

# シールド機動力学モデルによる S 字急曲線部におけるシールド挙動シミュレーション

地盤工学研究室 岩淵 崇宏  
指導教員 杉本 光隆

## 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。安全かつ確実な施工を行うためには、経験のみに基づいた従来のシールド制御手法から、理論に基づいたマシンの掘進シミュレーションを取り入れた制御手法への移行が必要であると考えられる。

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、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することで、シールドの制御方法について検討した。

## 2. 解析対象

解析対象を図-1 に示す。S 字急曲線区間の平面曲線半径は 16m である。本検討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

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：6m

### 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。また、S 字急曲線部は土被り約 13m に位置しており、縦断勾配は一定で、0.002% の下り勾配である。

## 3. 解析方法

### 3.1. 解析手順

入力データ作成からシミュレーションの実施までの解析手順を図-2 に示す。

### 3.2. 入力データ項目

本検討の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 つに分けられる。

- シールド機諸元：マシン半径，自重，重心など
- 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，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，地質縦断図
- セグメント諸元：セグメント割付，半径，幅など



S字急曲線 (R=16m)

図-1 解析対象線形

### 3.3. シールド掘進管理条件の算定方法

シールド掘進管理条件の中でも、中折れ使用条件（角度と方向）、コピーカッター使用条件（使用範囲と長さ）、ジャッキ力（推力とモーメント）を合わせて、「シールド操作条件」と呼ぶ。これら三つのパラメータはシールド機挙動に対して共線性があり、事前に設定しておくことが必要である。

最初にシールド操作算定プログラム<sup>1)</sup>によりコピーカッター使用条件と中折れ使用条件を求める。次に、ジャッキ力を0とした状態で上記で得られたコピーカッター使用条件と中折れ使用条件をシールド機動力学モデル<sup>2)</sup>に入力し、幾何学的条件からジャッキ力を推定することにより、シールド操作条件を設定した。さらに、解析値が計測値と合うように全周余掘り有効率やコピーカッター有効率を調整した。

### 4. 結果と考察

解析によって得られた平面線形、縦断線形、掘進速度を図-3に示す。シミュレーションは、ステップ毎に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掘進速度を合わせ、適切な位置で中折れ機構やコピーカッターを使用できるようにする必要がある。これらの図から、平面線形、縦断線形の解析値と計画値はおおよそ一致することがわかる。また、シールド操作条件も使用するシールド機の各最大スペック内に収めることができた。よって、力学的に本対象S字急曲線部は掘削可能だといえる。

### 5. まとめ

曲線掘削の影響範囲は曲線始点手前と曲線終点以降合わせて、幾何学的に1機長であることから、2つの連続する曲線掘削の相互干渉を考慮せずに掘削するには、最低2機長分の距離が必要である。本解析対象のS字曲線部における曲線終点と曲線始点の間の直線距離は11.045mで2機長分より短いため、2つの曲線を含む範囲を一体と見なして、シールド掘進管理条件の設定した、その結果、単一の曲線掘削で用いるコピーカッターよりも、直線部でより多くのコピーカッターを用いることにより本検討対象S字急曲線を掘削できることがわかった。

今後は、実測データを用いて、解析結果の妥当性を検討したいと考えている。

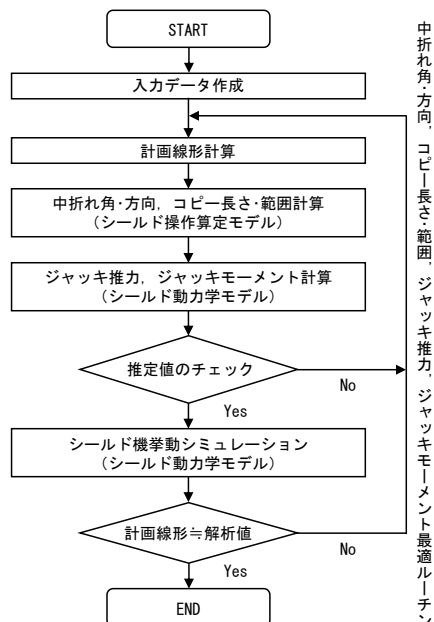


図-2 解析手順

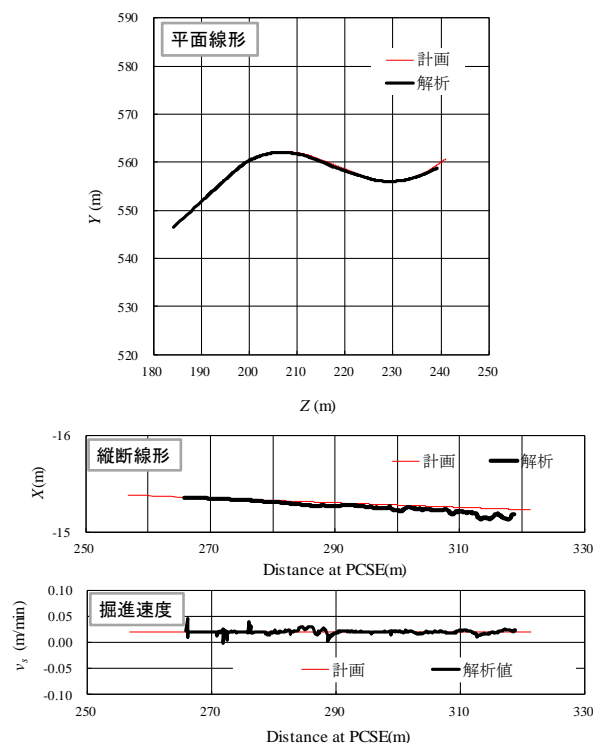


図-3 解析結果

#### [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.
- 2)杉本光隆, Sramoon, A.: 施工実績に基づくシールド機動力学モデルの開発, 土木学会論文集, No.763/III-54, pp. 163-182, 2001.
- 3)田中秀幸, 杉本光隆: シールド機動力学モデルによる泥土圧式シールドの急曲線部における挙動シミュレーション