早期閉合距離が早期閉合トンネルの変形挙動に及ぼす影響

- 中日本高速道路㈱南アルプス工事事務所 正会員 佐藤 淳
- 中日本高速道路㈱南アルプス工事事務所正会員 兼松 健治
- 清水建設㈱地下空間統括部 正会員 楠本 太

1.はじめに

地山強度比が 0.5 を下まわる押出し性地山のトンネル施工では,大変位の克服とトンネルの安定確保は, 重要課題である.最近では,安定形状の曲面切羽による全断面早期閉合工法が適用されるようになり,安定 確保のための補助工なしで,施工を確実にしている.しかしながら,力学パラメータの早期閉合距離Lfがト ンネルの安定性や変形挙動などに及ぼす影響は不明であるので,解析的手法による定量的評価を試みた.

2. 検討方法

3D-Finite Difference Method によるトンネル掘 削解析とする.解析コードは,FLAC3D-ver3.0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.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で, 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

地山強度比は Cf=02, 吹付けコンクリート作用土 圧の土被り相当高¹⁾は, H=80m である.早期閉合ト ンネル構造は, 図-1 に示す.トンネル支保構造と早期閉合構 造は同一仕様とし,早期閉合構造半径は,r3/r1=1.5 である. 切羽形状は,鏡掘り込み長 Lsを一掘進長Lの2倍とする Ls=2L の曲面切羽²⁾である.3次元解析モデルは,図-2に示す.土被 り高は,h=150m である.地山物性値は,表-1に示す. 4.解析ステップ

早期閉合施工単位を Lc=3m とする全断面早期閉合工法²⁾で ある.解析ケースは,早期閉合距離を Lf=6m と 9m の 2 ケース である.トンネル支保部材は,全断面掘削切羽直後の 1m 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,Lc=3m 間に考慮し,この状態で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,進行方向 100mを掘削する.

5.解析結果と考察

切羽周辺地山の鉛直方向変位分布は,図-4に示す.トンネル変位の天 端鉛直変位 zcと側部(SL+15m)水平変位 xsは,図-5に示す.切羽 鏡面における一掘進時トンネル中心トンネル軸方向変位増分 yは, 図-6に示し,天端沈下の収束変位 に対する切羽通過時変位 oの先行

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, 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-1 早期閉合トンネル Ec 概要(r3/r1=1.5)



表-1 地山物性值(地山等級 E)

単位体積重量 (kN/m ³)	20
变形係数 E(N/mm ²)	50
ポアソン比 (-)	0.40
粘着力 C(N/mm ²)	0.1
内部摩擦角 (deg)	30
側圧係数 Ko	1.0





図-4 切羽周辺地山の鉛直方向変位



変位比(= o/)は,図-7 に示す.塑性域分布は, 図-8 に示す.これらから,以下のことが分かる.

(1)切羽周辺地山変位は,早期閉合距離を短くすると抑制され,小さくなる.

(2) トンネル変位の Lf=6m の天端鉛直変位 zc は, Lf=9m の 66%, 側部 (SL+15m) 水平変位 xs は 49%と なり, Lf=6m の方が小さい.早期閉合距離の短縮効果 は, 収束性とともに, 水平変位 xs の方が高い.

(3) トンネル中心鉛直(y-z)面における一掘進時切 羽鏡面トンネル軸方向変位増分の変形モードは,早期 閉合距離の違いによる有意な差はない.Lf=6mのトン ネル軸方向変位増分は,SLの2m上方位置でLf=9mの 82%に抑制される.

(4)Lf=6m の先行変位比(= o/)は 0.90, Lf=9m は 0.86 となり, 早期閉合距離を短くすると大きくなる

(5)切羽周辺地山の塑性域は,切羽前方7m範囲内に 現われ,早期閉合距離の違いによる有意な差はない. 切羽後方では,Lf=9mの方が若干大きくなる.

6.まとめ

解析的手法を用いて,早期閉合距離が早期閉合トンネルの挙動特性 などに及ぼす影響を調べた.今後は,同条件地山において曲面切羽の Lf=6m全断面早期閉合施工を行い,挙動特性を確認する予定である. 参考文献

1)西村和夫ほか:早期閉合トンネル力学パラメータに関する考察,67th,JSCE,2011.
2)佐藤淳ほか:切羽形状と掘削工法がトンネルの安定性に及ぼす影響,JSRM,2013.









図-8 塑性域分布

-768-