# 3次元モデルによるシールド掘削影響解析(その2)

鹿島建設(株) 正会員 ○小坂琢郎 大谷芳輝 玉田康一 梶川初太郎 リテックエンジニアリング(株) 山本英雄 白男川彩子

### 1. はじめに

近年,シールド掘進による周辺環境への影響を精度良く予測・評価する解析手法の重要性は高まっている.

筆者らは、このような背景から、より高精度にシールド掘進による影響を再現するための、3次元モデルによる 掘削影響解析手法を開発中である.

既報<sup>1</sup>の解析モデル(以下旧モデルと称する)では、オーバーカットによる余掘り部の沈下を再現するため、便 宜的にオーバーカット分の強制変形を与えていたが、今回はモデルを改良し、掘削解放力と切羽圧などの荷重と、 地盤や裏込め注入材等の剛性との力の釣合いから周辺への影響が求められるよう、より詳細な解析モデルを開発し たので報告する.

# 2. 新しい3次元モデルの特徴

### 2.1 シールド掘進幅

旧モデルでは 40cm ごとにシールドを掘進させるモデルとしたが,解析で扱うデータ量が大きくなり,計算に時間 を要することから,新しい3次元モデルでは,図-1に示すように 80cm ごとにシールドを掘進させるモデルとし た.そのため,切羽圧,裏込め注入圧ともに 80cm ごとに作用させた.

#### 2.2 余掘り部のモデル化

オーバーカットによる余掘り部は10mm厚(幅80cm)のソリッド要素とし、シールド本体は剛要素とした.また、 シールド掘削面とシールド本体スキンプレートとの間には『接触要素』を設置した.『接触要素』は、切羽圧が除荷 された後、掘削面の地盤が変位する際に、掘削面がシールド本体スキンプレートに接するまでしか変位しない(≒ 掘削面の最大変位がオーバーカット量以下となる)ように制限する.

なお、切羽圧が除荷された後方のオーバーカット部は、泥土や未硬化の裏込め充填材で満たされている状態を想定し、剛性(1,000kN/m<sup>2</sup>)のあるソリッド要素を配置した(図-1).

### 2.3 切羽圧作用範囲

シールド周囲には図-1 のように切羽圧を考慮した.これは、切羽圧のシールド周囲への回り込みを考慮したものである.新しいモデルでは、切羽後方に約80cm(1掘進長)まで作用する状態を想定した.



図-1 モデル概念図

キーワード 3Dモデル,掘削影響解析,接触要素,切羽圧,裏込め注入圧,オーバーカット 連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂6丁目5-30 鹿島建設(株) 土木設計本部地下空間設計部 TEL03-6229-6617

-153

# 2.4 テール部のモデル化

テール部における裏込め注入(即時注入)の施工状態を模擬するため、図-1に示すように、テールの80cm後方から裏込め注入圧を80cm分作用させることとした.裏込め注入圧を除荷したその後方には、弱材齢の裏込め注入材の剛性(1.44×10<sup>6</sup> kN/m<sup>2</sup>)を有するソリッド要素を配置した.また、さらにその後方には、硬化した裏込め注入材の剛性(1.44×10<sup>7</sup> kN/m<sup>2</sup>)を有するソリッド要素を配置した.なお、テールボイドは、110mm 厚(幅 80cm)のソリッド要素(オーバーカット分 10mm を含む 2 要素)とした. **表**-1 地盤の物性値

#### 3. 東京港トンネル発進部の影響解析

既報<sup>1)</sup>での報告と同様に,東京港トンネル(外径 φ 12m)の施工時の変 位実測データにより,新しい解析モデルの妥当性を検証した.解析モデ ル図を図-2に示す。また,解析に用いた地盤の物性値を表-1に示す. 3次元モデルに与える切羽圧や裏込め注入圧は,前回モデル同様,実シ ールド掘進データ(時系列データ)とした.

Е ポアソン比 層名  $(kN/m^2)$  $(kN/m^2)$  $(kN/m^2)$ (deg) 22,400 37 Ts 18.6 0.3 6 Ac1 16.9 16, 80 0. 3 39 10 20.0 201,600 0.3 0 29Ag10.45 0 Ag-c: 16.0 29 Ag2 Ac2 15 0 56 000 0 45 78 0 18.7 44,800 35 As 0.4 ※赤字は物性値変更箇所

図-3 に計測断面における地表面の鉛直変位の実測値と解析結果を示す.実測値と解析結果は概ね一致した.なお,解析では,前回解析の地盤物性値に対して,地盤の変形係数 E を 2 倍(=28N×2)とし,Ts,Ac1 層のポアソン比を 0.45 から 0.3 に変更した. 今後の逆解析(予測解析)においても同様の物性値の補正が必要になることが考えられる.



図-2 解析モデル図

### 4. 感度分析

新しい解析モデルの汎用性を確認するため,東京港トンネ ル発進部の影響解析モデルを用いて,代表的な解析条件をパ ラメータとして地表面変位の感度分析を行った.図-4 に感 度分析結果を示す.感度分析の結果,以下の傾向が確認できた.

- 1) 周辺地盤の変形係数 E が小さいほど、切羽前隆起量は大きくなり、最終沈下量も大きくなる.
- 2) 切羽圧が(初期地圧より)小さいほど,切羽前隆起量は小 さくなり,その分,最終沈下量は大きくなる.
- 切羽圧のシールド後方への回り込みを考慮するほど、通 過時の地表面の沈下速度は遅くなり、裏込め注入圧の影 響は軽減される。



### 図-3 計測断面における地表面の鉛直変位



### 図-4 感度分析結果

### 5. おわりに

以上,新しい3次元モデルによるシールドの掘削影響解析について報告した.今回得られた知見を基に,シール ド掘進のさらなる予測精度の向上に努めて行きたい.

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, 土木学会第 71 回年次学術講演会, 2016, VI-854

-153