

Ⅲ-576

傾斜切羽の安定性に関する模型実験

先端建設技術センター 井上淳一 佐藤工業 廣川幸喜
前田建設 梶山孝司 コマツ 荒川 拓
ハザマ 正会員 清水 学 ハザマ 正会員 ○前田信行

1. はじめに

現在、TBM(Tunnel Boring Machine)は、主として水路等の円形小断面トンネルに適用されており、機械化施工を生かし、急速施工性が確認されている。しかしながら、道路・鉄道トンネルへの適用にあたっては、大断面化、切羽安定といった技術的課題に加え、円形断面であるため、必要内空以外の部分（余掘り）が多くなるといった経済的課題を抱えている。そこで、「楕円断面TBM」は、余掘りの少ない経済的なトンネルの急速施工を目指し、開発が進められている。

「楕円断面TBM」は、カッタヘッドを前傾させることにより、横楕円形状の掘削が可能となることから、従来の円形断面に比較して、偏平な断面の掘削が可能となる。また、切羽が傾斜していることから、従来、不良地山等で採用されている核残しと同様な効果が期待でき、切羽の安定度が増すものと予想される。

本実験では、傾斜切羽と鉛直切羽に関して、断層破碎帯等の比較的低自立性の低い地山条件を想定した室内模型実験を実施し、傾斜切羽および鉛直切羽の崩壊状況の違いを視覚的に捉えること、切羽近傍の地山変位を定量的に捉えることによって、それぞれの切羽の安定性の違いについて比較・検討した。

2. 実験方法

1) 実験モデル 実験装置を写真-1に示す。土槽は高さ80cm、幅100cm、奥行10cmの鉄製であり、前面は2cm×2cmのメッシュを設けたアクリル盤を用いた。土槽の左下にはトンネルを模擬した2枚の鉄板が備え付けてあり、その間にある10cm×10cmのアクリル製の引き戸（鉛直切羽、傾斜切羽：鉛直からの傾斜角40度）を移動させ自由面を造ることによって、掘削を模擬することとした。地山材料としては豊浦標準砂を用い、土被りは5D（D：トンネル掘削幅、10cm）とし、単位体積重量は1.4gf/cm³とした。また、地山の挙動を把握するために、切羽近傍の地山内に、標点として高精度光波測距儀のターゲットを張り付けたネジを0.5Dピッチで、標線として赤色豊浦標準砂を10cmごとに設置した。

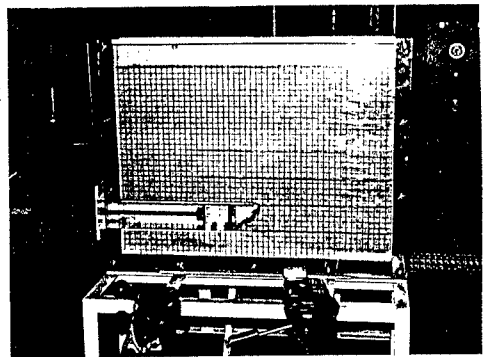


写真-1 実験装置

表-1 実験ケース

実験ケース	含水比	切羽形状
A-1	0.7%	鉛直
A-2		傾斜
B-1	0.0%	鉛直
B-2		傾斜

2) 実験ケース 本実験では模擬地山の条件として、豊浦標準砂の含水比を変化させることにより自立性の異なる2種類（A、B）の地山をモデル化することとし、それぞれ鉛直切羽および傾斜切羽の2ケースとした。実験ケースを表-1に示す。

ケースA：比較的稳定が得られやすい地山として、表乾状態（含水比0.7%程度）の豊浦標準砂

ケースB：極端に不安定な地山として、絶乾状態（含水比0.0%程度）豊浦標準砂

3) 実験手順 実験は自由落下法により模擬地山（土被り5D）を作成し、必要に応じて標点等を埋設した（ケースBではネジ標点設置不可能）。掘削を模擬した引き戸（鉛直または傾斜）を1mm/分程度の速さで移動させ、所定の変位量に達したとき、切羽近傍の状況を観察し、8mmビデオで記録した。

4) 計測方法 引き戸の変位量は摺動型変位計で計測し、切羽近傍の状況の観察は引き戸の変位量が0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 30, 50, 100mmに達したときに目視観察により実施し、ビデオ撮影によって記録した切羽近傍の地山の変位量はパソコンによるビデオ画像の解析により求めた。

3. 実験結果

1) 切羽近傍の観察状況 それぞれのケースにおける切羽近傍の地山状況を写真-2～5に示す。これらの切羽近傍の状況観察から、実験ケースによって地山の挙動に差違が認められた。

ケースAの場合、鉛直切羽では、切羽から切羽背面3cm程度までの範囲で天端から底盤にかけて螺旋状の滑り面によって地山の崩壊が見られた。傾斜切羽では、切羽は自立し、地山の崩壊は確認されなかった。

ケースBの場合、鉛直切羽では、切羽付近の地山崩壊が発生し、赤い標線の動きから、切羽近傍の地山崩壊範囲は天端レベルにおいて4cm程度であり、天端より10cm上のレベルにおいて8cm程度であった。傾斜切羽でも、切羽付近の地山崩壊が発生したが、赤い標線の動きから切羽近傍の地山崩壊範囲は天端レベルにおいて数mm程度であり、天端より10cm上のレベルにおいて8cm程度であった。

これらの結果を表-2に示す。

2) 切羽周辺地山変位 ケースAの場合の標点の位置および変位ベクトルを図-1に示す。ケースAの場合、鉛直切羽では、切羽面の背面の標点②のみで変位が見られ、鉛直方向で約40mm、水平方向で約20mmであった。その他の標点および実験ケースBでは変位は確認されなかった。

4. まとめ

実験ケースAの場合、鉛直切羽では切羽の崩壊が見られたが、傾斜切羽では切羽は自立し、変位も確認されなかった。

実験ケースBの場合、鉛直切羽および傾斜切羽で切羽の崩壊が発生したが、切羽付近の地山の崩壊範囲は傾斜切羽の方が狭い。また、天端の赤い標線の動きから、天端における切羽前方の地山の崩壊範囲は、傾斜切羽では数mmであるのに対して、鉛直切羽の場合では4cm程度に及んでいることがわかった。

これらのことから、傾斜切羽は鉛直切羽に比べて、地山の安定性に関して優位性があることが確認された。

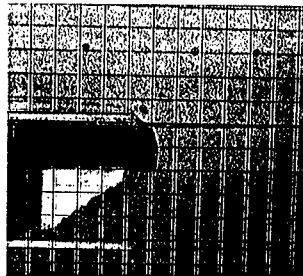


写真-2 A-1 鉛直切羽

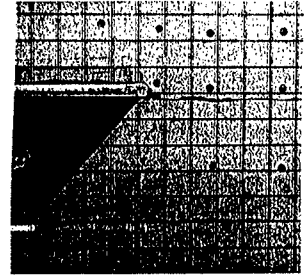


写真-3 A-2 傾斜切羽

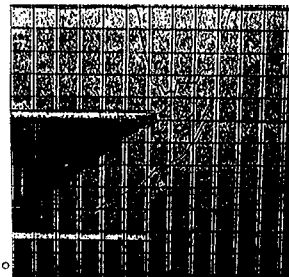


写真-4 B-1 鉛直切羽



写真-5 B-2 傾斜切羽

表-2 切羽近傍の状況

実験ケース	切羽近傍の状況
A-1	切羽面近傍のみ崩壊
A-2	切羽は自立
B-1	切羽は崩壊、崩壊領域が比較的大きい
B-2	切羽は崩壊、崩壊領域が比較的小さい

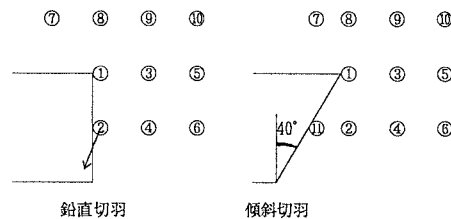


図-1 標点の位置および変位ベクトル (ケースA)