

Ⅲ-B 69

トンネル先受工の地盤変状抑制効果に関する模型実験

建設省土木研究所 正会員 真弓 英大
同 正会員 真下 英人
同 正会員 石村 利明

1. はじめに

近年、都市部周辺での地山強度の比較的低い条件下のトンネル建設が増加している。特に都市部においては、トンネル周辺環境を考慮してトンネル掘削による周辺地盤の沈下を極力抑える必要がある。そのため、都市部周辺で山岳工法によりトンネルを施工する場合には、切羽前方に先受工などの補助工法を採用することが多い。しかしながら、これまで先受工による地盤の抑制効果は確認されているものの、先受の設計方法が確立されていない。そこで、地山強度の比較的低い条件下における山岳工法によるトンネル掘削を想定し、先受工の設置間隔・剛性の違いが地盤の変状効果に及ぼす影響を調べるための3次元の掘削模型実験を実施したので報告するものである。

2. 実験方法

実験は、図-1に示すような土槽を用いて実際に直径 $D=30\text{cm}$ のトンネルを掘削する方法とした。実験は、土槽内に所定の含水比に調整した豊浦標準砂を1層約10cm毎に密度管理しながら地山を作成し、作成途中で予め先受工に相当する材料をトンネル覆工外周面と接触する地山位置に設置し地山を作成する。掘削および覆工の建て込みは、1掘進長として3cm(0.1D)の掘削を手掘りにより行い、その後覆工を逐次建て込む方法とした。掘削長は手掘りで掘削できる限界長の42cmとした。なお、覆工は、アーチ部分と底板部分とから構成され、相互が接触するアーチ部分の脚部の隙間に、反力の小さいバネを挿入しておき掘削面と覆工との間隙を極力なくすようにした。

計測項目は、トンネル中心の縦断方向の1測線の地表面変位をレーザー変位計により測定した。なお、地山の物性値は、本実験に用いた条件に近い含水比 $w=2.5\%$ 、密度 $\gamma=1.2\text{gf/cm}^3$ で、低応力一面せん断試験により粘着力 $c=3.6\text{gf/cm}^2$ 、内部摩擦角 $\phi=32.5^\circ$ が得られている。実験ケースは、土被り比 H/D を0.5、先受工の範囲を天端部分の 120° に固定して、先受工の種類および間隔を変化させて表-1に示す条件で行った。なお、先受工の表面には Epoxy 系樹脂により砂を付着させたものを使用した。

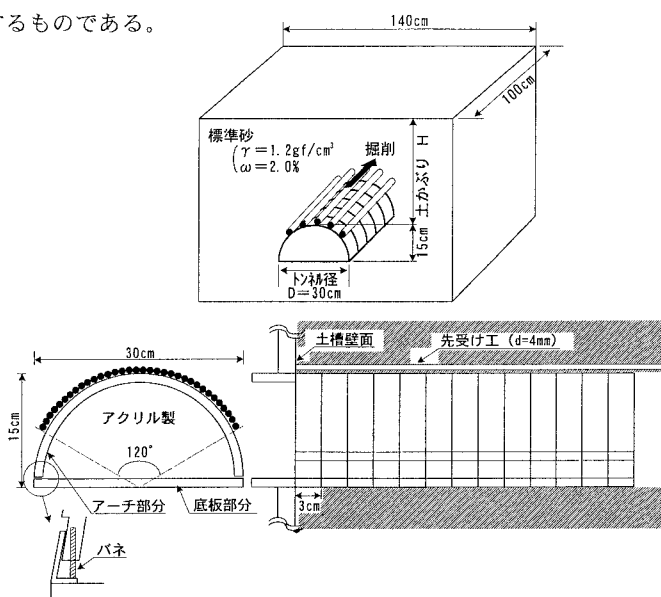


図-1 3次元掘削模型実験の概要

表-1 実験条件一覧表

N0.	土被り比 H/D	先受工の種類	先受工の範囲	材質	先受工寸法(d 径・長さ) (mm)	先受工間隔
1	0.5	なし	—	—	—	—
2		シェルタイプ*	天端 120°	アクリル	厚さ5, 長さ420	—
3		棒タイプ*	天端 120°	アルミ	外径4, 内径2.5, 長さ420	0 (なし)
4				アクリル	外径4, 長さ420	0 (なし)
5						d (1本おき)
6						2d (2本おき)

キーワード；トンネル、先受工、地表面沈下、模型実験

〒305 つくば市旭1番地 TEL 0298-64-4689 FAX0298-64-0178

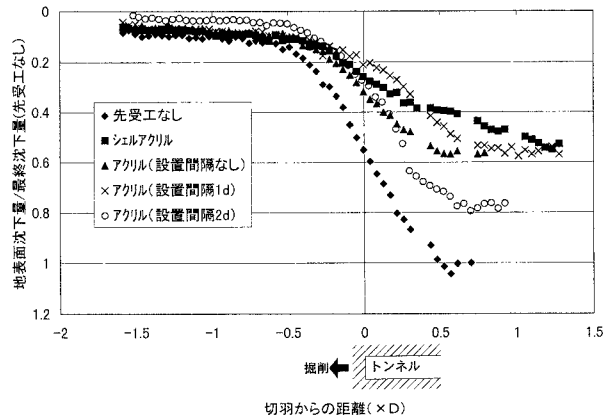
3. 実験結果

（1）先受工の種類による地山変形抑制効果

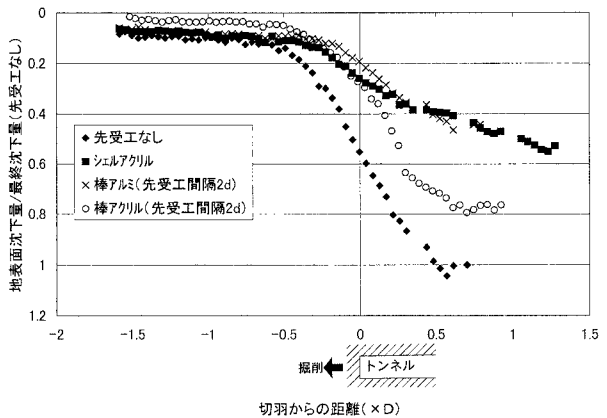
図－2に剛性の異なるケースについて、42cm掘削した後の最終の地表面沈下の比率を切羽位置との関係で示す。地表面沈下の比率は、先受工がないケースの最終沈下量との値で示した。図より、先受工がない場合には、切羽の進行に伴い切羽前方約0.6D程度から変化が現れ始め、切羽位置で最終沈下量の約6割弱の比率となっている。その後、切羽通過後約0.6D程度ではほぼ収束している傾向にある。それに対して先受工のあるケースは、いずれの場合においても地表面沈下の収束後の比率は先受工がない場合に比べて小さくなっており、先受工によって掘削後の地表面沈下の抑制の効果が表れていることが分かる。また、剛性によって収束後の最終の比率が異なり、比較的高い剛性のアルミパイプの比率は、剛性の低いアクリル丸棒に比べて約0.5倍の比率となっており、先受工の剛性によって地盤変形抑制の程度が異なることが分かる。

（2）先受工の設置間隔による地山変形抑制効果

図－3にアクリルの先受工の設置間隔が変化したケースについて、42cm掘削した後の最終の地表面沈下の比率を切羽位置との関係で示す。図より、ごぼ収束した後の最終の比率は、設置間隔が1本のケースまでは、棒状の先受工をトンネルの天端上部を連続体として先受けする、いわゆるシェラップのケースとほぼ同様な値であることが分かる。



図－2 先受工の剛性による地表面沈下の比率



図－3 先受工の設置間隔による地表面沈下の比率

4. まとめ

先受工のあるケースは、いずれのケースにおいても地表面沈下の収束後の最終沈下量に対する比率は、先受工がない場合に比べて小さいことが明らかとなった。剛性の差によって地表面沈下の収束後の最終沈下量に対する比率が異なり、比較的高い剛性の先受工は、剛性の低い比べて比率が小さくなり地山の変形抑制効果が高いことが明らかとなった。また、設置間隔が1本のケースまでは、棒状の先受工をトンネルの天端上部を連続体として先受される、いわゆるシェラップのケースと収束後の最終の比率はほぼ同様であることが分かった。

4. 今後の課題

先受工の剛性・設置間隔により地表面沈下の抑制効果が異なることが明らかとなった。今後、先受長さによる影響について検討するとともに、実験結果に対する解析および現場計測結果との比較を行い、先受工の地山変形抑制効果を定量的に把握することが必要である。