

# シールド機動力学モデルによる施工条件がシールドトンネルの施工時荷重に与える影響評価

長岡技術科学大学 地盤研究室 徐 世雄  
指導教官 杉本 光隆

## 1.はじめに

シールドの制御，操作は自動掘進システムにより行われている．しかし，シールド掘削に関連する地盤物性値やシールド機に作用する外力，施工時荷重等については未解明な点が多く，これらのシステムはいくつかの経験的な関係を基にし，理論的な背景を持たないのが現状である．さらに近年のシールドトンネルは都市の過密化，コスト縮減等の影響を受け，大断面化，大深度化，急曲線化が進んでいる．それに伴いシールドトンネル施工時に，セグメントのひび割れや欠けなどの不具合が顕在化しており，施工時の荷重を検討することが重要となってきた．

## 2.目的と手順

本研究では，施工時荷重<sup>1)</sup>に大きな影響を与えると考えられる施工条件（セグメント幅，曲線半径，マシン前胴と後胴の長さ）に着目し，数値実験を行い，施工時荷重の影響について検討した．数値実験の手順は，以下のとおりである． $r$ 軸方向のジャッキ推力 $F_{3r}$ ，ジャッキ推力による $p$ 軸， $q$ 軸回りのモーメント $M_{3p}$ ， $M_{3q}$ をゼロに設定し，順解析し，力とモーメントの釣り合いを満たす $F_{3r}$ ， $M_{3p}$ ， $M_{3q}$ を求める．ここで求めた $F_{3r}$ ， $M_{3p}$ ， $M_{3q}$ を入力値として，シールド挙動のシミュレーション<sup>2)</sup>を行う．施工条件がシールドトンネルの施工時荷重に与える影響について検討する．

## 3.施工条件

- (1) セグメント幅：300，600，900，1200，1500mm とした．
- (2) 曲線半径：20，40，80m とした．
- (3) マシン前胴，後胴の長さ：マシン全長を一定とし，前胴の長さを3.2，3.5，4.0m とした．

## 4.解析結果

セグメント幅 300mm の時のシールド機挙動シ

ミュレーション結果を図-1 に示す．この図より，解析値は，計画値と良く一致していることがわかる．また，他のセグメント幅でも同様で，セグメント幅はシールド挙動にほとんど影響をしないことがわかった．

また，セグメント幅 300mm のテールクリアランス(左側)，初期不釣り合い水平モーメント $M_{0p}$ ，初期不釣り合い水平力 $F_{0q}$ ，ヨーイングの偏差 $\Delta\phi_y$ ，横断方向偏差 $\Delta y$ ，水平中折れ角度 $\phi_{CH}$ ，コピーカッター長さ(CCL1，CCL2)を図-2 に示す．この図より，以下のことがわかる．曲線部で，テールエンドクリアランスが波状に変動すること， $\Delta\phi_y$ は，テールエンドクリアランスと逆位相で，計画線形曲線外向きに変化していること， $\Delta y$ は，テールエンドクリアランスと同位相で，計画線形曲線内側に移動していること， $F_{0q}$ は，曲線外側にコピーカッター(CCL2)を使用した所で曲線外向きに，曲線内側にコピーカッター(CCL1)を使用し，中折れを開始するとほぼゼロに，曲線内側にコピーカッター(CCL1)を使用し，中折れ角が一定となり，シールドが曲線部に完全に入ると，曲線内向きほぼ一定となること， $M_{0p}$ は， $F_{0q}$ と変動していて，左右のコピーカッターの使用と中折れ角により定まることがわかる．

上記は，以下のように考えられる． $F_{0q}$ は，ジャッキ力によらない力であることから，地盤反力で釣り合いをとる必要がある．このため，シールド全体が $F_{0q}$ の方向へ剛体変位し，曲線部で曲線内側への $\Delta y$ が発生する．本解析では，ジャッキ水平モーメントを調整していないために， $\phi_y$ の変動が発生し，シールド掘削範囲が変動し，その結果，テールエンドクリアランスの変動が発生する．また，これらの影響はセグメント幅の影響よ

り卓越している。

### 5.まとめ

本研究により、以下の結論を得た。

セグメント幅は、シールド挙動にほとんど影響しない。セグメント幅が増加すると、切羽側テールクリアランスの変動が大きくなる。曲線半径の増加により、テールクリアランスは減少する。後胴が長いほど、テールエンドクリアランスの変動が早く現れる。

曲線部でテールエンドクリアランスが周期的に変動する。このメカニズムを解明した。

### 参考文献

- 1) 土木学会，トンネル・ライブラリー第 17 号シールドトンネルの施工時荷重，土木学会，2006.
- 2) 杉本光隆・A.Sramoon :施工実績に基づくシ-

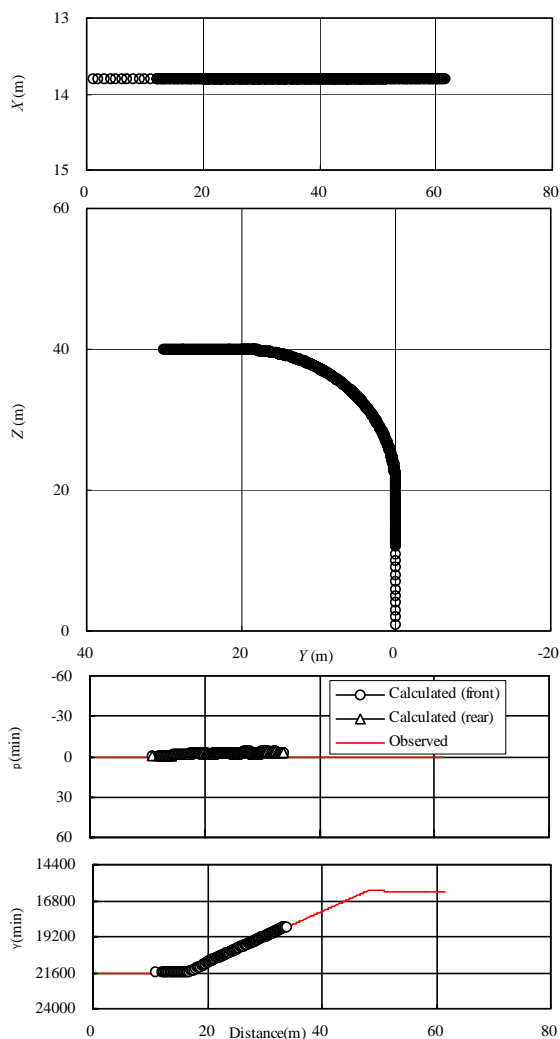
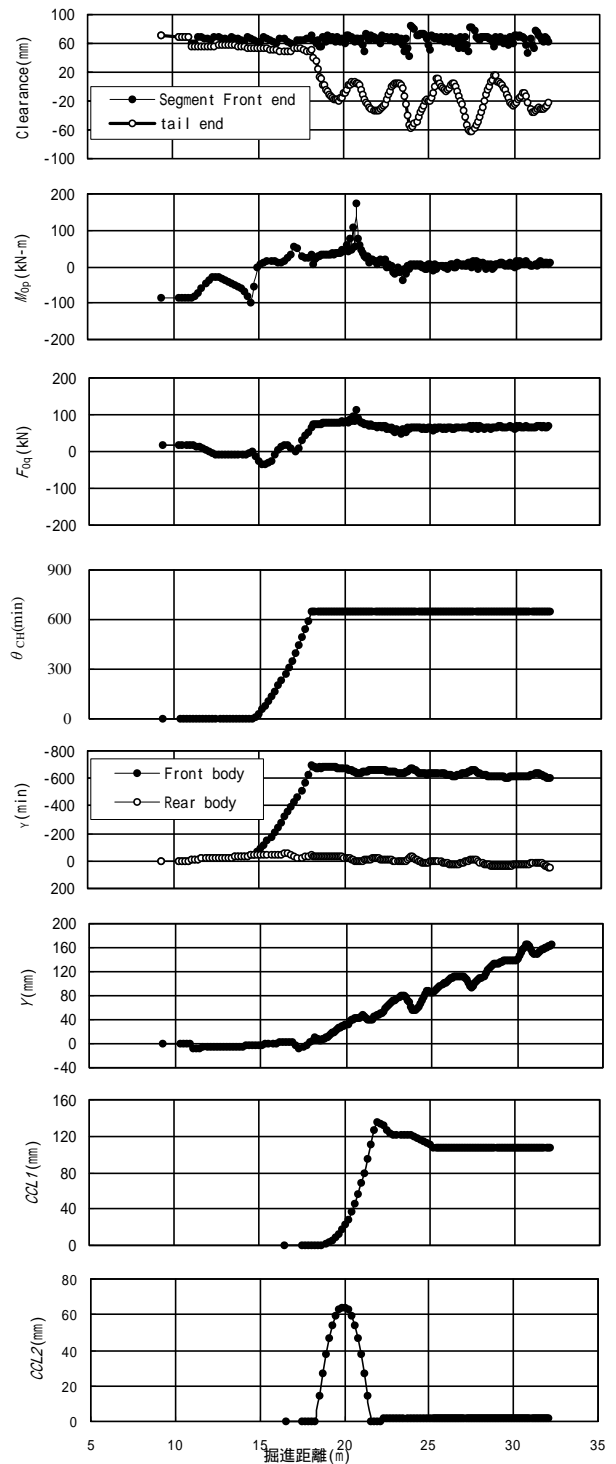


図-1 シールド機挙動(セグメント幅 300mm)

ルド機動力学モデルの開発，土木工学会論文集，No.673/ -53，2001。



注: 横軸 CCL1,CCL2: CF中心の距離  
 その他 : シールドテール中心の距離  
 マシン長さ : 7.2m

図-2 テールクリアランスの変動とその検討 (セグメント幅 300mm)