

押し出し性地山の早期閉合トンネル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1.0を下まわる強度不足や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、トンネル支保構造の必要耐荷力を算定、これをもとにして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を採用して、早期閉合トンネルを施工中である。施工途中の計測データから、支保能と補助工が早期閉合トンネルの変形挙動に及ぼす影響の新たな知見を得たので報告する。

2 トンネル工事概要

中部横断自動車道八之尻トンネルの STA.439+60.6 の以奥に、強風化泥岩が出現し、現切羽の STA.435+40 までの約 420m 間で、早期閉合施工を余儀なくされている。ここでの最大土被り高は $h=155\text{m}$ 、地山強度比は $C_f=0.1\sim 1.5$ が推定される。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の土被り相当高は、地山強度比から D_c パターンは $H=20\sim 40\text{m}$ 、 E_c パターンは $H=60\sim 80\text{m}$ を想定した。これからの早期閉合トンネル構造諸元は、表-1 に示す(図-1)。掘削補助工は、 $t=30$ の鏡吹付けを基本とし、支保施工までの間の掘削素掘り面の自立確保などから、断面当り 29 本の注入式長尺先受け工を施工する。 E_{c1} パターンの 40m 間では、アーチ部鏡 120 度範囲に、1.5m 間隔で、断面当り 16 本の長尺鏡止めボルトを施工する。

4 施工方法

330kW 軟岩トンネル掘進機による全断面機械掘削の早期閉合である。早期閉合施工単位は $L_c=3\text{m}$ 、早期閉合距離は $L_f=6\text{m}$ である。1 掘進長 1m の全断面掘削と 3m 単位の早期閉合は、交互施工である。切羽鏡形状は、鏡掘込み長を一掘進長 L の 2 倍とする $L_s=2L$ の曲面切羽である。

5 計測工概要

早期閉合トンネルの挙動特性や安定性の把握、評価を目的に、計測工 A を実施する。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、切羽通過時に設け、初期値をとり、6~24 時間毎に 3 次元自動測量・計測システムを用いて自動測定する(図-1)。天端沈下 V と内空変位 H の管理基準値は、 D_c は早期閉合トンネル実績のそれぞれ -30mm と -50mm とし、 E_c は変形余裕量とする。

キーワード：強度不足地山、押し出し性地山、全断面早期閉合、初期変位速度、鏡止めボルト

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

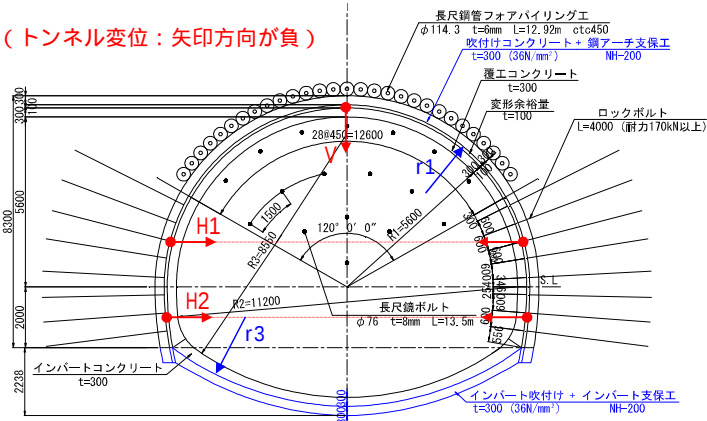


図-1 早期閉合トンネル(Ec1)概要

表-1 早期閉合トンネル諸元

早期閉合パターン		D c1	D c2	Ec1
最大土被り高 h (m)		145	100	155
想定地山強度比 C_f (-)		0.5~1.0	1.0~2.0	0.1~0.3
想定土圧の土被り相当高 h		40	20	60~80
一掘進長 (m)		1.00	1.00	1.00
変形余裕量 (cm)		0	0	10
支保構造	吹付け厚 (cm)	20	15	30
	圧縮強度 (28day)	36N/mm ²		
	鋼アーチ支保工	NH-150	NH-125	NH-200
	ロックボルト工	$L=4\text{m}$, 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)	2.00	2.00	1.50
	早期閉合距離 L_f (m)	6		
覆工厚 (cm)		30		

6. 計測結果と考察

早期閉合区間の天端沈下 V1, 上半内空変位 H1 と下半 H2 は, 図-3 に示す. D c の収束変位 δ を初期変位速度 $d\delta/dt$ で除した初期変位速度比と初期変位速度の関係は, 図-4 に示す.

収束変位 δ を早期閉合直後変位 δ_c で除した閉合変位比と収束変位の関係は, 図-5 に示す. これらから, 以下のことがわかる.

(1) D c1 の初期天端沈下速度 $dV1o/dt$ は -23mm/day 以下, 収束変位はこれの約 3 倍以下である. 初期下半内空変位速度 $dH2o/dt$ は -52mm/day 以下, 収束時変位はこれの約 2 倍以下である.

(2) D c1 の天端沈下 V1 は -51mm 以下, 閉合変位比は 7 倍以下である. 下半内空変位 H2 は -82mm 以下, 閉合変位比は 5 倍以下である. トンネル変位は, 下半内空変位 H2 が卓越する.

(3) D c の初期水平変位速度 $dH2o/dt$ と初期天端沈下速度 $dV1o/dt$ は, 比例関係にある. 支保耐荷力が大きくなると $dV1o/dt$ は抑制される.

(4) Ec1 の face bolt なしの $dH2o/dt$ は -40mm/day 以下,

$dV1o/dt$ は -15mm/day 以下で, 比例関係はない. これに対して, face bolt あり Ec の $dV1o/dt$ は -80mm/day を超え, $dH2o/dt$ と比例関係を有すようになり, face bolt 施工により, トンネルの安定性は大きく低下する.

7. まとめ

今後は, 早期閉合トンネルの力学的安定性と作用土圧について補助工の影響を含めて解明する予定である.

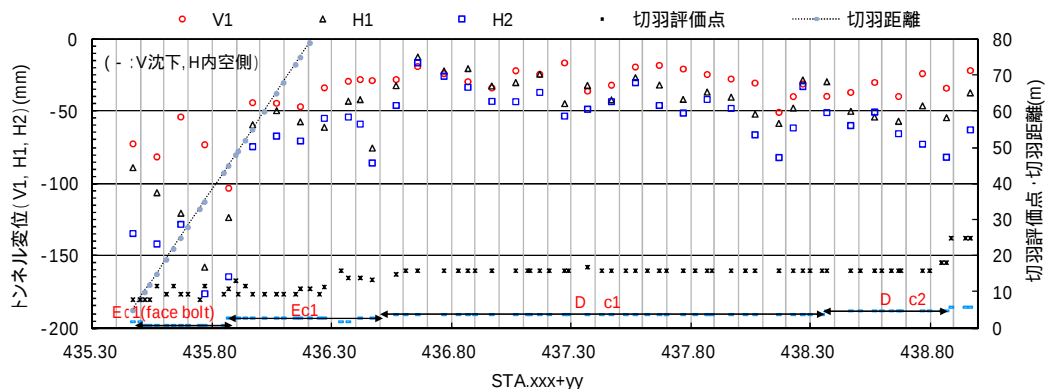


図-3 トンネル変位 (V1, H1, H2)

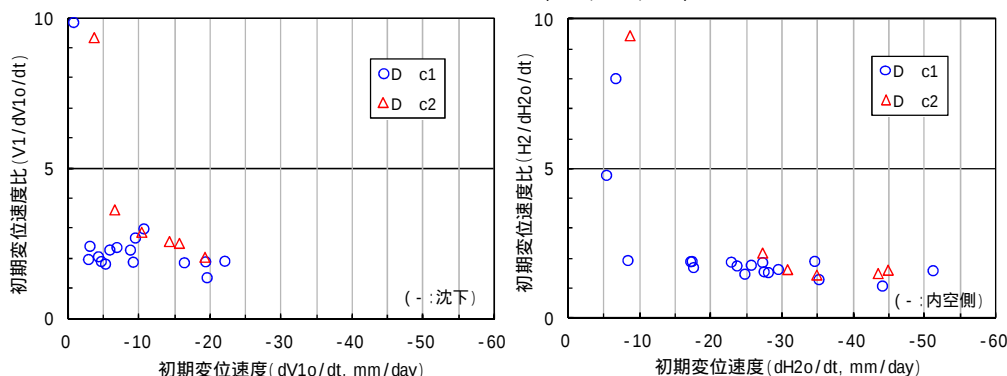


図-4 初期変位速度と初期変位速度比

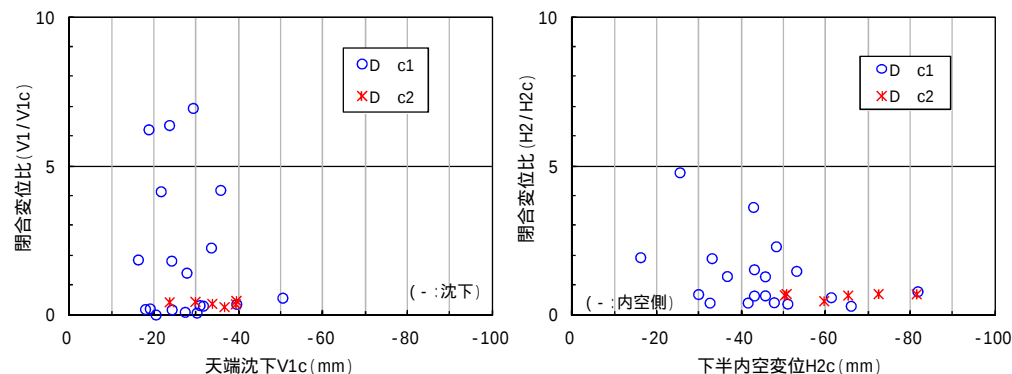


図-5 トンネル変位と閉合変位比

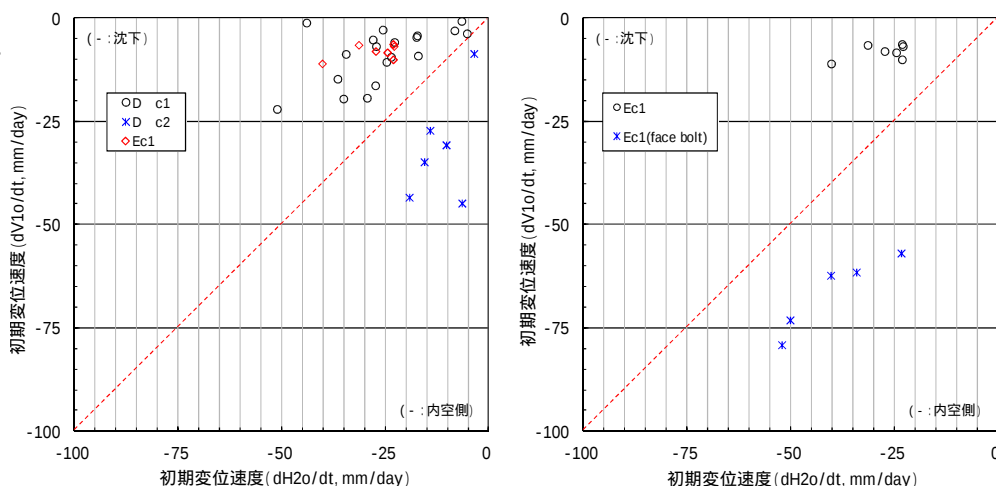


図-6 初期内空変位速度 $dH2o/dt$ と初期天端沈下速度 $dV1o/dt$