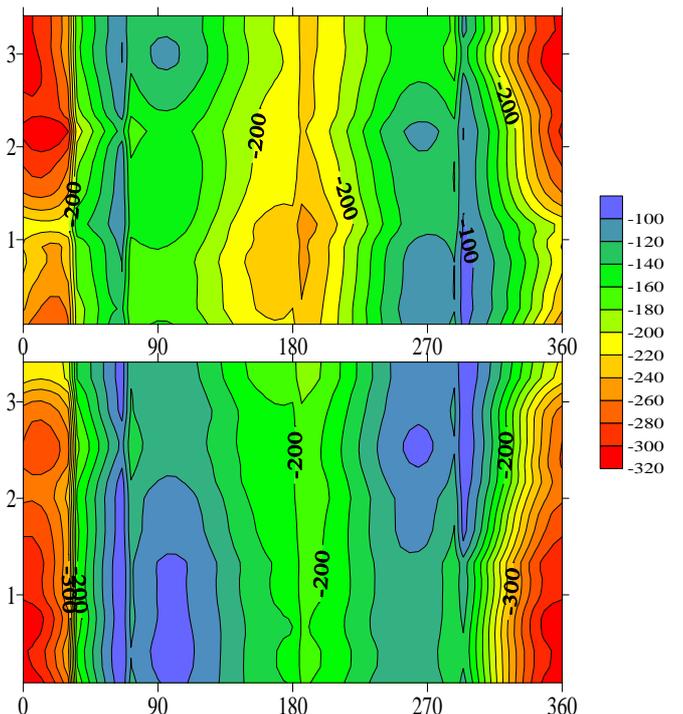


図6 法線方向土圧分布(kN/m<sup>2</sup>)