

## 1.はじめに

トンネル掘削工事における急曲線施工は、周辺地盤の変状や地表面の過大な沈下といった問題を引き起こすおそれがあり、技術的に困難な施工である。既往の研究により、安全かつ確実な施工を行うために理論に基づいたシールド機の掘進シミュレーションを取り入れた制御手法が確立された。

そこで本研究では、S字急曲線部を含むシールドトンネルに対し、シールド掘進条件を検討するとともに、現場掘削後に得られたシールド掘進条件を用いてシールド掘進シミュレーションを実施し、事前シミュレーションの結果と比較することにより、入力物性値を評価するとともに、シールド機動力学モデルの妥当性について検討する。

## 2.解析対象

解析対象は、図-1に示す平面曲線半径16mのS字急曲線区間である。既往の研究ではこのような線形に対して、シールド機を計画線形と一致するように掘進させるための余掘り範囲や中折れ角、ジャッキ推力等の設定方法等を検討した。

### 2.1.シールド機

使用するシールド機諸元を図-2に示す。

シールド機：泥土圧シールド（中折式）

シールド径：6.16m，シールド機長：7.94m

セグメント径：6.00m

### 2.2.対象地盤

対象地盤は主に風化花崗岩で構成されており、N値は54~300の軟岩である。地盤の特徴としては岩芯まで均質に風化していて、指圧にて容易につぶれザラメ状になる性質を持っている。

## 3.解析方法

### 3.1.入力データの作成

現場で計測された実測データを入力データに変換する。シールド機挙動シミュレーションモデルは連続掘進を前提としているので、シールドが停止している状態および掘進開始直後、掘進終了直前などの過渡的なデータを除外することに注意し、本解析では約5cm間隔のデータを作成した。また、シールド機挙動シミュレーションに必要な入力データは大きく分けると、以下の8つである。

- シールド機諸元：マシン半径，自重，重心点など
- 地盤物性値：静止土圧係数，地盤反力係数など
- 計算条件：解析メッシュ(要素)の数など
- 計測精度
- シールド掘進管理条件：ジャッキ力，中折れ角度など
- 計画線形：曲線半径，勾配など
- 地層構造：地下水位，各地層の位置座標など
- セグメント諸元：セグメント割付，半径，幅など



図-1 解析対象線形

### 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、シールド機の挙動に大きな影響を与える地盤反力係数や側方土圧係数、掘進速度に依存する切羽圧に関するパラメータ等を調整する必要がある。さらに、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推定する。

### 3.3. シールド機挙動シミュレーション

「3.2. 入力データの作成」および「3.3. 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。シミュレーションによって得られた解析データと現場実測データを比較し、使用した地盤条件を評価するとともに、シールド機動力学モデルの妥当性を検討する。

### 4. 解析結果・考察

解析によって得られた、step100 までの掘進速度とトンネルの縦断線形・平面線形を図-3 に示す。

シミュレーションは、ステップ毎に実測値のジャッキ力やコピーカッター使用条件などを入力しているため、線形を合わせるためには、まず掘進速度を合わせる必要がある。掘進速度は、実測値と解析値を概ね一致させることができた。

縦断線形は、実測値と解析値がよく一致する結果となった。平面線形は、概ね一致する結果となっているが実測値に比べ、解析値がやや曲線外側に逸れる挙動を示した。

縦断線形と平面線形は、余掘り有効率やコピーカッター有効率を適切に設定することで実測値に合わせることができると考えられる。

### 5. まとめ

本研究では、現場実測データとシールド機動力学モデルによるシミュレーションの結果を比較し、適切な条件を設定すれば、シミュレーションで、実際のシールド機の挙動を再現することができることが分かった。

### 6. 今後の展望

本解析結果の平面線形に多少の誤差が生じているため、平面線形の再検討が必要である。また、引き続き掘進速度、縦断線形、平面線形に留意して最終 step

まで解析を行うと共に、事前シミュレーションの結果との比較から、入力物性値の評価を行う。

#### [参考文献]

- 1) 中村良平, 中島千博, 杉本光隆: 三次元の幾何学的条件による中折れシールド制御手法, 第66回土木学会年次学術講演会公演概要集Ⅲ, Ⅲ-113, 2011.9.

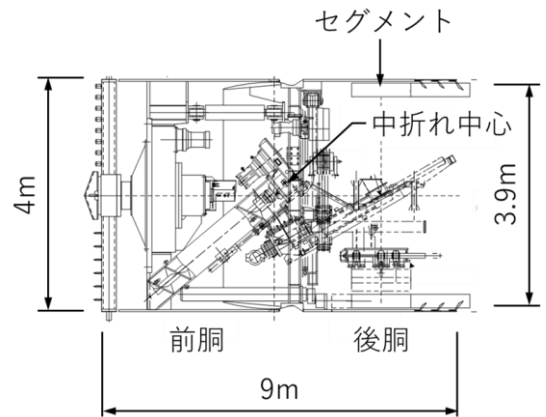


図-2 シールド機諸元

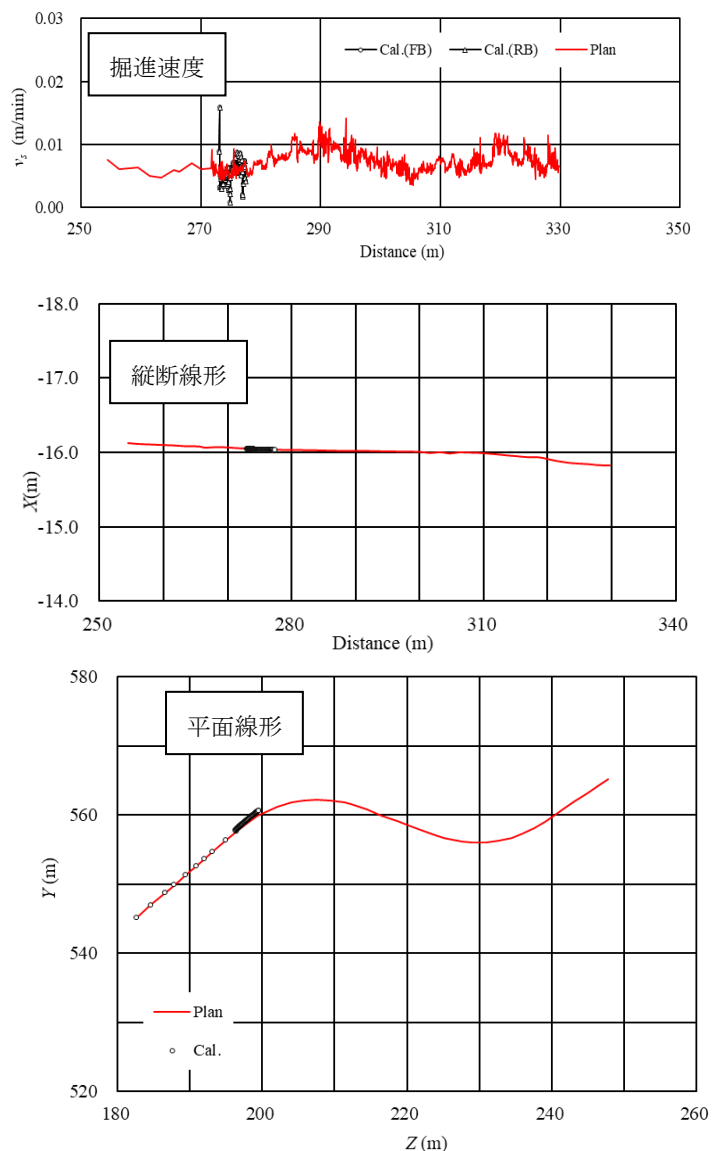


図-3 解析結果