

III-B 171

多孔質体地盤モデルのシールド掘削解析への適用の試み

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 新井 泰
 正会員 小山幸則
 正会員 松本吉雄
 正会員 小西真治

1. はじめに

既設構造物に近接してシールドを掘削する場合の影響予測手法には、簡便性から地盤物性値 E 、 ν を用いた有限要素法解析（以下解析と記す）が広く用いられている。しかし、実地盤は砂・礫質土と粘性土との互層であることが多く、被圧水頭も各層ごとに異なるため、この手法だけで実現象を十分表現できるとは限らない。ここでは、裏込め注入圧による内圧効果を考慮した、テール部における応力状態についての解析¹⁾を既施工シールドについて行い現地計測結果との比較を行った。また、地質調査報告書の試験結果を解析に的確に反映させるための1つの試みとして、地盤全体を間隙比の変化を考慮できる多孔質体として、地盤物性値 E 、 ν による解析結果との相違についても考察した。なお、解析には汎用コード ABAQUS を用いた。

2. 解析条件

解析は2次元平面ひずみ問題、有効応力解析として行った。また諸条件は以下に示す通りとした。

2.1 地質条件（表1）

シールド（外径 7.15m）は沖積粘性土（Ac1, Ac2）層中に施工され、スプリングラインより上部はN値が0～1のシルト・砂混じりシルト層、下部はN値が2～9の粘性土層である。また、これより上方は埋土と沖積砂質土層、下方は洪積砂・礫質土層と洪積粘性土層との互層である。

2.2 地盤物性値（表1）²⁾

砂・礫質土層は弾性体と仮定し、多孔質体の弾性率 κ を現位置試験から得られる変形係数と初期間隙比から求めた。また、粘性土層は Cam-clay モデルによる弾塑性体と仮定し、各パラメータは室内土質試験結果から得られる値を用いた。

2.3 影響度解析パラメータ

影響度解析パラメータとして補正係数（解放率） α を選び 0.2、0.4、0.8 の3種類について解析を行った。

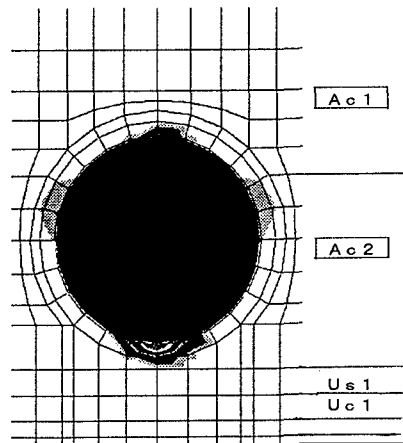
2.4 解析手順

解析は以下の手順で行った。

- ①自重解析を行う。
- ②素掘り解析により掘削面部の節点荷重を算出する。
- ③裏込め注入圧は等偏分布していると仮定して掘削面部の節点荷重に変換する。
- ④②と③の節点荷重の差に補正係数 α を乗じた節点荷重を掘削面部に作用させる。

表1 地質条件と地盤物性値

層厚(m)	地質分類	λ	κ	M	ν	e_0
2.00	Rd	---	0.002	---	0.380	0.560
2.80	As1	---	0.005	---	0.370	0.387
4.70	Ac1	0.191	0.025	1.244	0.341	1.148
7.70	Ac1	0.191	0.025	1.244	0.341	1.058
5.50	Ac2	0.243	0.033	1.218	0.344	1.246
0.90	Us1	---	0.005	---	0.230	0.486
0.85	Uc1	0.243	0.033	1.218	0.344	1.225
0.55	Us1	---	0.010	---	0.310	0.486
0.30	Uc1	0.243	0.033	1.218	0.344	1.215
3.25	Ug	---	0.020	---	0.210	0.486
5.15	Os1	0.634	0.090	0.838	0.436	2.520
2.40	Os	---	0.008	---	0.210	0.640
7.20	Os	---	0.009	---	0.210	0.640

図1 塑性ひずみの分布（ $\alpha = 0.8$ の場合）

3. 解析結果

3.1 塑性ひずみ分布（図1）

塑性ひずみは補正係数 α が0.4と0.8の場合において発生した。なおインバート部で大きくなっている理由としては、地質がシールドの直下で急変化していることによる影響と考えられる。

3.2 水平方向変位（図2）

粘性土層部に Cam-clay モデルを適用したため、弾性範囲内では弾性率 κ による対数体積変化解析となり、地盤物性値 E 、 ν の解析結果と比べて計測結果の傾向を表現できたと考えられる。また、今回の事例では補正係数 α が0.4の場合の解析結果が計測結果に最も近くなったが、同種の解析における α が0.4前後であることを考慮すると、この結果は概ね妥当であると考えられる。

3.3 地表面の鉛直方向変位（図3）

裏込め注入装置はシールド機の天端付近にあり、注入直後は吐出圧により注入装置近傍地盤のひずみが上昇する。これは地盤の隙間に注入材料が浸透する過程において生ずる一時的な現象であり、その後地盤が下方へ変位して落ち着くものと考えられるため、注入圧を節点荷重に置換する手法で常にトンネル天端より上方の鉛直方向変位を適切に表現できるとは限らない。

4. まとめ

今回の解析についての検討結果を以下に示す。

①掘削による応力解放や、互層モデル化時の地盤物性値の急変化による塑性ひずみの発生状況を把握した。
②粘性土層の弾塑性状態は、初期間隙比と先行圧密荷重の大きさに依存していると考えられており³⁾それらと地盤深度との関係を考慮して初期降伏曲面を定めることにより、概ね妥当な位置に塑性ひずみを得た。

③沖積粘性土層の解析に Cam-clay モデルを適用する

ことにより、水平方向変位は地盤物性値 E 、 ν の解析結果と比べて計測結果と比較的良好一致をみた。

今回は1事例のみの検討であったが、より厳密な影響予測手法を確立するためには今後検討ケースを増やすほか以下に示す検討が必要である。

①多孔質体地盤モデルは、土の間隙比の変化を考慮できるモデルであり、泥水や裏込め注入の影響を浸透流解析等により評価する土/水の連成解析を行う必要がある。

②補正係数 α のほか λ 、 κ 、 M 、 ν 等の弾塑性解析用パラメータについての影響度解析を行う必要がある。

③2次元解析において3次元効果を考慮するためのパラメータである補正係数 α と、地質条件等との関連性について検討するために3次元解析を行う必要がある。

最後に、解析に際して貴重な資料を御提供頂いた日本鉄道建設公団の関係各位に深甚なる謝意を表します。

（参考文献）

- 1) 入江健二：首都圏での地下鉄トンネル工事の地質・環境に関わる問題，日本応用地質学会シンポジウム，1992年5月
- 2) 地盤と構造物研究委員会：弾・粘塑性モデルを用いた地盤の変形予測（地盤グループ），（社）建設コンサルタンツ協会近畿支部，昭和58年3月
- 3) 入門シリーズ13 土の強さと地盤の破壊入門，土質工学会，昭和62年7月

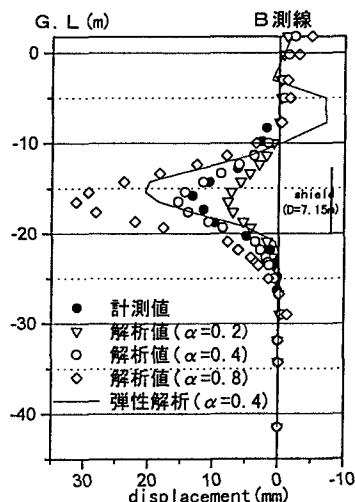


図2 水平方向変位（B測線）

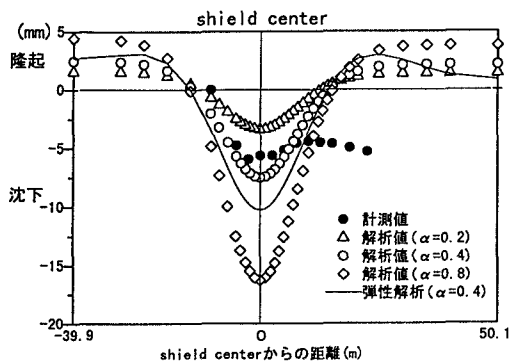


図3 地表面の鉛直方向変位