

トンネル線形とシールド諸元によるシミュレーション間隔の設定法の検討

地盤工学研究室 田代 小牧
指導教員 杉本 光隆

1. はじめに

シールド機に作用する外力の力学的釣合いを基にシールド機の挙動・掘進条件を考慮できるシールド機動力学モデルを用いて、現場計測データによる事後解析を行ってきた。

トンネル急曲線部の解析には 10cm 間隔の現場計測データを使用してきたが、線形近似の精度が解析結果に与える影響は、明らかになっていなかった。

そこで本研究は、大断面急曲線施工の現場データを用いて、急曲線部の最適なシミュレーション間隔の（以後、解析間隔と呼ぶ）設定法を検討することを目的とした。

2. 解析対象現場

解析対象は図 1 に示すように横浜湘南道路の曲線半径 99.5m の急曲線トンネルである。掘進速度とトンネルの縦断線形・平面線形について、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結果を比較し、その整合性を検討した。

2.1. 対象地盤

シールド掘進の対象土質は、N 値 39～50 以上の上総層群の泥岩地盤である。

2.2. シールドトンネル線形

勾配：0.775%（上り）

最小曲線半径：R=99.5m

2.3. セグメント

セグメント外径=13.270m

セグメント内径=12.200m

2.4. シールド機

シールド機：中折れ式泥土圧式シールド

機長=14.490m

掘削外径=13.640m

シールド機外径=13.590m

3. 解析手順

解析手順は、次のとおりである。

- ①入力データを作成する
- ②地盤条件を推定する
- ③シールド掘進シミュレーションを行う

④現場実測データと比較

⑤最適な解析間隔を検討する

⑥シミュレーション間隔の設定法を検討

3.1. 入力データの作成

現場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ため、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する。本解析では、1 Ring 毎に 2 cm, 4 cm, 6 cm, 8 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm 間隔のデータを作成した。

3.2. 地盤条件の推定

現地の地盤条件はボーリング調査により得られる。しかし、実際の地盤物性値に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した。また、カッターフェイス法線方向の切羽土圧を補正する係数 a は、シミュレーションによるトライアルを行い、現場計測速度と解析による速度が一致するような a を設定した。

3.3. シールド機挙動シミュレーション

「入力データの作成」および「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¹⁾に入力し、シールド機挙動シミュレーションを行った。まず、2 cm 間隔のデータでシミュレーションを実施し、平面線形、縦断線形と速度が一致した入力データを、他の解析間隔データのシミュレーションで使用した。

4. 解析結果・考察

2cm 間隔の解析データによって得られた、トンネルの平面線形、縦断線形と掘進速度を図 2 に示

す。平面線形，縦断線形，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。

他の解析間隔のシミュレーション結果の，2 cm 間隔のシミュレーション結果からの偏差を図 3 に示す。鉛直偏差については，データ間隔が 10 cm までのシミュレーション結果はおおむね一致しているが，データ間隔が 20 cm，30 cm のシミュレーション結果に誤差が生じた。また，水平偏差については，4cm～10 cm 間隔のデータは同様の挙動を示すが，20 cm，30 cm 間隔のデータは異なる偏差の挙動を示した。

5. シミュレーション間隔の設定法

上記から，今回対象現場の最適解析間隔は 10 cm と判断した。これは，1 m を 10 分割したことになる。対象現場の平面曲率 κ は 0.011[rad]なので，10 分割すると 0.0011[rad]となる。以上より，中心角度 0.001[rad]毎に解析間隔を設定すれば，十分に近似できるとする。さらに，シールド機長さが短いと曲線で有利であることを考慮し，最適解析間隔として，次式を提案する。

$$\Delta st = \frac{0.001}{\kappa} \left(1 + \frac{1}{l_M - 1} \right) \quad \text{式 (1)}$$

Δst : 解析間隔

κ : 曲率

l_M : シールド機全長

6. まとめ

- ① 平面線形，縦断線形，掘進速度については，データ間隔が 10 cm まで解析値は実測値とよく一致したが，20 cm，30cm 間隔の解析値では，偏差が大きく，異なる挙動を示した。
- ② 今回対象現場の最適解析間隔は 10 cm とした。
- ③ 急曲線部の最適解析間隔として式(1)を提案する。

参考文献

1)杉本光隆，A. Sramoon：施工実機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.673/III-54，pp.163-182，2001.3.

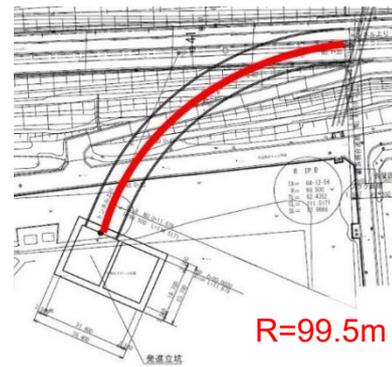


図 1 急曲線区間図

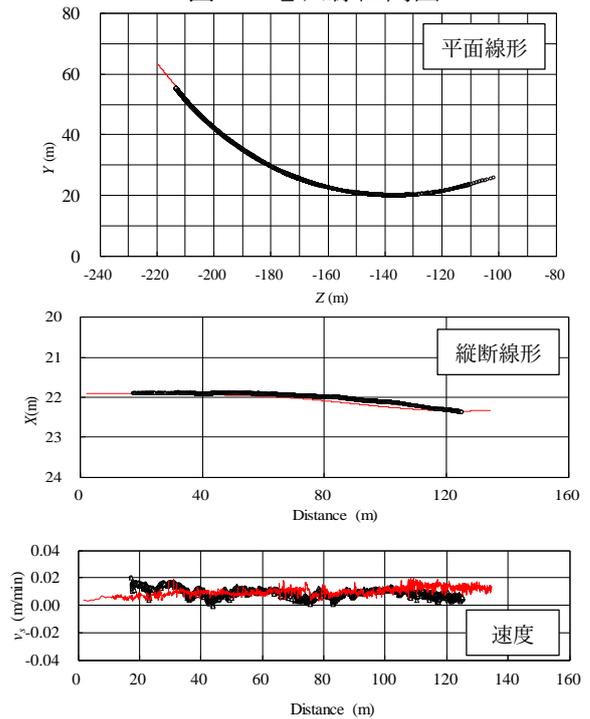


図 2 解析結果

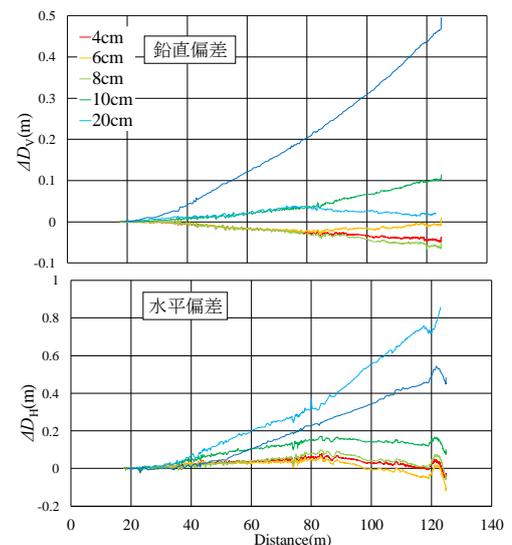


図 3 偏差 (2 cm シミュレーション基準)