切羽形状が早期閉合トンネルの変形挙動に及ぼす影響

中日本高速	İ 道路㈱南アルプス工事事務所	正会員	○中須	誠
中日本高速	违道路㈱南アルプス工事事務所		佐藤	淳
清水建設㈱	制地下空間統括部	正会員	楠本	太

1. はじめに

強度不足や押出し性地山の直平面切羽では、岩塊や岩盤ブロックなどは頻繁に剥離、剥落しやすいので、 不安定な部分は取り除き、鏡止めボルトなしで、切羽鏡の安定性を高めた曲面切羽が採用されるようになっ た.しかしながら、掘削工法や切羽形状の違いが切羽鏡を含めた早期閉合トンネルの変形挙動に及ぼす影響 は不明であるので、解析的手法を用いて調べた.その結果、切羽周辺を含めた早期閉合トンネルの挙動特性 が明らかになったので報告する.

2. 検討方法

解析的手法は、3次元 Finite Difference Method によるトンネル掘削解析とする.解析コードは、 FLAC3D-ver.3.0を使用する.

地山は, Mohr-Coulomb の破壊規準を降伏条件と する完全弾塑性体でモデル化する.トンネル支保構 造の吹付けコンクリートは弾性体の薄肉シェル要 素,鋼アーチ支保工は弾性体のはり要素でモデル化 する.ロックボルト,掘削補助工は,考慮しない.

3. 解析モデル

早期閉合トンネル構造は、図 -1 に示す.支保構造と早 期閉合構造は同一仕様とし、r3/r1=1.5 である.3次元解 析モデルは、図-2 に示す.解析領域は、トンネル構造体 と作用荷重の対称性を考慮し、トンネル中心を対称軸と する半断面とする.土被り高は150mである.解析に用い る地山物性値は、表-1 に示す.

4. 解析ケースの設定

掘削工法は,全断面掘削と補助ベンチ付き全断面掘削 の早期閉合とする.切羽形状は,直平面と曲面半径を rf/r1=1.7とする曲面の2タイプである.解析ケースは, 曲面切羽による全断面掘削,直平面切羽による全断面掘 削,補助ベンチ付き全断面掘削の3ケースである.

5. 解析ステップ

早期閉合距離はLf=9mである.支保部材は,全断面掘削切羽直後の1 m間に考慮し,この状態で全断面を1m掘削する(図-3).早期閉合部材 は,早期閉合施工単位のLc=3m間に考慮し,早期閉合した状態に早期閉 合3m間の掘削荷重を載荷する.全断面で3m掘削と早期閉合は交互施工 とし,これを33回繰り返し,トンネル延長方向100mを掘削する.

キーワード: 押出し性地山, 3D-FDM 解析, 早期閉合, 全断面掘削, 曲面切羽, 切羽変形挙動 連絡先: 〒400-0405 山梨県南アルプス市下宮地 445-5, Tel. 055-283-8888, Fax. 055-283-5700







図-2 3次元解析モデル概要(r3/r1=1.5)

地山強度比(-)	0.2		
単位体積重量 γ (kN/m ³)	20		
変形係数 E (N/mm ²)	50		
ポアソン比ν(-)	0.40		
粘着力 C (N/mm ²)	0.1		
内部摩擦角 ϕ (deg)	30		
側圧係数 Ko	1.0		

表-1 地山物性値(地山等級 F)

-035

6. 解析結果と考察

切羽周辺地山のトンネル軸方向変位 δy 分布は、図-4 に示す.トンネル変位の天端鉛直変位 δzc と側部 (SL+1.5m) 水平変位 δxs は、図-5 に示す.1 掘進時の切羽鏡面におけるトンネル中心トンネル軸方向変位 増分 $\Delta \delta y$ と SL レベルのものは、図-6 に示す.これらから、以下のことが分かる.



(1) 切羽周辺地山は、曲面切羽が最も大きく変位する. 切羽鏡面のトンネル軸方向変位 δ y は、補助ベンチ 付き全断面は、補助ベンチの切羽鏡の押さえ効果により、最も小さい.

(2) トンネル変位は、曲面切羽が最も小さい. 天端鉛直変位 δ zc は、補助ベンチ付きと直平面切羽は同程 度であり、曲面切羽の 1.1 倍である. 側部(SL+1.5m)水平変位 δ xs は、補助ベンチ付きが最も大きく変位 し、曲面切羽の 1.3 倍である. 鉛直変位 δ zc は、切羽から約 2D 後方で収束する. 側部(SL+1.5m)水平変 位 δ xs は、Lf=9mの早期閉合直後に収束する.

(3) 1 掘進時の切羽鏡面トンネル中心のトンネル軸方向変位増分 $\Delta \delta y$ は、直平面切羽が最も大きく、SLの2m上方位置で、曲面切羽の1.16 倍である。曲面切羽と補助ベンチ付きのトンネル中心 SL から3m位置より上側のトンネル軸方向変位増分 $\Delta \delta y$ は、同等レベルである。この下側では、補助ベンチ付きは、補助ベンチの切羽鏡の押さえ効果があらわれ、曲面切羽の1/3 に抑制される。

7. まとめ

今後は、地山等級 E において、曲面切羽による全断面掘削の早期閉合で施工を行い、これらを検証する.