

Ⅲ－B33

砂質地山における長尺先受工の効果に関する模型実験

五洋建設(株) 正 前田 智之 五洋建設(株) フェロー 武内 秀木
五洋建設(株) 正 渡邊 伸弘 山口大学 正 中川 浩二

1. はじめに

マサ土による砂質地山における模型実験を実施し、長尺先受工の沈下抑制効果ならびに切羽安定効果を検討した。実験では先受工の剛性や打設間隔等、長尺先受工の設計項目を種々変化させた。その結果、地山の変位挙動や切羽安定に対して先受工の剛性、打設間隔および打設範囲が影響を及ぼすことを確認した。

2. 実験方法

1) 実験装置

実験地山は、素掘りでは切羽が自立しない程度の砂質地山を想定し、マサ土を一定高さからふるいを通して自由落下させて作成した。各実験での地山単位体積重量は、 $14.0 \sim 14.2 \text{ kN/m}^3$ で、含水比は4～5%であった。実験模型は縮尺 1/25 とし、図-1に示すように幅 80cm、高さ 70cm、奥行き 100cm のアクリル土槽を用いた。トンネル断面は 1/4 円形とし、掘削直径は $D=40\text{cm}$ とした。土被りはトンネル掘削の影響が地表面に明確に現れる範囲として 20cm (0.5D) とした。トンネル掘削は土槽側面のアクリル板を1枚ずつ外しながら人力で行った。本実験では先受け効果の検討を主目的としているため、支保工は実際と比較して剛性が低いと思われる金網と市販のスプレー糊でモデル化した。先受材に関しては、実際の鋼管の外径、剛性および縮尺を考慮して $\phi=4\text{mm}$ の銅棒 ($EI=15,084\text{N}\cdot\text{cm}^2$) とした。銅管長は、1回の実験でより多くのデータを採取できるように 95cm とした。注入材による改良域は、スプレー糊を鋼管周辺地山に均一に吹付けることで再現した。一面せん断試験の結果、地山改良域の粘着力は $C = 0 \sim 10\text{kN/m}^2$ 、内部摩擦角は $\phi = 42 \sim 45^\circ$ であった。

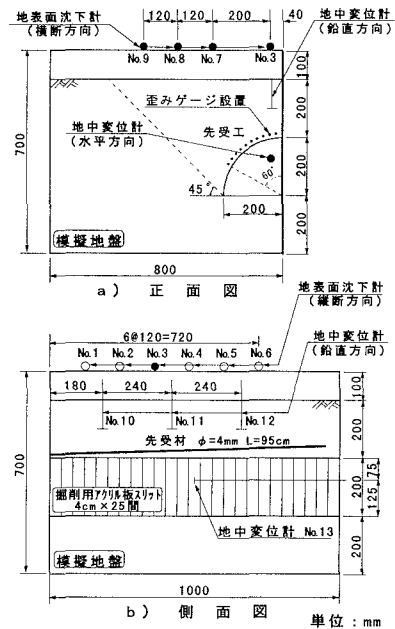


図-1 実験土槽と計測器配置図

2) 計測項目

実施した各種計測工の項目および配置箇所を図-1に示した。

3) 実験ケース

実験ケースとしては、最初に先受工の効果の有無を明らかにするために、先受材を設置した地山と設置しない地山で実験を行った。続いて先受工の設計項目に対応させて、曲げ剛性を変えた実験(実験①)、打設間隔を変えた実験(実験②)、打設範囲を変えた実験(実験③)を実施した。

3. 実験結果と考察

1) 地表面沈下および地中変位

図-2は、測点No.2における地表面沈下の経距変化図である。本図で切羽からの距離は、マフス切羽通過前、ガラスが切羽通過後の切羽までの距離を示している。また、曲げ剛性を変えた実験は計9ケース実施したが、図が煩雑になるためここでは5ケースの実験結果だけを示す。支保工だけの場合では、地山の崩壊が掘削目が発生し、掘削が不可能になった。曲げ剛性がゼロで、軸方向の引張抵抗しか期待できないロープの場合では、

Key Words : 補助工法, 長尺先受工, 模型実験

〒329-2746 栃木県那須郡西那須野町四区町 1534-1 Tel.0287-39-2107 Fax.0287-39-2132

沈下抑制効果は少ないものの他のケースと変わらない位置まで掘削の続行が可能であった。これより、先受工では引張強度による切羽安定効果があることが推察される。他の材料を比較すると、曲げ剛性が高いほど沈下量が抑制されている傾向が認められた。打設間隔(図-3)、打設範囲(図-4)を変化させたケースにおいてもそれぞれ打設間隔が狭く、打設範囲が広がるほど先受工の沈下抑制効果が向上する傾向にある。これらの傾向は地中変位量においても認められる。また、図-4より打設範囲 60° では、他よりも早く地山の崩壊が生じたことから、先受工が切羽安定効果を発揮するためにはトンネル横断方向の打設範囲がある程度必要であることがわかった。

2) 鋼管応力

図-5および図-6は、先受工の中程にあたる 12 掘削目で天端部の先受材に生じた曲げ応力および軸応力を示したものである。曲げ応力に関しては、先受材の剛性や打設間隔に関わらず、切羽手前 10~20cm で正の最大曲げ応力が発生している。先受材は、さし角 2.4° の上向きで打設しているが、軸応力は曲げ応力に比べて小さく、応力的には曲げモーメントが支配的であることが分かった。また、先受材の曲げ剛性が高いほど、打設ピッチが大きいほど発生する曲げ応力は大きいという結果が得られた。

3) 切羽押出し量

図-7は、打設間隔と切羽押出し量の関係を示したものである。打設間隔が広くなるにつれ、押出し量も増大している。打設間隔が広がることにより天端部の崩落や鋼管間の抜け落ち等が増加し、切羽面の安定性が低下してくることが推察される。また、先受材剛性が高くなることによって切羽の押出しが抑制される傾向が僅かではあるが認められた。

4. 実験のまとめ

本実験の結果は、以下のようにまとめられる。

- ①先受材を設置することで、支保工だけでは掘削できなかった地山を掘削することが可能になる。
- ②地表面沈下および地中変位は、先受材の曲げ剛性、打設間隔、打設範囲のいずれによっても影響を受ける。
- ③先受工のトンネル横断方向の打設範囲が不足した場合、十分な切羽安定効果が発揮されない。
- ④先受工の軸方向の抵抗による切羽安定効果は認められるものの、応力的には曲げモーメントが支配的である。
- ⑤打設間隔を広げることにより天端崩落等が増大し、切羽面の安定性が低下する。

以上のように本実験では、先受材の剛性、打設間隔、打設範囲が、長尺先受工の有する沈下抑制効果および切羽安定効果のいずれにも影響を与えることが確認された。

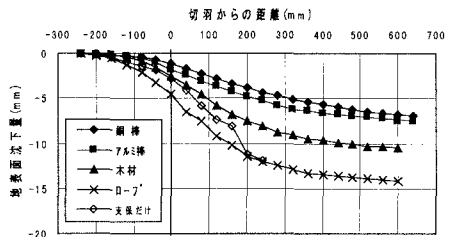


図-2 地表沈下の経距変化(実験①測点No.2)

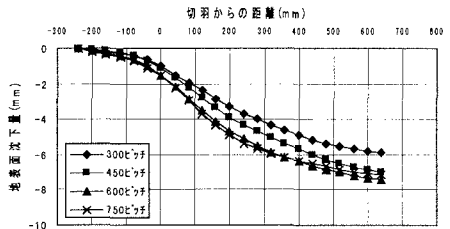


図-3 地表沈下の経距変化(実験②測点No.2)

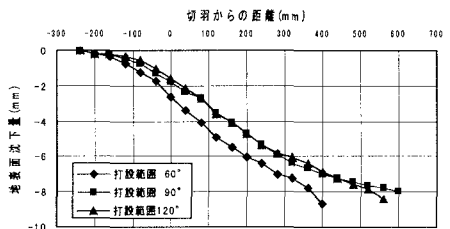


図-4 地表沈下の経距変化(実験③測点No.2)

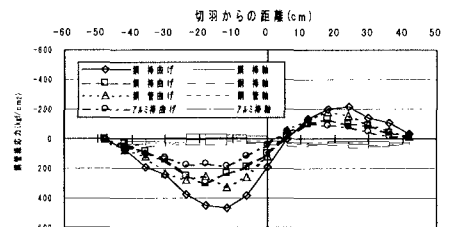


図-5 先受材の応力図(実験①12掘削目)

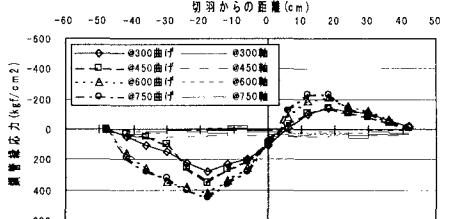


図-6 先受材の応力図(実験②12掘削目)

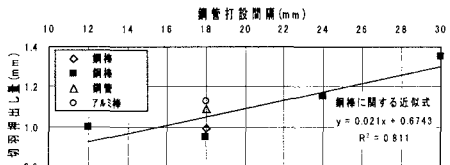


図-7 打設間隔一切羽押出し量(実験①, ②)