

数値解析による地中拡幅部の先受け工に関する 小口径シールド実現可能性の検討

長岡技術科学大学 学○新井祐太, SOUMPHOLPHAKDY VANNAXAY, 桑原 正也, 正 杉本光隆
安藤ハザマ 正 三木章生, 粥川幸司, 才川欽也

1. はじめに

本線シールドトンネルとランプシールドトンネルをつなぐ地中拡幅部が、市街化された地域の地下に計画される場合、図1に示すように大規模な非開削切り上げ工事により構築する必要がある。切り上げ区間の上下部分の先受け構造物を構築する方法として、図2に示すように本線シールド、ランプシールドから坑内発進する複数の小口径シールド（ $\phi 2\text{m}$ 級）を用いる方法が考えられる。

この構築方法では、坑内発進から切り上げ区間の上下部分の先受け構造物に至るすりつけ区間で、トンネル線形が曲線半径 10m 級の三次元的な急曲線となり、その実現性を検証する必要がある。

そこで本研究では、当該区間を解析対象とし、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し、小口径シールド施工の実現可能性を検討した。

2. 小口径シールドの概要

想定する小口径シールドの概要は次のとおりである（図2）。

- ・発進箇所：本線シールド 11 本
ランプシールド 4 本
- ・トンネル位置：上部 9 本，下部 6 本
- ・発進角度：上下に 30～50 度
- ・最小曲線半径： $R=10\text{m}$
- ・シールド機：中折れ式泥水式シールド
- ・シールド機長 4.555m
- ・シールド機外径 $\phi 2.140\text{m}$
- ・セグメント幅：直線区間 750mm，曲線区間 300mm

3. 検討方法

検討方法は以下のとおりである。

- ①シールド掘進条件を設定する。

- ②シールド掘進シミュレーションを実施する。

- ③感度分析を行う。

- ④テールクリアランスを推定する。

- ①と②について、以下項目毎に詳述する。

(1) シールド掘進条件の設定

ジャッキ力とジャッキモーメント、コピーカッター使用条件、中折れ角度を合わせて、「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。

コピーカッター使用条件と中折れ角度は、シールド操作算定プログラム¹⁾により別途設定した。また、得られた中折れ角とコピーカッター使用条件をシー

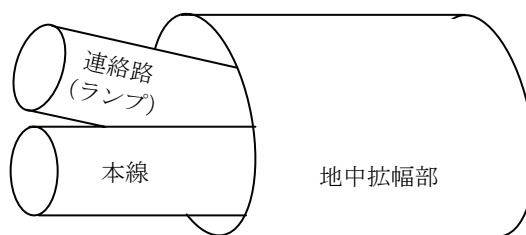


図1 地中拡幅部イメージ

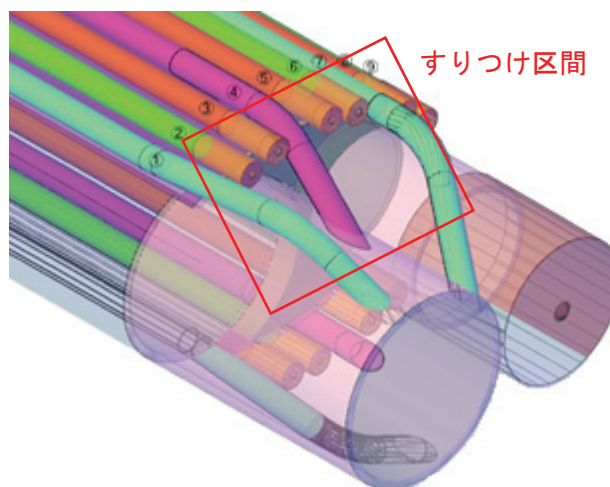


図2 小口径シールドすりつけ区間鳥瞰図

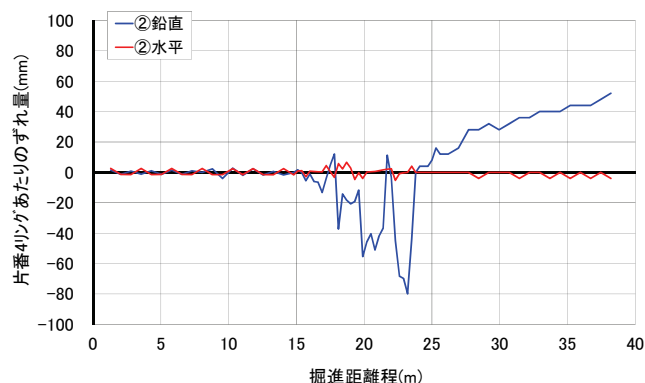


図3 シールドの軌跡 (トンネル②)

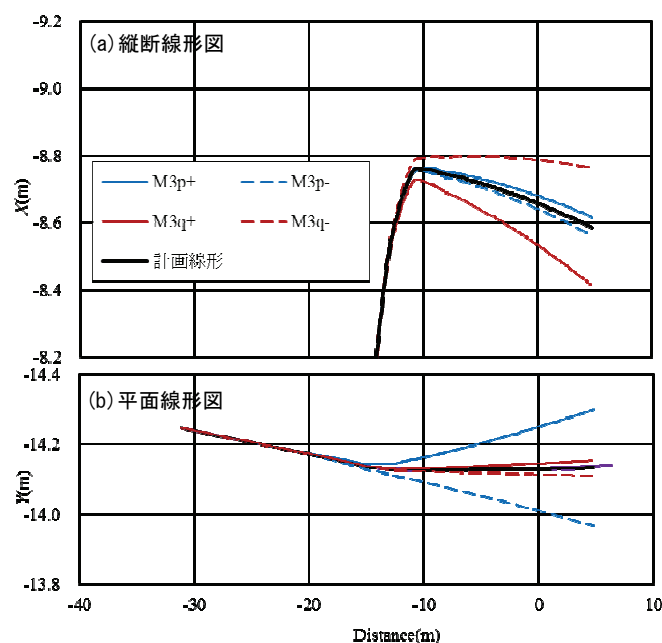


図4 感度分析結果

ルド機動力学モデル²⁾に入力し、小口径シールドの線形条件からジャッキ力とジャッキモーメントを算出した。

(2) シールド機挙動シミュレーション

(1)で設定したデータをシールド機動力学モデル²⁾に入力し、シールド機挙動シミュレーションを行なった。なお、シミュレーションでは、解析で得られるトンネルの線形が計画線形と一致するように、ジャッキ力、ジャッキモーメント、余掘り有効率を調整した。

4. 解析結果と考察

(1) シールド機挙動シミュレーション結果

図3に、15本の小口径シールドのうち、代表として30°上向きに進進する小口径シールドのシミュレーション結果を示す。なお、曲線半径10mのすりつ

け区間では、シールドの方向制御を片番毎(セグメント幅300mm×4リング/片番=1.2m毎)に行うことを想定し、解析結果を整理した。

いずれのトンネルも中折れ角最大約13.6度、必要余掘り量最大110mmの条件で、想定の変差(ずれ量±100mm)以内で曲線を通過できること、シールドの方向制御が可能であることを確認した。なお、本解析結果はシールドルーフすりつけ部の全区間を一度に解析したものである。実際の施工では、計画線形とシールドの実際の軌跡を比較し、必要に応じて方向制御を実施することで、施工精度のさらなる向上を図ることができる。

(2) 感度分析

上記のシールド機挙動シミュレーション結果を基に、ジャッキ水平モーメントM3p、ジャッキ鉛直モーメントM3qを、通常使用される最大モーメントの10%増加(図4中+)、減少(図4中-)させて、ジャッキモーメントのシールド挙動への感度分析を行った。その結果、図4に示すように、コピーカッターを用いているトンネル曲線部で、シミュレーション終了時にはトンネル横断・縦断方向に約170mmのずれが生じた。

このことより、実施工では、必要に応じてジャッキパターンを行うことにより、計画線形をより高い精度で掘進できるものと考えられる。

5. まとめ

本検討では、φ2m級の小口径シールドでの三次元的な急曲線施工の可能性を、シールド機動力学モデルを用いて検証した。その結果、適切なシールド掘進条件を設定すれば、トンネル線形を維持できることがわかった。今後これらの成果を踏まえ、さらなる小口径シールド施工の効率化を検討する予定である。

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の制御手法, 第66回土木学会年次学術講演会講演概要集, III-113, 2011.9.
- 2)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.