

III-63

泥土圧シールドの3次元地盤変形解析に関する一考察

大成建設 正員 桑田 尚史
 大成建設 正員 亀村 勝美
 大阪市 建設局 正員 高島 伸哉
 (財)大阪土質試験所 正員 橋本 正

1. はじめに

本報告は、大阪で施工された泥土圧シールド工事において実施された地盤変形計測結果¹⁾を3次元有限要素法による逐次掘削解析により評価したものであり、3次元解析をシールドトンネルへ適用する場合のモデル化とその問題点について述べたものである。

2. 解析断面及び施工条件

土質柱状図及び解析断面を図-1に示す。¹⁾

解析断面は横断面内に計測器を多数設置しているSA-4測点とした。

SA-4測点の土質状況は、トンネル上部に約3mの粘土層がありその上部に砂層が6m程度分布している。砂層はN値が3~10程度、粘土層は5~16程度を示し、特にトンネル天端付近の粘土層は比較的強度が高い。

また、施工は切羽土圧に静止土圧を考え、SA-4測点では切羽管理土圧を1.5kgf/cm²程度とし、裏込注入圧は切羽管理土圧より2kgf/cm²程度大きい3.4kgf/cm²であり同時注入方式を採用している。

3. 計測結果

計測結果の詳細は文献1)に述べられており、ここではSA-4測点の最終沈下分布を図-2に示す。図-2よりSA-4測点での最終沈下量はトンネル天端直上で10mm、地表面で6mm程度であり、経時変化図によればSA-4測点のトンネル天端直上では切羽到達2~3リング前より沈下が始まり、テール通過後7リング程度でほとんどおさまっている。¹⁾

4. 3次元有限要素法による評価

シールド掘進時の地盤変状を3次元有限要素法により評価するには施工状態を再現するために、1)切羽の応力状態、2)シールドマシンの存在、3)テールボイドの応力解放、4)裏込硬化後のセグメントの支保効果を考慮した逐次掘削解析を行う必要がある(図-3参照)。

今回の解析では上記1)~4)を以下のようにモデル化した。

- 1)切羽面の水平変位を拘束
- 2)剛性の高い要素の付加
- 3)シールドマシン部の要素の削除による解放力の付加
- 4)セグメントの諸元・剛性を考慮した要素の付加

また逐次掘削の手順は、まず切羽部で地盤要素を1リング分(1.0m)削除し掘削解放力を作用させるとともに、地盤要素を削除した部分にシールドマシン要素を付加する。さらにテール部ではシールドマシン要素を削除して応力解放力を作用させセグメント要素を付加する。ただし、セグメント要素とシールドマシン要素の間にはテールボイド長に相当する分だけの素掘り区間を設け、この素掘り区間には裏込注入圧と応力解放力とを同時に作用させることとする(図-4参照)。

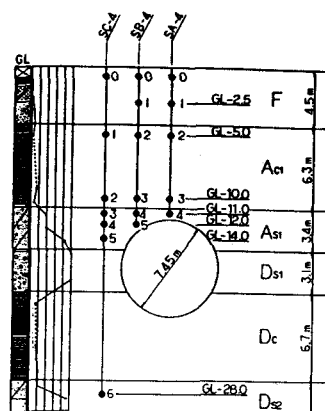


図-1 解析断面図

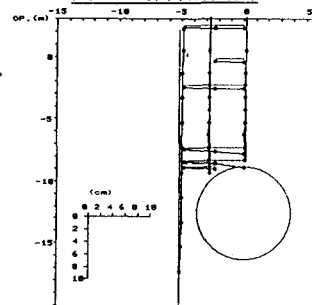


図-2 解析結果

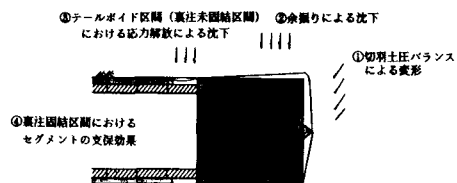


図-3 解析で考慮すべき地盤挙動

図-4に示す解析手順で解析結果に大きな影響を及ぼすと考えられるものは、シールドマシンの剛性、テールボイド長、裏込注入圧の評価である。すなわち、シールドマシン部の剛性を極端に大きくすればシールドマシン周辺の変形を評価できず、またテール部の沈下はテールボイド長と裏込注入圧の評価次第では、大きくも小さくもなることが予想されるからである。

そこで、ここではシールドマシンの剛性は周辺地盤の10倍とし、テールボイド長は1リング分(1.0m)、裏込注入圧は切羽管理圧の天端位置の圧力(約1.0kgf/cm²)として解析を実施した。

解析モデルを図-5に、土質定数を表-1に示す。表-1の土質定数は砂層については $E=5N+70$ kgf/cm²、粘土は $E=105q_u$ kgf/cm²とした。²⁾

解析は全部で10ステップ行い、1ステップは初期応力設定とし、2ステップは初期掘進として数リング分まとめて地盤要素を削除しシールドマシン及びセグメント要素を付加した後、3ステップ以降逐次掘削を8ステップ繰り返した。

解析結果を図-6～図-8及び表-2に示す。図-6はSA-4-4測点位置の鉛直変位の推移を示し、図-7は最終ステップの横断方向の鉛直変位分布を示している。

表-2より最終沈下量は計算値の方が計測値より大きくなっている。これはテールボイド部の沈下が計算の方が大きくなっているためであり、計算では裏込注入圧を実際の作用圧より過少に評価したためと考えられる。またテールボイド長が実際には1リング以下であった可能性もある。

4. まとめ

今回の検討よりシールドの3次元逐次掘削解析では、

- ①シールドマシンの評価
- ②テールボイド長の設定
- ③裏込注入圧の設定

が課題であり、今後ともこれらのモデル化、数量化について検討を加える所存である。

図-7 最終変位分布図

表-2 計測値と計算値の比較

計測点	GL-0.5	GL-2.5	GL-5.0	GL-10.0	GL-11.0	GL-12.0	
SA-4	計測	5.1	6.0	6.2	10.0	11.0	
	計算	4.7	5.2	6.1	10.7	13.7	
SB-4	計測	4.3	4.5	4.6	5.0	4.5	3.5
	計算	4.4	4.8	5.5	7.8	8.6	9.5
SC-4	計測	3.0	—	3.1	2.0	1.5	2.0
	計算	3.7	3.9	4.2	3.8	3.4	2.7

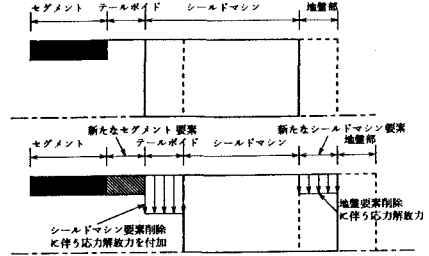


図-4 解析手順

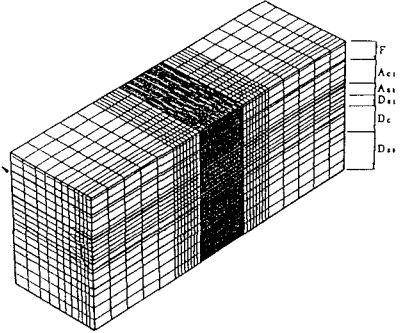


図-5 解析モデル

表-1 土質定数

層	平均N値	単位体積重量 (t/m ³)	内摩擦角 (°)	粘着力 (t/m ²)	弾性係数 (t/m ²)	ポアソン比
F	5	1.6	25	0	950	0.33
Acl	2	1.6	0	5	1050	0.45
Acl	10	1.8	29	0	1200	0.40
Dcl	50	1.7	45	0	3200	0.33
Dc	10	1.8	0	6	1200	0.40
Dcl	50	1.9	45	0	3200	0.33

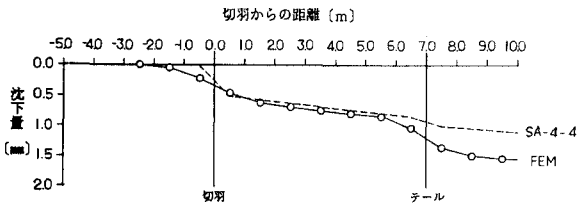


図-6 縦断方向変位分布図

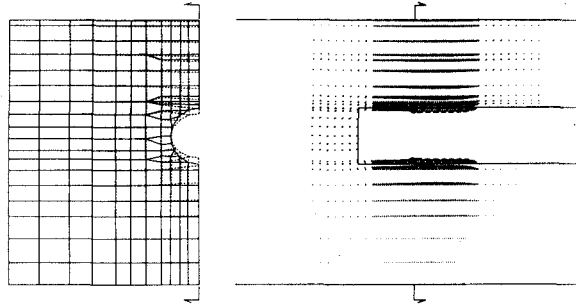


図-8 変形図

(参考文献)

- 1) 益田、松田、橋本他：泥土圧シールドの掘進条件とそれに伴う地盤変形 土木学会第46回年講、Ⅲ
- 2) 竹山、葛野：鉄道シールドの施工に伴う地盤沈下とその予測 トンネルと地下、No.14.9、1983.9