

高耐力早期閉合トンネル安定性に関する考察

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 を下まわる押出し性地山のトンネル施工において、吹付けコンクリート作用土圧を理論式で推定、トンネル支保構造の必要耐荷力を厚肉円筒理論で算定、これをもとにして高耐力二重支保構造の早期閉合トンネルを設計し、曲面切羽の全断面早期閉合工法で施工中である。計測工 B データから、高耐力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. トンネル工事概要

中部横断自動車道八之尻トンネルでは、中央付近の STA. 436+53.6 から強風化泥岩が出現し、早期閉合トンネルは変状、過大変位が発生、縫返しを余儀なくされた。STA. 434+85.6 の以奥では、高耐力二重支保構造の早期閉合トンネルとした。ここでの最大土被り高は $h=158\text{m}$ 、地山強度比は $cf=0.08$ が推定される。切羽湧水はない。

3. 早期閉合トンネル構造

支保構造半径 $r_1=5.9\text{m}$ 、土被り高 $h=150\text{m}$ 、地山強度 $qu=0.25\text{N/mm}^2$ 、 $\gamma=22\text{kN/m}^3$ である。トンネル掘削で再配分される半径方向土圧 σ_r は、掘削面からの距離 L の二乗に反比例しながら低下するとする理論式を用いて掘削影響域を計算し、これを想定土圧の土被り相当高¹⁾とすると $H=87\text{m}$ となる。ここでは地山強度比が 0.1 を下まわり、縫返しをとまなうなどから、 $H=140\text{m}$ とする高耐力二重支保構造を設計し、計測工 B データでトンネル構造を見直すことにする。早期閉合トンネル構造諸元は、表-1 に示す。En1 は縫返しパターン、Ecp2 は導坑拡幅、Ec8 は全断面、EcL は非常駐車帯である。

表-1 早期閉合トンネル諸元

早期閉合パターン	En1	Ecp2	Ec8	EcL
施工延長 (m)	15	12	42.15	32.9
最大土被り高 h (m)	158	157	145	148
想定地山強度比 cf (-)	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
想定土圧の土被り相当高 H (m)	140	140	140	120
一掘進長 (m)	1.00	1.00	1.00	1.00
変形余裕量 (cm)	20	20	20	20
支保構造	吹付け厚 (cm)	30 (一次) + 25 (二次)		
	圧縮強度 (28day)	36N/mm ²		
	鋼アーチ支保工	NH250 (一次) + NH200 (二次)		
	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 (r_3/r_1)	1.50	1.50	1.10
	早期閉合距離 L_f (m)	5or6	3	3

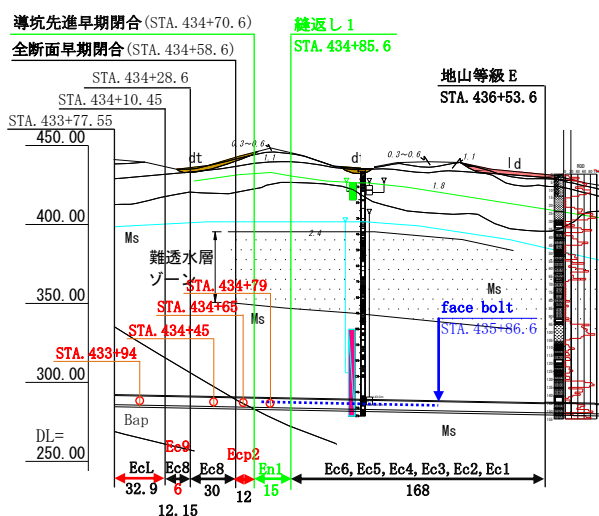


図-1 支保パターンと計測工 B 断面位置

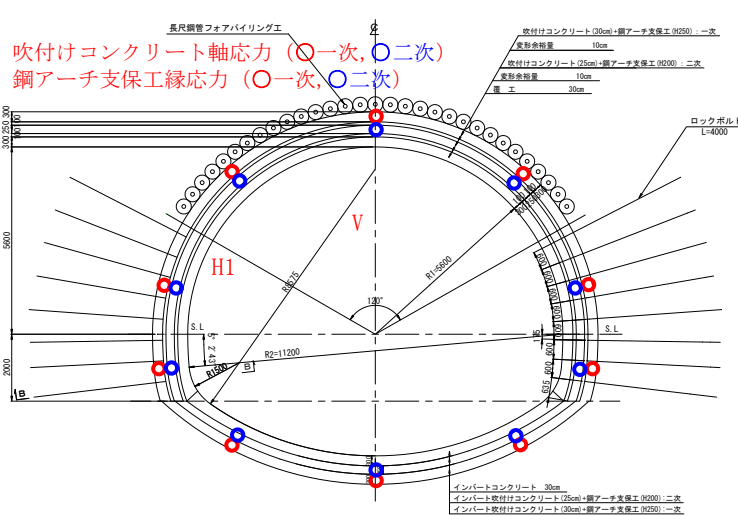


図-2 二重支保構造測点配置

4. 施工方法と計測工

キーワード：押出し性地山、全断面早期閉合、土圧の土被り相当土圧、二重支保構造

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

全断面機械掘削の早期閉合である。一掘進長は1mである。二次側支保工は、一次側の1m後方で施工する。全断面で2m進行後に、一度に2mを全断面早期閉合する交互施工である。早期閉合距離は $L_f=3m$ を基本とする。計測工は、早期閉合トンネルの安定性評価を目的に実施する。計測工B断面は、支保パターン毎に1断面を設ける。計測点は切羽で設け、初期値をとり、1時間毎の自動測定である(図-1, 図-2)。

5. 計測結果と考察

吹付けコンクリート軸応力分布は、図-3に示す。Ec8の鋼アーチ支保工縁応力は図-4に示し、吹付けコンクリート軸力分担率は図-5に示す。吹付けコンクリート軸応力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、以下のことがわかる。

(1) 吹付けコンクリート軸応力は、全てのパターンで設計強度の範囲内にあり、安定が確保できている。最大値は、En1を除くと、天端やインバート中心に発生し、地中水平方向再配分応力が卓越すると考えられる。一次吹付け応力が設計強度

の1/3以下では、二次側吹付けコンクリート応力は小さい。

(2) 鋼インバート支保工は、下半脚部との接続構造影響があらわれ、不安定構造をなし、リング構造形成は不確かである。鋼アーチ支保工は、早期閉合効果が小さくても、この曲げ耐荷力により安定性は確保できている。

(3) 吹付けコンクリート軸力分担は、概ね60~70%であり、吹付けコンクリートは主要支保部材である。鋼アーチ支保工の耐荷力は、余裕しろとして、トンネルの安定性を高める。

(4) 計測値は未収束であるが、吹付けコンクリート作用土圧の最大土被り相当高は $H=93m$ である。これは理論式からの $H=87m$ と同等レベルであり、地山強度比が $\alpha_f < 0.1$ と推定される押出し性地山の土圧推定方法の有効性が示された。

6. まとめ 早期閉合トンネル設計パラメータに資するよう整理し、数値解析的手法で安定性を確認する。

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.

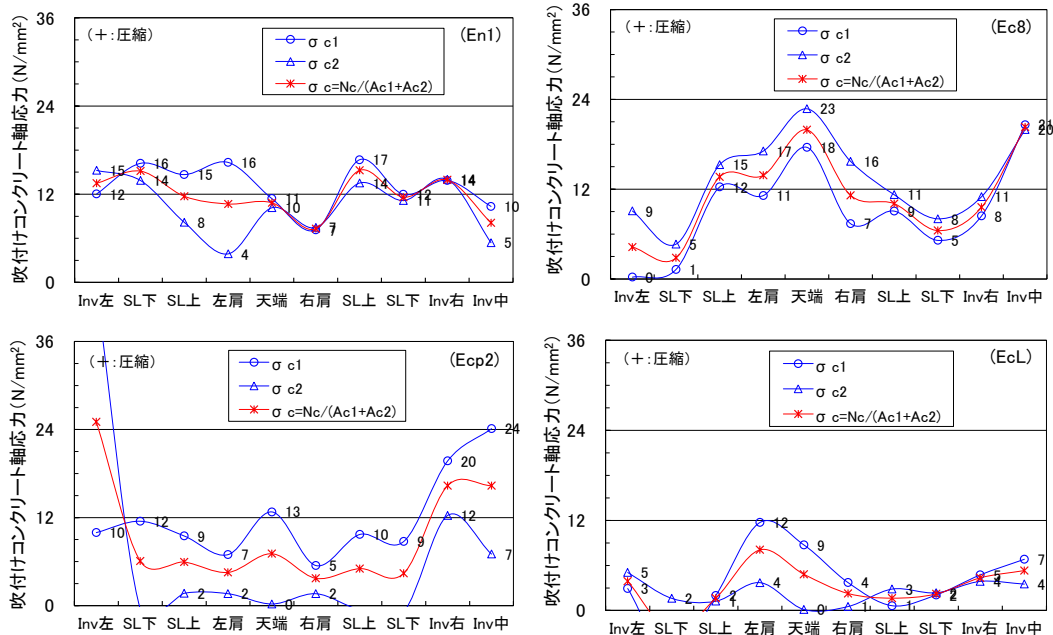


図-3 吹付けコンクリート軸応力分布

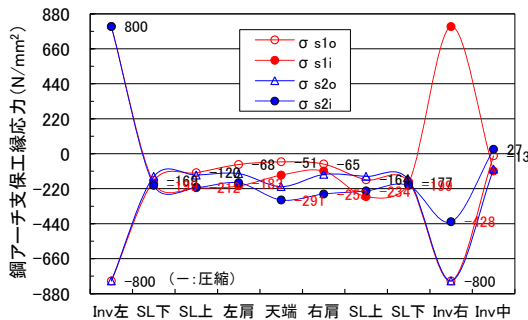


図-4 鋼アーチ支保工縁応力分布 (Ec8)

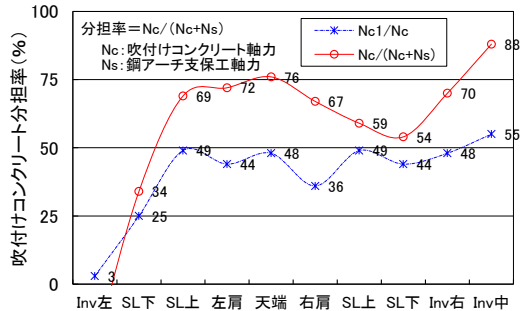


図-5 吹付けコンクリート分担率 (Ec8)

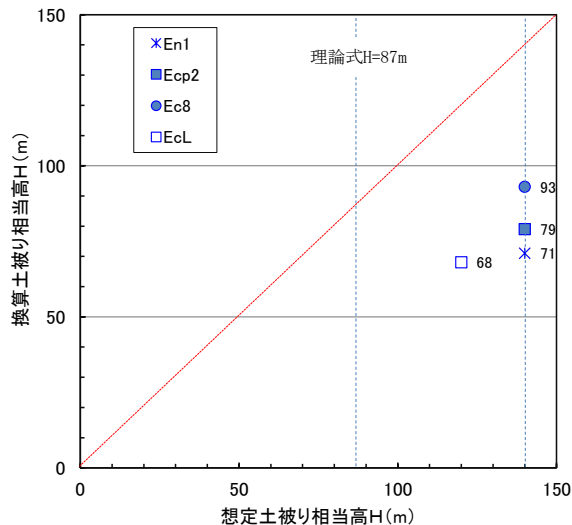


図-6 土圧の土被り相当高 H