

変状区間早期閉合トンネルの力学挙動に関する考察

中日本高速道路(株)南アルプス工事事務所 正会員 佐藤 淳
 清水建設(株)関東支店 正会員 ○谷村 浩輔
 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、安定形状の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、早期閉合トンネルは不安定で過大变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力学的安定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、強風化泥岩の E 地山が出現し、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 $h=155\text{m}$ である。岩石試験値などから、ここでの地山強度比は 0.3～0.1 を想定した。切羽湧水はない。

3. 早期閉合トンネル構造

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、既往研究の地山強度比と換算土圧の土被り相当高の関係¹⁾から、 $H=60\sim 80\text{m}$ 相当の土圧を想定した。この想定土圧を保持するのに必要とする支保耐荷力は、厚肉円筒理論で計算すると、 $f'_{ck}=36\text{N/mm}^2$ の吹付けコンクリートの場合の必要吹付け厚 t は 25cm 以上となる。実施した早期閉合パターンの構造諸元は表-1 に示す。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。

表-1 早期閉合トンネル諸元

早期閉合パターン		Ec5	Ec4	Ec1 (fb)	Ec1
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	
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	
変形余裕量 (cm)		20	20	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, 290kN (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	
	閉合距離 Lf (m)	6	6	6	
長尺鏡ボルトシフト長(m)		9	9	9	—

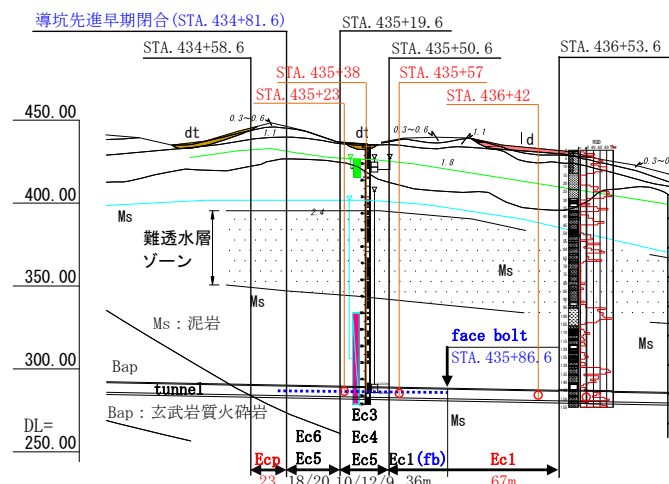


図-1 実施パターンと計測工 B 断面位置

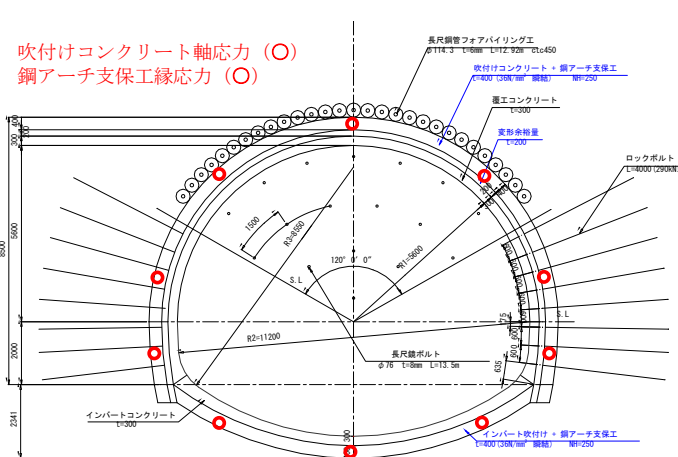


図-2 早期閉合トンネル (Ec6, Ec5) 測点配置

4. 施工方法と計測工

キーワード：押出し性地山、土圧、全断面早期閉合、瞬結吹付けコンクリート、トンネル変状

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

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 $L_f=6$ 、早期閉合施工単位は $L_c=3m$ とする。切羽鏡形状は、 $L_s=2L$ の曲面切羽を採用、一部で長尺鏡ボルトを採用し、鏡の自立性を高める。計測工B断面は、支保パターン別に1断面を設け、1時間毎に自動測定である(図-1、図-2)。

5. 計測結果と考察

変位と実施パターンは図-3に示し、瞬結吹付けコンクリート応力経時変化は図-4に示す。吹付けコンクリート軸応力は図-5に示し、

これから換算した土圧の土被り相当高 H は図-6に示す。これらから、以下のことがいえる。

(1) Ec1と以奥では、それぞれ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)の変位

は、Ec1に比べて、顕著に倍増する、鏡ボルト併用区間の支保部材は変状し、トンネルは不安定である。

(2) 瞬結吹付けコンクリート軸応力が $10N/mm^2$ を超える切羽距離は6m、吹付け後5日である。約1D後方の吹付けコンクリートにクラックが多発、不安定となり、 $r_3/r_1=1.5$ 、 $L_f=6m$ の早期閉合では、リング構造形成は困難である。これにより、鋼インバート支保工は曲げ応力が卓越し、変状、座屈した。

(3) 吹付けコンクリート軸応力は、設計強度の範囲内にあるが、クラック発生により不安定構造を形成した。

(4) 支保が健全なEc1の土被り相当高 H は、想定値と同程度の $H=64m$ である。これ以外のEc1(fb)、Ec4は $H=30m$ 以下、Ec5は $H=46m$ となり、過大変位によるクラック発生で耐荷力を失い、想定値の0.2~0.5となる。

6. まとめ 早期閉合トンネル設計に資するよう変状挙動を数値解析的手法で精査、評価する予定である。

1) 楠本太, 西村和夫, 城間博通: 早期閉合トンネル力学パラメータに関する考察, JSCE, 第66回年次学術講演会, VI395, 2011.

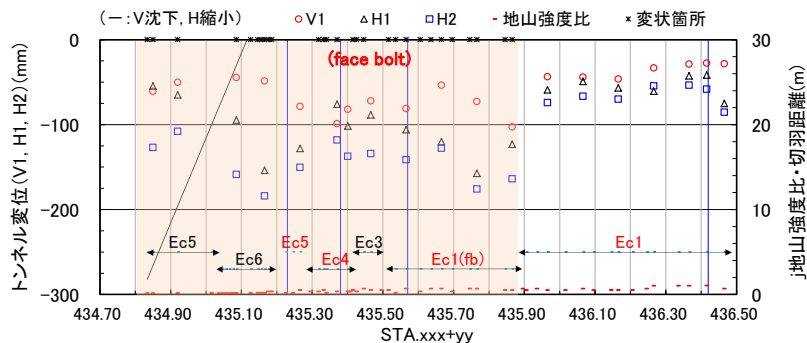


図-3 変位と計測工B位置(青線)

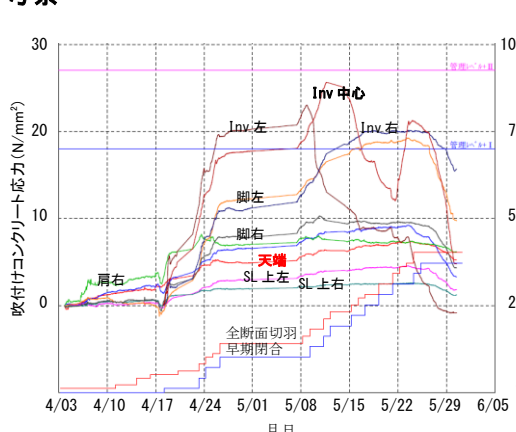


図-4 Ec5吹付けコンクリート経時変化

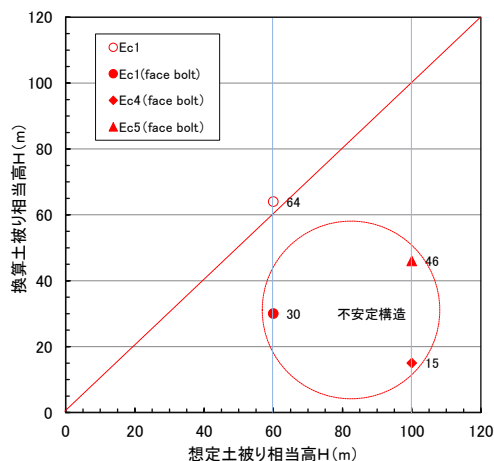


図-6 土圧の土被り相当高 H

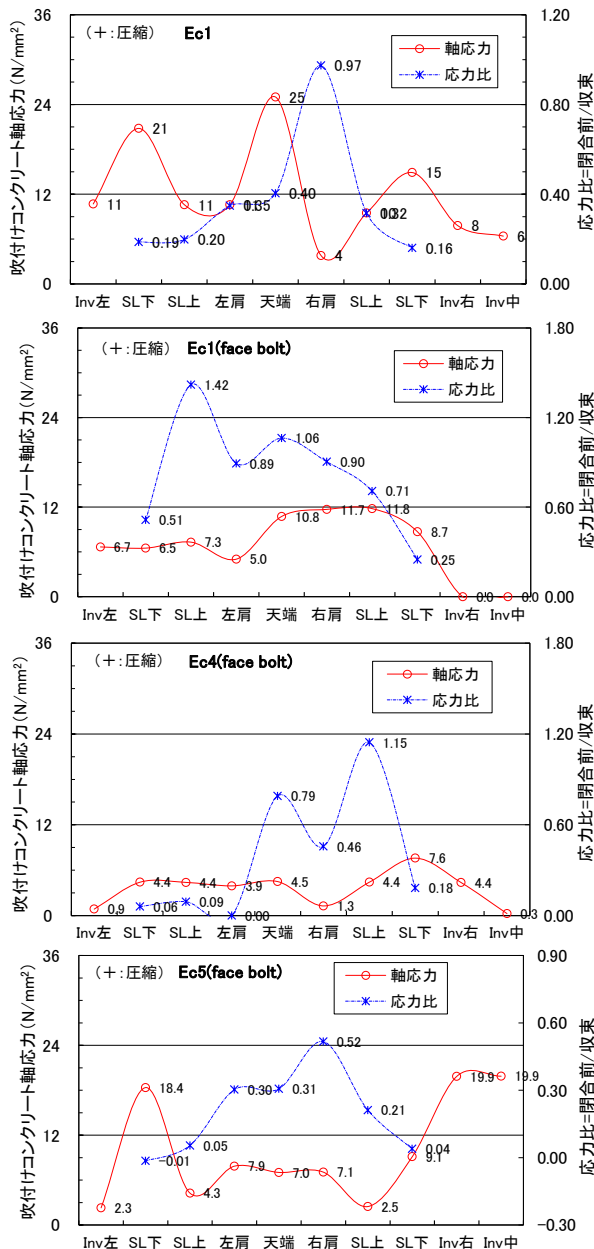


図-5 吹付けコンクリート軸応力