

急勾配・急曲線部における実測データによるシールド挙動シミュレーション

地盤工学研究室 勝部達也
指導教員 杉本光隆

1. はじめに

シールドトンネルは近年、大深度化や急曲線化による施工技術の高度化が進み、より厳しい条件下での施工が求められている。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および施工時荷重については未解明な点が多い。そのため、事前にシールド機挙動を予測することが重要となっていることから、シールド挙動シミュレーションの必要性が高まっている。

既往の研究では、直線部におけるシールド挙動の妥当性を検討した。

本研究では、シミュレーションを取り入れたシールド制御手法を確立することを目的とし、急勾配・急曲線部におけるシールド挙動シミュレーションと実際の現場の実測データを比較することで、シールド挙動シミュレーションの妥当性を検討する。

2. 解析対象現場

解析対象現場は横浜環状北線馬場ランプシールドで市街化された地域に新設されたため、既設構造物による制約を受けている。図1に本シールドトンネルの平面図およびセグメント割付図を示す。

2.1. シールドトンネル線形

シールドトンネルの線形は勾配が下りの-7.0%、最小曲線半径 R は 50m となっている。

2.2. 現場地盤

対象区間の現場地盤の土被りは 10.0m ~ 15.0m。地層は相模層群粘性土 (Dc 層) である。N 値は全体として概ね $N=1\sim 10$ 前後を示しているが、局所的に $N=15\sim 26$ 程度を示す。

2.3. シールド機

シールド機は中折れ式泥土圧シールドを用いている。機長は 10.845m、掘削外径は 10.860m、シールド機外径は 10.830m である。

2.4. セグメント

セグメントは、鋼製セグメントを用いている。セグメント外径は 10.58m、セグメント幅は 0.6m である。

3. 解析方法

解析手順は、以下の手順で行う。

- ①入力データの作成
- ②地盤条件の推定
- ③シールド機挙動シミュレーションの実施
- ④現場実測データの比較

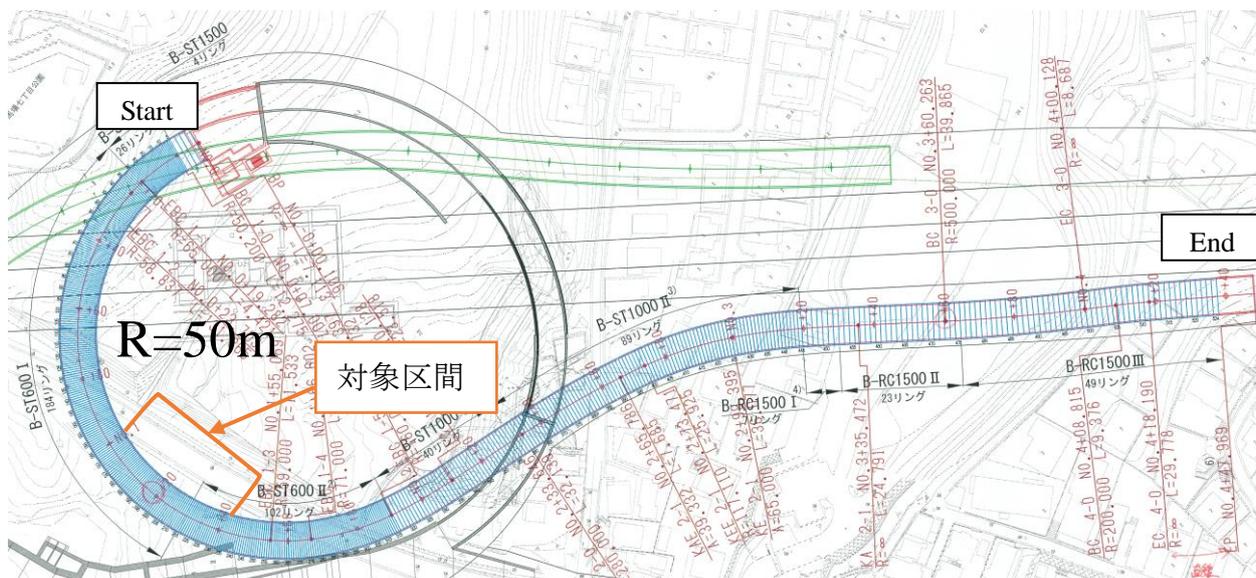


図1 シールドトンネルの平面図およびセグメント割付図

3.1. 入力データの作成

シールド機設計図やボーリング柱状図などの現場データより、表1に示す入力データを作成する。シールド挙動の制御条件は、中折れやコピーカッター使用条件などである。シミュレーション毎に地盤物性値や、有効余掘り量を適宜変更し、シミュレーション結果と現場計測結果が一致するまで行う。シールド機挙動は、掘進速度の影響を大きく受けるため、切羽土圧が変わらないように縦断線形、掘進速度、平面線形の順で現場計測結果と合わせるようにした。

3.2. 地盤条件の推定

ボーリング調査により、現地の地盤条件が得られる。しかし、実際の地盤物性値はばらつきがあることから、シミュレーションにおいては、シールド機の挙動に大きな影響を与える地盤反力等を同定する必要がある。また、掘進時に余掘りを行うが、取り残し等があるため、周方向とシールド掘進方向に分布する余掘り有効率を、シミュレーション毎に適宜変更して、推定する。

3.3. シールド機挙動シミュレーションの実施

「3.1. 入力データの作成」および「3.2. 地盤条件の推定」で設定したデータを、シールド機動力学モデルに入力し、シールド機挙動シミュレーションを行う。

4. 解析結果・考察

平面線形、縦断線形、掘進速度の計測値と解析値をそれぞれ図2、図3、図4に示す。これらの図より以下のことがわかる。

- ① 平面線形は解析値と計測値がよく一致している。
- ② 縦断線形は解析値が計測値より下になっていて、最大で約18cmの差が生じた。これはシミュレーション前のシールド機位置座標の実測データ数が少なかったことが要因だと考えられる。実測データの間隔が空き、線形近似度が下がり3次元的に拘束条件が緩くなったことにより、シミュレーション開始時にピッチングが計測値よりも約25min下向きになってしまったと考えられる。しかし、ピッチング角と縦断線形の解析値と計測値の時系列変化は概ね一致していることから、解析値と計測

値は静的に、概ね一致しているといえる。

- ③ 掘進速度は計測値と解析値が一致している。
- 上記から、運動力学的にシミュレーション結果が計画線形と概ね一致しているといえる。

5. まとめ

シールド機挙動シミュレーション結果は、現場実測データを概ね表現できたことから、本研究で用いたシールド機動力学モデルにより急勾配及び急曲線部のシールド機挙動を表現できるといえる。

表1 入力データ一覧

①	シールド機諸元	⑤	シールド掘進管理条件
②	地盤物性値	⑥	計画線形
③	計算条件	⑦	地層構造
④	計算精度	⑧	セグメント諸元

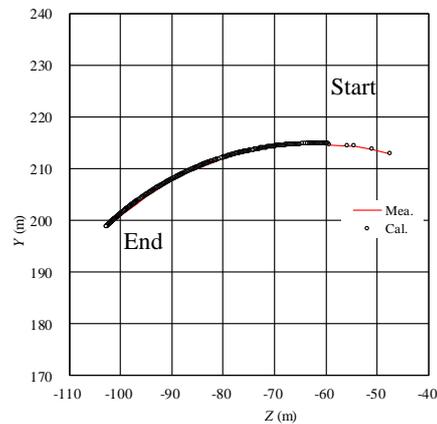


図2 平面線形

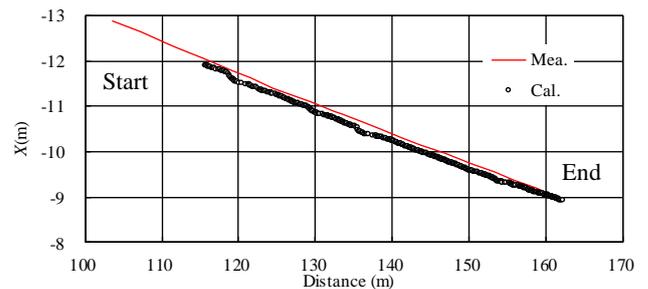


図3 縦断線形

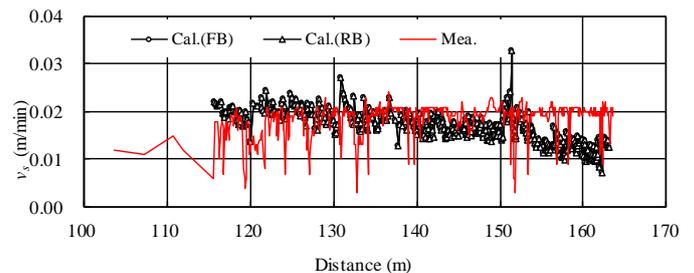


図4 掘進速度