

変状区間早期閉合トンネルの変形挙動に関する考察

中日本高速道路(株)南アルプス工事事務所 正会員 佐藤 淳
 中日本高速道路(株)南アルプス工事事務所 田丸 浩行
 清水建設(株)地下空間統括部 正会員 ○楠本 太

1. はじめに

地山強度比が 0.1 を下まわる押し出し性地山のトンネル施工において、地山強度比から吹付けコンクリート作用土圧を推定し、必要支保耐荷力を算定、これを参考にして早期閉合トンネルを設計し、曲面切羽に長尺鏡ボルトを併用する全断面早期閉合で施工した。長尺鏡ボルトパターンによる施工開始とともに、トンネルは不安定で過大変位が発生するようになり、複数パターンの施工を試みた。その結果、早期閉合トンネルの変形挙動特性に関する知見を得た。

2. トンネル概要

中部横断自動車道八之尻トンネルでは、トンネル中央付近 STA. 438+53.6 の以奥に、脆弱な強風化泥岩が出現し、全断面早期閉合を余儀なくされている。強風化泥岩の一軸圧縮強度は $q_u=0.26\text{N/mm}^2$ 、単位体積重量は $\gamma=22\text{kN/m}^3$ 、土被り高は $h=155\text{m}$ であり、岩石試験値などから、地山強度比は 0.3~0.1 を想定した。

3. 早期閉合トンネル構造

地山強度比に対する吹付けコンクリート作用土圧 $P_o(\text{N/mm}^2)$ の土かぶり相当高 $H(\text{m})$ は、既往の研究で示されている早期閉合トンネル施工事例における地山強度比と換算土圧の土被り相当高の関係 (図-1) から、 $H=60\sim 80\text{m}$ 相当の土圧を想定した。この土被り相当高に対して、吹付け厚と吹付けコンクリートに発生する軸応力の関係を厚肉円筒理論で求めると、 t は 25 cm 以上が必要となる。実施した早期閉合パターンの構造諸元は、表-1 に示す。

4. 施工方法と計測工

全断面早期閉合は、全断面掘削と早期閉合の 3m 進行毎の交互施工である。早期閉合距離は $L_f=6\text{m}$ とする。早期閉合施工単位は、施工性と施工速度を考慮し、 $L_c=3\text{m}$ とする。切羽鏡形状

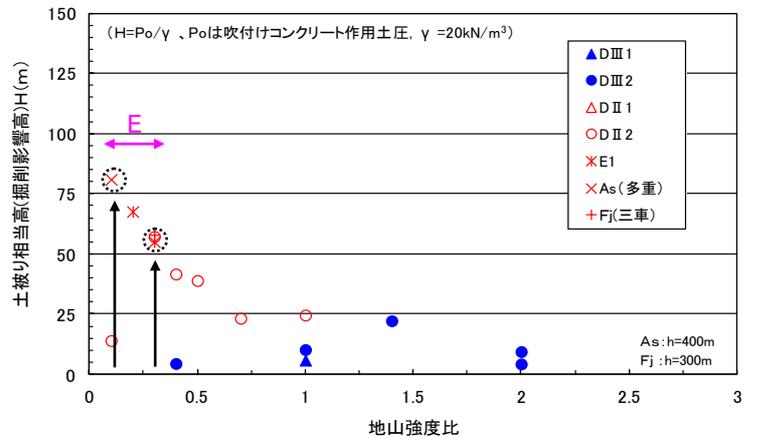


図-1 地山強度比と土被り相当高 H (JSCE, 第 66 回, VI395, 2011)

表-1 早期閉合トンネル諸元

| 早期閉合パターン | Ec6/Ec5 | Ec4 | Ec3 | Ec1, (fb) |
|------------------|---------------|-----------------------|--------|-----------|
| 施工延長(m) | 28/20 | 12 | 9 | 36 |
| 最大土被り高 h(m) | 158 | 147 | 148 | 151 |
| 想定地山強度比 cf (-) | <0.1 | <0.1 | | 0.1~0.3 |
| 想定土圧の土被り相当高 H(m) | 100 | 100 | | 60~80 |
| 一掘進長(m) | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 変形余裕量(cm) | 20 | 20 | 10 | 10 |
| 支保構造 | 吹付け厚(cm) | 40 | 40 | 30 |
| | 圧縮強度(28day) | 36N/mm ² | | |
| | 吹付け補強 | 瞬結, FRS | — | — |
| | 鋼アーチ支保工 | NH-250 | NH-200 | NH-200 |
| | ロックボルト工 | L=4m, 170kN (16本, 8本) | | |
| 早期閉合構造 | 早期閉合部材 | 上・下半と同様 | | |
| | 構造半径比 (r3/r1) | 1.50 | 1.50 | 1.50 |
| | 早期閉合距離 Lf (m) | 6 | 6 | 6 |
| 長尺先受け工シフト長(m) | 4/6 | 6 | | 6/9 |

は、鏡掘込み長を一掘進長 L の 2 倍とする $L_s=2L$ の曲面切羽を採用、鏡の自立性を高める。なお、施工時の切羽作業の安全確保から、Ec1 を除く全てで、長尺鏡ボルトを併用した。Ec1 (fb) は、長尺鏡ボルトパターンである。計測工は、早期閉合トンネルの挙動特性把握や安定性評価を目的に実施する。計測工 A 断面は、トンネル進行方向 10m 間隔に設ける。計測点は切羽で設け初期値をとり、6~24 時間毎に自動測定する (図-2)。

キーワード：押し出し性地山、全断面早期閉合、曲面切羽、土圧の土被り相当高、初期変位速度

連絡先：東京都中央区京橋 2-16-1, Tel. 03-3561-3887, Fax. 03-3561-8672

-047

土木学会第69回年次学術講演会(平成26年9月)

5. 計測結果と考察

トンネル変位(天端沈下 V1, 上半内空変位 H1 と 下半 H2) と初期変位速度(初期天端沈下速度 $dV1/dt$, 初期上半内空変位速度 $dH1/dt$ と 下半 $dH2/dt$) は, 支保工変状箇所, 地山強度比, 切羽評価点とともに, 図-3 に示す. V1 と H2 の初期変位速度および変位の対応は, 図-4 に示す. これらから, 以下のことがわかる.

(1) Ec1 では, 地山性状はばらつくが同様のものが継続すると推察された. Ec1 (fb) の初期変位速度と変位は, Ec1 に比べて, 顕著な増加傾向を示す. これは, 他のパターンも同様と考えられ, 長尺鏡ボルトの併用により, 初期変位速度が大きくなり, 変位は倍増する.

(2) Ec1 の $dV1/dt$ は-10mm以下, $dH2/dt$ は-40mm/day以下に抑制され, トンネルの安定は確保でき, H2 は $dH2/dt$ の約2倍以下で収束する.

(3) V1 が -50mm, H2 が -100mm を超えると, 支保部材に変状が発生し, リング構造形成は困難, 早期閉合トンネルは不安定になる.

(4) 支保工建込み間隔を狭めると, $dH2/dt$ の抑制効果はみられるが, 変位の抑制効果はみられない.

(5) 長尺先受けエシフト長を 4m に短くすると, V1 の抑制に有効であるが, H2 は増大する.

(6) 非鋼繊維補強瞬結吹付けコンクリートによる変位やクラック発生の抑制効果はみられない. 微増の高剛性, 高耐力化を図っても, $dV1/dt$ は-10mm/day, $dH2/dt$ は-40mm/day を超え,

吹付けコンクリートによるリング構造形成は困難で, 変位抑制の効果はみられず, 縫返しを余儀なくされた.

6. まとめ

健全なリング構造形成には, 土圧を高精度に推定し, Lf の短縮, $r3/r1$ の最小化により, $dV1/dt$ を-20mm/day以下, $dH2/dt$ を-50mm/day以下に抑制する必要がある. これらを数値解析手法で確認, 検証する予定である.

図-2 早期閉合トンネル (Ec6, Ec5) 概要

図-3 トンネル変位と地山状況 (上: 変位, 下: 初期変位速度)

図-4 初期変位速度とトンネル変位

-94-