

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

長岡技術科学大学 学 〇高見和稔, 学 田代小牧, 正 杉本光隆
西松建設 斉藤勇樹, フェロー 三戸憲二

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（以後、解析間隔と呼ぶ）の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 に示す曲線半径 99.5m の急曲線トンネルである。

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した。また、本解析では、1 Ring 毎に 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30cm 間隔の 7 ケースを設定した。

3.2. 地盤条件等の推定

現地の地盤条件はボーリング調査により得られるが、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した。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、現場計測速度と解析による速度が一致するように、シミュレーションによるトライアルを行い、カッターフェイス法線方向の切羽土圧の補正係数を設定した。

3.3. シールド機挙動シミュレーション

まず、上記で設定した「入力データ」と 2 cm 間隔のデータをシールド機動力学モデル¹⁾に入力して、シールド機挙動シミュレーションを行い、平面線形、縦断線形と速度の解析値が実測値と一致する「地盤条件等」を推定した。次に、これらの「入力データ」と「地盤条件等」を用いて、他の解析間隔でシールド機挙動シミュレーションを行い、2 cm 間隔の解析結果と比較した。

4. 解析結果・考察

解析間隔 2cm のケースでの、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、掘進速度の実測値と解析値を概ね一致さ

キーワード
連絡先

解析間隔, 急曲線施工, 余掘り, 平面線形, 縦断線形, 掘進速度
〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 TEL0258-47-9618

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、解析間隔 2 cm 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、解析間隔 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、解析間隔 20, 30 cm のシミュレーション結果は解析間隔 2 cm からの偏差が増加した。また、水平偏差については、解析間隔 4~10 cm のシミュレーション結果は同様の挙動を示すが、解析間隔 20, 30 cm のシミュレーション結果はそれらと異なる挙動を示した。

5. シミュレーション間隔の設定法

上記から、本現場の最大解析間隔を 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 0.011rad なので、10 分割すると 0.001rad となる。以上より、中心角度 0.001rad 毎に解析間隔を設定すれば、トンネル線形を十分に近似できると考えた。さらに、シールド機長が短いと、対応する曲線の中心角度が小さくなるのでことを考慮し、最大解析間隔として、次式を提案する。

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

ここで、

Δst : 最大解析間隔

κ : 曲率

l_M : シールド機全長

α : 定数

である。

6. まとめ

- 1) 平面線形、縦断線形、掘進速度の実測値と解析間隔 2 cm の解析値は概ね一致した。
- 2) 平面線形、縦断線形、掘進速度の解析値は、解析間隔 10 cm までは解析間隔 2 cm と良く一致したが、解析間隔 20, 30 cm では解析間隔 2 cm からの偏差が大きくなり、異なる挙動を示した。上記より、本現場での最大解析間隔を 10 cm と判断した。
- 3) 急曲線部の最大解析間隔として式(1)を提案した。

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.

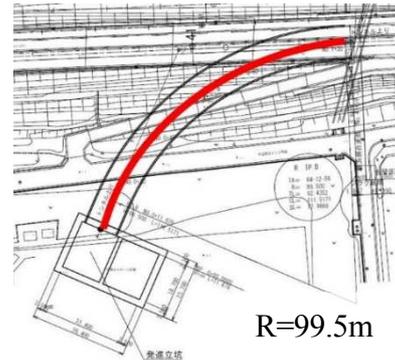


図 1 解析区間平面図

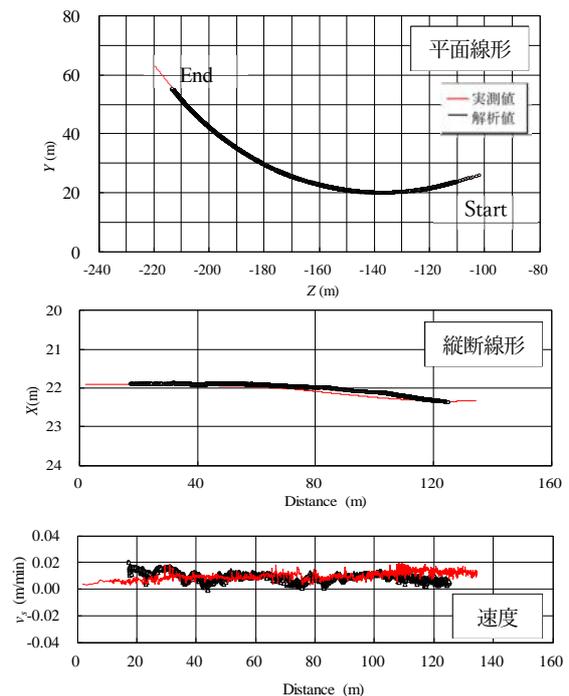


図 2 シールド機挙動

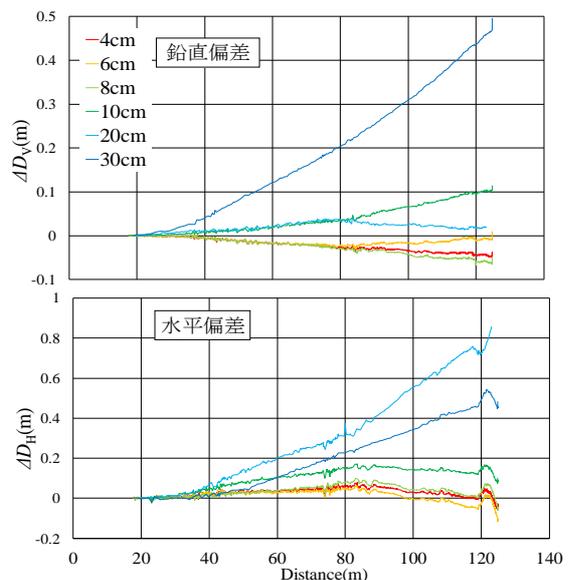


図 3 解析間隔 2 cm を基準とした解析結果偏差