

# シールド機動力学モデルを用いた競りによる施工時荷重の定量的検討

長岡技術科学大学 地盤工学研究室 近藤 智人  
指導教官 杉本 光隆

## 1. はじめに

これまでの研究により、中折れシールド対応の動力学モデルは、実際のシールド挙動を再現可能であるということが確認されてきた。

近年、都市の地下構造物はますます輻輳し、シールドトンネルの大深度化、急曲線化が進んでいる。さらに、コスト縮減の流れを受け、セグメントの薄肉化および幅広化、急速施工化等が進んでいる。これらのことから、施工時にセグメントに発生する応力は以前より増大する傾向にあり、施工中のトンネルに発生する不具合が顕在化し、大きな問題となっている。しかし、施工時にセグメントに作用する荷重については未解明な点が多く、定量的に把握されていないのが現状である。そこで本研究では、施工時荷重としてその影響がもっとも大きいと考えられているテール部作用力に着目し、改良した動力学モデルを用いて定量的な検討を行った。

## 2. 目的と手順

本研究では、

1)シールドテール部に作用する施工時荷重を定量的に把握する。

2)シールドテール部に作用する施工時荷重がシールドの挙動に与える影響を解明する。

を目的とし、以下に示す手順で解析を行った。

1)現場計測データを用い、施工時荷重による不具合発生メカニズムを検討する。

2)検討結果を基にモデルの改良を行う。

3)改良したモデルを用いてシミュレーションを行い、モデルの妥当性について検証する。

## 3. モデル

シールド機動力学モデルでは、シールドに作用する力を以下の5つに分類し、その力の釣合いを求めている。

$f_1$  : シールド自重による作用力

$f_2$  : シールドテール部作用力

$f_3$  : シールドジャッキによる作用力

$f_4$  : 切羽作用力

$f_5$  : スキンプレート作用力

また、テール部作用力  $f_2$  については、以下の3つの成分に分けてモデル化している(図-1参照)。

$f_{21}$  : 競り荷重

(シールドとセグメントの接触時のみ作用)

$f_{22}$  : テールワイヤーブラシ作用力

$f_{23}$  : テールグリス作用力

本研究では、各段のワイヤーブラシにおいて、裏込め注入材の回り込み固化によるバネ値の変化を考慮できるように、モデルを改良した。用いたバネ値は、既往の実験により得られたデータを基に、動力学モデルにおいて逆解析を行うことで決定した。また、競り荷重は、シールドガーター端部を支点とした片持ちばりとしてモデル化を行い、その片持ちばりの曲げ剛性は、3次元シェルFEM解析結果と比較し、決定した。

## 4. 現場解析

解析現場は、土被り約30mの洪積地盤を約260m掘進する泥水式シールドトンネルである。解析区間は、直線部(距離程0~42m)~左曲線R=20m(距離程42m~67m)~直線部(67m~86m)までの約86mとした。ジャッキ推力( $F_{3r}$ )と掘進速度(Velocity)の現場計測データをそれぞれ図-2、図-3に示す。

図-2より、曲線掘進から直線掘進に移行した直後の距離程67m以降で、ジャッキ推力が急に上昇している。これは、ジャッキ推力と図-3に示す、

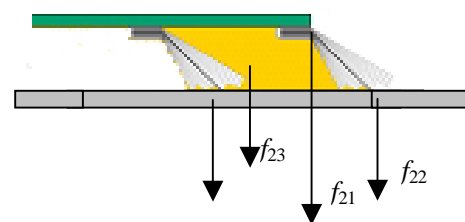


図-1 テール部作用力モデル

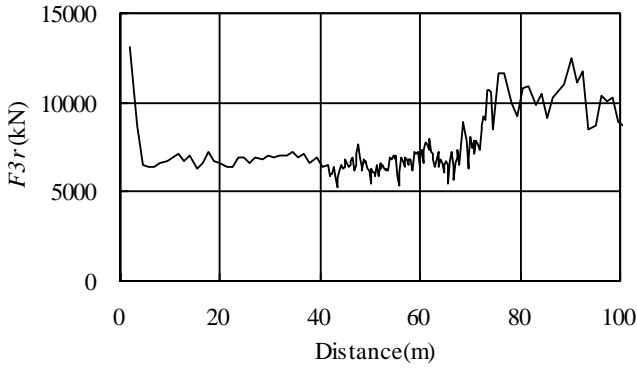


図-2 ジャッキ推力

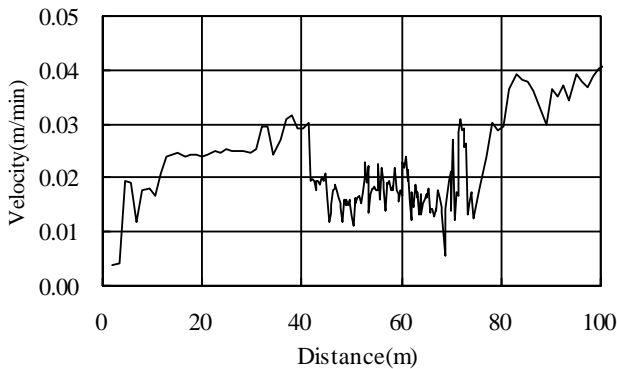


図-3 掘進速度

掘進速度に相関性が見られないことから、テール部作用力 ( $F_{2q}$ ) により発生する軸方向の摩擦力 ( $F_{2r}$ ) の増加に起因すると考えられる。そこで、本モデルを用い裏込め注入材の回り込み固化を考慮して計算した、トンネル横断方向作用力 ( $F_q$ ) とトンネル軸方向作用力 ( $F_r$ ) の変化をそれぞれ図-4、図-5 に示す。

これらの図より、曲線掘進から直線掘進に移行した直後の距離程 67m からテール部作用力 ( $F_{2q}$ ) が増加し、その反力として地盤反力 ( $F_{5q}$ ) も増加していること、軸方向作用力については、曲線部からテール部作用力 ( $F_{2r}$ ) と地盤反力 ( $F_{5r}$ ) による軸方向の摩擦力が増加していること、67m 以降で掘進速度が上昇していることにより、切羽作用力 ( $F_{4r}$ ) が増加していることがわかる。これらより、裏込め注入材の回り込み固化を考慮することで、シールドテール部作用力およびシールドの挙動を合理的に評価できることを確認した。図-6、図-7 はそれぞれ距離程 56m と 83m でのテール部作用力の分布である。

## 5. 結論

本研究では、シールドテール部作用力を詳細に求められるモデルを開発し、以下の結論を得た。

- 1) 裏込め注入材の回り込み固化により競りによる荷重が増加し、シールドの挙動に影響を与える。
- 2) 本モデルを用いて行ったシミュレーション結果は、実際のシールドの挙動に良く一致した。したがって、テール部で競りが発生するような急曲線においても、本モデルは合理的である。

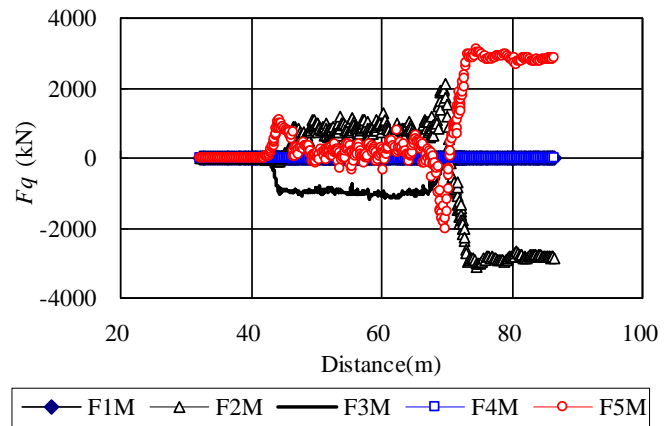


図-4 トンネル横断方向作用力

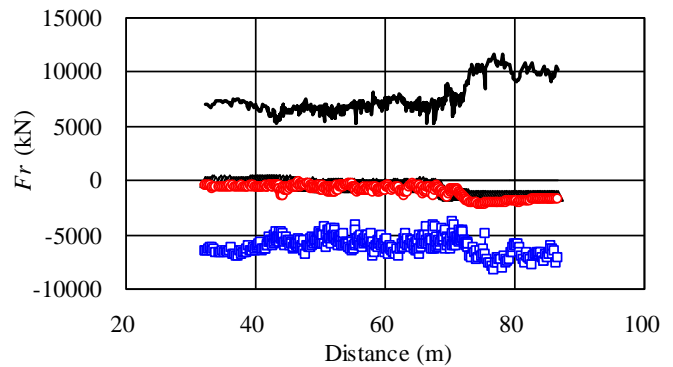


図-5 トンネル軸方向作用力

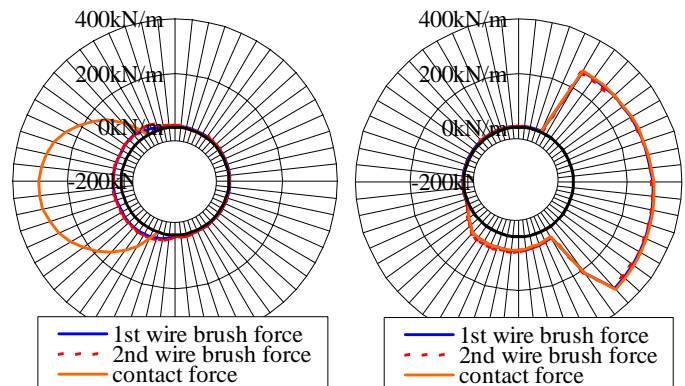


図-6 テール部作用力(56m)

図-7 テール部作用力(83m)