

シールド掘進による周辺環境への影響に関する解析手法の検討

リテックエンジニアリング (株) 正会員 ○山本 英雄 井出 香澄
リテックエンジニアリング (株) 志治 夏実

1. はじめに

近年、都市部におけるシールド工法による大断面トンネル工事が計画されており、シールド掘進による周辺環境への影響を精度よく予測・評価する解析手法の重要性が高まっている。小坂らは、より高い精度でシールド掘進による影響を再現するため、3次元モデルによる掘削影響解析手法を開発した⁽¹⁾。この解析手法を基に筆者らが行った、低土被り発進・到達や構造物への超近接施工など、特殊な条件下におけるシールド掘進による周辺環境への影響を再現する解析手法の検討について報告する。

2. 解析モデルの改良

解析による実施工の再現性の向上を図るため、本検討では、小坂らが開発した解析モデルにおいて次の改良を行った。モデル化の概要を図-1に示す。

(1) 切羽圧・裏込め注入圧の载荷方法

シールド掘進に伴い変化し、トンネル頂部から底部にかけて分布载荷する方法に変更した(図-2)。

(2) 余掘り部充填材注入工法のモデル化

シールド通過時の地表面沈下やトンネル周辺地盤の挙動に着目し、余掘り部充填材は注入後も硬化せず剛性が小さいため、固体としてソリッド要素でモデル化しても実際の変位抑制効果を再現できないことから、注入圧をトンネル掘削面に载荷する方法に変更した。

(3) 内部荷重の载荷方法

シールド通過後、セグメントで構築されたトンネル内部に作用する荷重として、後続台車およびインゴット(鋼製ウェイト)を追加した。シールド掘進に伴い移動する後続台車は、解析ステップの進行に伴い変化する荷重としてモデル化した。

3. 解析方法

本検討の解析モデルを図-3に示す。地盤およびシールドマシン、セグメントなど構造物をソリッド要素(弾性体)でモデル化し、シールド掘進長1mを1解析ステップとした有限要素法による3次元逐次掘削解析を実施した。ステップごとに、地盤要素の削除とシールド鋼殻およびセグメント要素の出現を繰り返し、地盤要素の削除と同時に掘削解放力と切羽圧や裏込め圧などを载荷し、シールド掘進によりトンネル周辺地盤に発生する変位量を算定する。地盤物性は沖積粘性土を想定し、弾性係数 $E=14,000\text{kN/m}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.40$ 、単位体積重量 $\gamma=20.0\text{kN/m}^3$ とした。

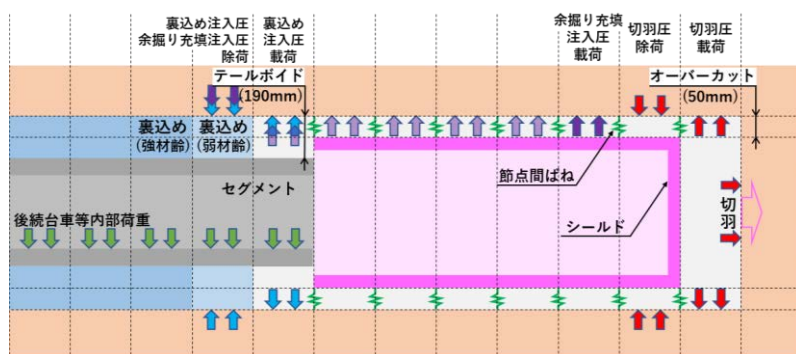


図-1 モデル概要図

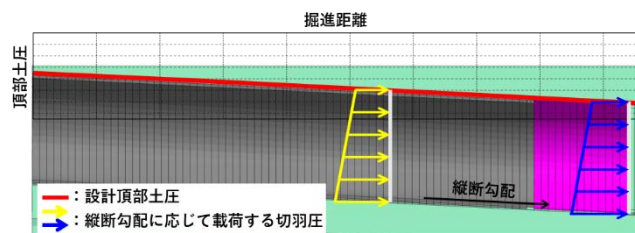


図-2 切羽圧の設定

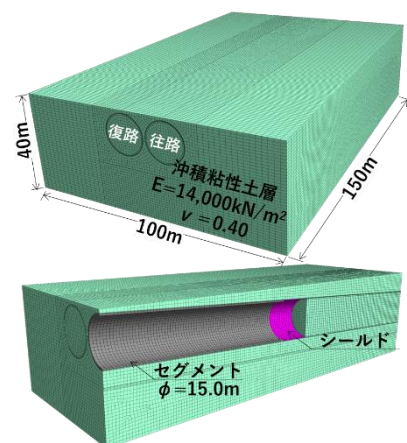


図-3 解析モデル図

キーワード シールドトンネル、充填材注入工法、3次元掘削影響検討解析
連絡先 〒107-0052 東京都港区赤坂6丁目4番2号
リテックエンジニアリング (株) TEL03-6229-6851

4. 解析ケース

本検討では、余掘り部充填材注入工法のモデル化に着目し、表-1に示す余掘り充填注入圧と裏込め注入圧をパラメータとする解析ケースを実施した。Case1・2・5は、裏込め注入圧を固定し余掘り充填注入圧を変化させ、Case3・4・5は、余掘り充填注入圧を固定し裏込め注入圧を変化させ、解析モデル中央に設定した着目位置において、シールド掘進に伴い発生する地表面およびトンネル周辺地盤の変位量を算定する。

5. 解析結果と再現性の評価

(1)シールド掘進に伴う地表面と掘削面沈下量(図-4～7)

Case1・2・5から、余掘り充填注入圧の違いによるシールド通過時の地表面沈下量と沈下速度に違いが見られる。Case1とCase2は1.6mm、Case2とCase5は10.4mmの違いがあり、地表面沈下量と余掘り充填注入圧は比例していない。

Case3・4・5から、裏込め注入圧の違いによる地表面の最終沈下量に違いが見られる。Case3とCase4は5.2mm、Case4とCase5は6.0mmの違いがあり、地表面沈下量と裏込め注入圧はおおよそ比例している。

シールド掘進に伴う掘削面（トンネル天端）の沈下量の変化を図-6,7に示す。Case1・2では余掘り部の空隙が閉じて沈下が大きく発生しているが、一方Case5では余掘り充填注入圧による変位の抑制効果が発揮されている。

(2)シールド掘進に伴うトンネル中心高さ側方地盤の水平変位量の変化(図-8,9)

シールド到達前から通過後までの、トンネル側へ地盤が変位する挙動が再現されている。

以上の解析結果から、余掘り充填注入圧の荷重量の違いにより、シールド掘進中に発生する地表面沈下量と沈下速度が変化し、裏込め注入圧の荷重量の違いにより、シールド通過後の地表面沈下量が変化することが確認できた。本解析手法を用いて、余掘り充填注入圧と裏込め注入圧を適切に荷重することにより、シールド掘進が周辺地盤へ与える影響の再現性を向上できることを確認した。

6. おわりに

以上、シールド掘進による周辺環境への影響解析の再現性向上について報告した。今後、都市部における難易度の高いシールドトンネル工事に対応できるよう、さらなる精度の向上に努めていきたい。

参考文献

(1)小坂他：3次元モデルによるシールド掘削影響解析（その2）、土木学会第73回年次学術講演会、2018、

表-1 解析ケース

	余掘り充填 注入圧	裏込め 注入圧
Case1	0%	100%
Case2	50%	100%
Case3	100%	0%
Case4	100%	50%
Case5	100%	100%

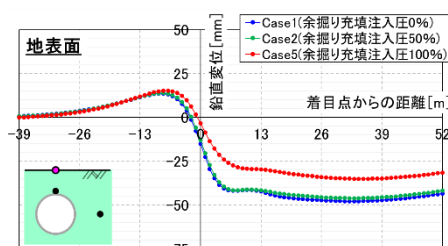


図-4 地表面沈下量の経距変化
(余掘り充填注入圧の比較)

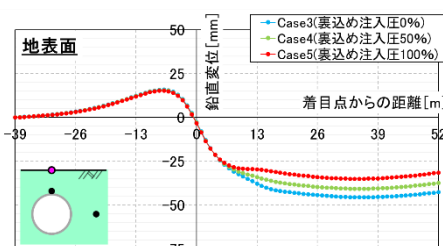


図-5 地表面沈下量の経距変化
(裏込め注入圧の比較)

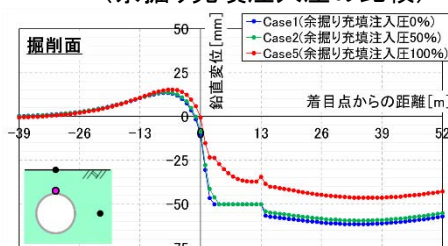


図-6 掘削面沈下量の経距変化
(余掘り充填注入圧の比較)

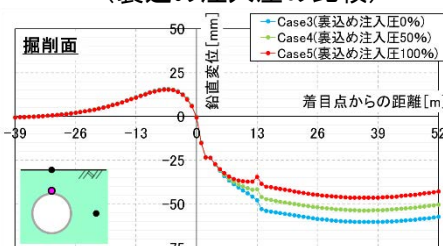


図-7 掘削面沈下量の経距変化
(裏込め注入圧の比較)

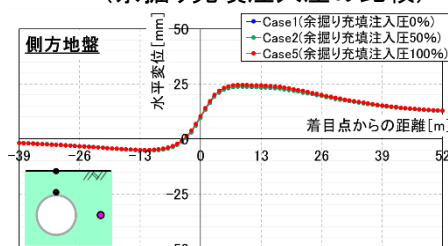


図-8 側方地盤水平変位の経距変化
(余掘り充填注入圧の比較)

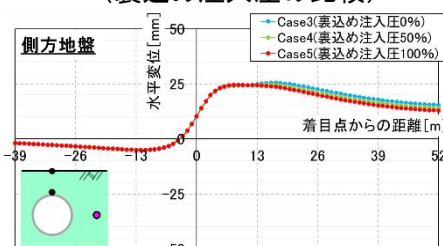


図-9 側方地盤水平変位の経距変化
(裏込め注入圧の比較)