実測データによるシールドトンネル急曲線部の施工時荷重に関する検討

1.はじめに

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てき ている.

そこで本研究では,施工時荷重による影響が大 きい曲線部においてシールド挙動のシミュレーシ ョンを行い,得られた施工時荷重を外力としてセ グメントの3次元 FEM 解析を行い,得られたセ グメントの変位をセグメントの変位計測データと 比較することにより,シールド機動力学モデルで 得られる施工時荷重の妥当性を評価した.

2.研究手順

本研究の手順を以下に示す.

- 1)急曲線部で生じる不具合の主たる原因となって いるシールドテール作用力をシールド機動力学 モデルにより定量的に把握する.
- 2)シールド機動力学モデルで得られた急曲線部でのシールドテール作用力とジャッキ作用力を入力値として3次元 FEM 解析を行い,得られた変位分布とセグメント変位計測結果を比較する.
 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
- $f_2: シールドテール作用力$
- $f_3: シルードジャッキによる作用力$
- f₄:切羽作用力
- f₅:スキンプレート作用力
- 4.現場解析

長岡技術科学大学 地盤工学研究室 松岡 直樹

指導教官 杉本 光隆

左曲線 R=16m (2667~2770Ring)

土被り: 13.42~13.53m

地盤:トンネルは軟弱地盤の下部有楽町層粘性土 層上部(Ylcu 層:N 値=0~2)と下部有楽町層粘 性土層下部(Ylcl 層:N 値=0~6)の境界に位置 する.

シールド:泥土圧式中折れシールド

5.シールド機挙動のシミュレーション結果

図1に掘進速度とシールドジャッキ推力の現場 計測データを示す.掘進速度が曲線部で著しく低 下しているにも関らず,ジャッキ推力はほぼ一定 の値で推移している.したがって,曲線部でテー ル作用力,スキンプレート作用力が大きく発生し ていることがわかる.そこで,曲線部で裏込め注 入の回り込み固化を考慮するとともに,地盤反力 係数を主働状態と受働状態で独立して入力できる ようにした.

トンネル横断方向作用力(*Fq*)とトンネル軸方 向作用力(*Fr*)の変化を図2に示す.これらの図よ り,曲線部の距離程2655mあたりからシールドテ ール作用力(*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,地盤反力(*F*_{5r})による軸方向の摩擦力が増加 していることわかる.これらより,裏込め注入材 の回り込み固化,主働,受働側の地盤反力係数を 考慮することによりシールドの挙動を合理的に評 価できることを確認した.

6.3 次元 FEM 解析によるセグメント変位

シールド機動力学モデルを用いて得られた施工 時荷重の妥当性を評価するために,3次元シェル モデルを作成し,FEM解析を実施した.検討する 箇所はセグメントの変位が計測されている曲線始 点近傍のRing2671とし,解析条件としては,軸方 向にジャッキ作用力を,周方向にシールドテール 作用力を入力値とした.図3にFEMによる解析 値と計測値を示す.この図から,解析結果は実挙

解析区間:直線部(2634~2666Ring)







図 2 シールド作用力(*F_q*, *F_r*)

動を概ね再現できており,シールド機動力学モデ ルにより得られた施工時荷重は妥当であるといえ る.図4にFEMにより得られた地盤変位分布を 示す.この図から,施工時荷重による影響が,セ グメントエンドから 12m 位まで及んでいること がわかる.

7.結論

本研究では,実測データを基にシールドの施工 時荷重を把握するとともに,3次元 FEM 解析結果 と計測結果を比較することにより,施工時荷重の 妥当性を評価し,以下の結論を得た.

1)シールド機動力学モデルによる急曲線部でのシ ールド機挙動シミュレーション結果は,実際のシ ールド挙動を再現できた.

2)シールド機動力学モデルにより得られた施工時 荷重による三次元 FEM 解析値は,計測値を表現 でき,シールド機動力学モデルによって施工時荷 重を推定できる.



