

Ⅲ-653

シールド掘削時の地盤変形機構について

東洋建設(株) 鳴尾研究所 正会員 ○ 加藤 泰寛

同上 正会員 三宅 達夫

同上 正会員 濱田 雅美

1. はじめに

軟弱な粘性土地盤においてシールド工事を行う際に問題となるのは、主として近接構造物に対する被害や地山の崩壊、トンネルの変形等である。このような工事では、掘削時に地山がどのような挙動を示すかを予測することが重要であり、近年、多くの研究、開発が行われている。そこで本研究では、シールド模型装置を作製し遠心模型実験を行うことにより、シールド掘削時の切羽通過後のテールボイドや裏込め注入による地山の变形機構の解明と予測手法の解明を目的とする。今回は、切羽通過後のテールボイドにより発生する地表面沈下および応力変動について検討したので報告する。

2. シールド模型装置

シールド模型装置は鋼製のリングで作製したものであり、スクリージャッキを可動させるとにより、このリングは収縮し、テールボイドの発生を模擬することが可能である。なお、本装置には土圧計を埋設し、リングの収縮に伴い作用する土圧変化が測定可能である。また、実験時には0.5mm厚の鋼製ラバーと、さらに0.2mm厚のメンブレンを取付け、模型地盤に設置する。今回、模型の初期径 D_0 は67mmである。模型概要図を図-1に示す。

3. 実験方法および条件

本実験に用いた試料は、神戸粘土に豊浦標準砂と標準砂の碎粉を乾燥重量比で2:1:1の割合で混合したものである。地盤の作製はまず、初期含水比を70%に調整し十分脱気した試料を、1G場において圧密圧力 $P=1.25\text{kgf/cm}^2$ で圧密した。予備圧密終了後、地表面を整形し試料容器を遠心ピットに移動し、遠心加速度87gにて遠心自重圧密を行った。自重圧密終了後一旦遠心載荷を停止し、模型地盤にシールド模型装置を設置し、再度遠心載荷を行う。その後、間隙水圧が落ち着くのを確認し、非排水状態で模型を収縮させテールボイドを発生させた。なお、収縮前の地盤厚は30cmである。実験時は地表面沈下量、間隙水圧およびシールド作用土圧の計測を行った。計測位置を図-2に、実験条件を表-1にそれぞれ示す。また、掘削時の変形モードの概略を把握する目的で、模型地盤を掘削し初期直径40mmの素掘りトンネルを作製し、遠心加速度を段階的に100gまで上昇させた遠心載荷実験も行った。

4. 実験結果

実験は3ケースともテールボイド発生後、一旦模型の収縮を停止し、再度収縮を行った。地表面沈下量の計測結果を図-3、4に示す。図より、収縮開始よりシールド直上部の沈下量が大きく、直上部からの距離が離れる程沈下量は減少する傾向にあり、図-4に示したPeckの予測沈下曲線¹⁾は実験値と

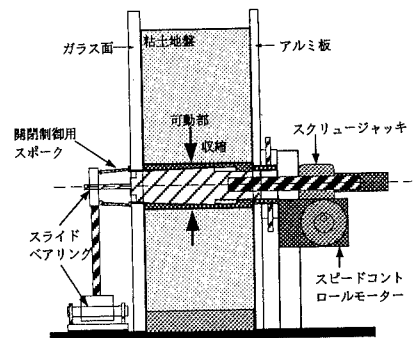


図-1 模型装置概略

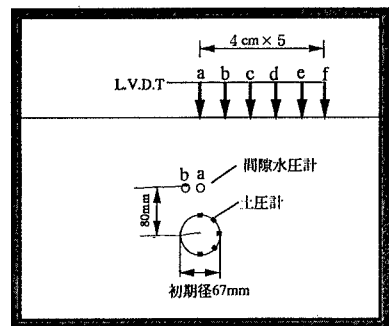


図-2 模型地盤および計測位置

表-1 実験条件

ケース	収縮量 $\Delta D(\text{mm})$	収縮速度 (mm/min)	土被り厚 (mm)
A	1.1	0.09	172
B	4.2	0.15	157
C	4.1	0.59	162

比較的良好一致している。また、収縮過程における即時的沈下量は、全体の沈下量の90%以上を占めており、今回の実験結果では、テールボイド量と収縮速度が異なるものの、case-A

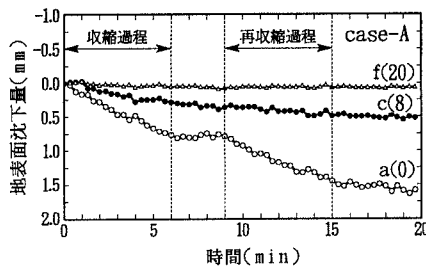


図-3 地表面沈下量経時変化

およびCの沈下量に有意差は見られない。図-5にcase-B、Cにおけるシールド作用土圧分布を示す。図より、スプリングラインからインバートにかけて、収縮後の作用土圧は初期土圧よりも増加しており、地盤内の変位はシールド側方部から下部にかけて回り込むモードで発生していると考えられる。クラウン部作用土圧に関しては、case-Bでは収縮後、土圧は大きく減少するのに対し、case-Cでは若干土圧は増加している。また両ケースともに初期のクラウン部作用土圧は全土圧より大きな値を示している。図-6は素掘りトンネルにおいて、遠心加速度を20gから80gまで段階的に上昇载荷を行った際の軌跡図である。図より地盤内変位はシールド側方部から下方向に回り込んでいるのがわかる。また、実験は遠心加速度を100gまで上昇させたが、トンネルは崩壊せず、若干トンネル下部が隆起していた。図-7にcase-A、Bにおける過剰間隙水圧の経時変化を示す。図より、シールド上部での間隙水圧は収縮から一旦停止するまでの上昇、消散過程の傾向は一致しているが、その後の傾向も含め実験結果の解釈は今後の課題であり、間隙水圧計近傍の地盤の変形挙動を把握する必要がある。

5. おわりに

実験結果より、テールボイド発生後はシールド側方部から下方部に地盤は回り込み、地表面沈下量はシールド直上部で非常に大きいことがわかった。また、今回は上層部が過圧密地盤であった影響からか即時的沈下が全体沈下量の大半であった。しかしながら本実験においては、実験結果を定量的に評価するには至っておらず、地盤の変形機構を解明するには多くの課題を残している。今後、地盤条件や収縮速度を変化させたシリーズや地盤内変位の把握、実験方法の改善等の問題に取り組んでいく予定である。

【参考文献】

- 1) R.B.Peck : Deep excavations tunneling in soft ground, Proceeding, 7th ICSMFE, 1969

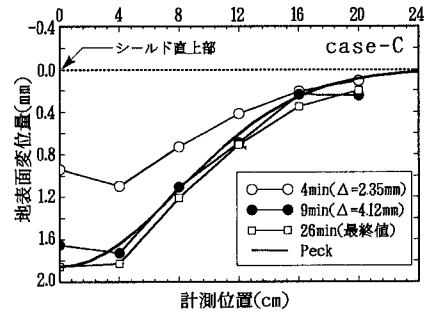


図-4 地表面沈下量

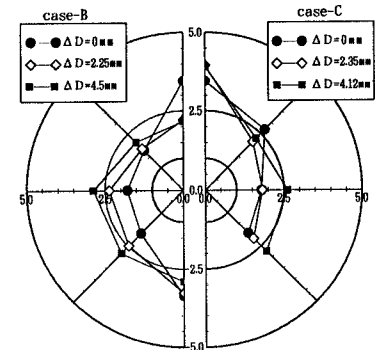


図-5 シールド作用土圧分布

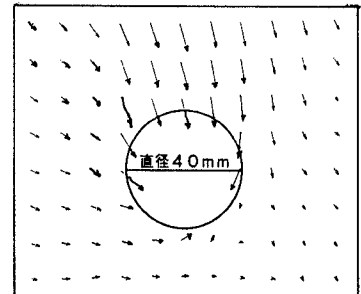


図-6 軌跡図【素掘りトンネル】

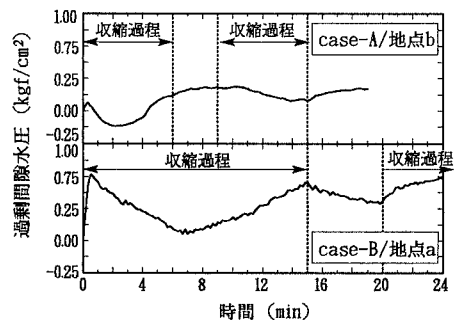


図-7 過剰間隙水圧経時変化