

### 強度不足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  
 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 1.0 を下回る強度不足地山において、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、山岳トンネルを施工した。その結果、地山等級 D における早期閉合トンネルの変形挙動特性に関する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では、STA.438+88.6 から延長 235m 間に、地山強度比が 1.0 を下回る強風化泥岩が出現し、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  $h=145m$ 、地山強度比は  $Cf=0.5 \sim 1.0$  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  $H=40m$  を想定、必要支保耐荷力を算定する<sup>1)</sup>。変形余裕量はゼロとし、断面閉合距離の短縮でトンネル必要内空を確保する。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<sup>2)</sup>。早期閉合施工単位は  $Lc=3m$ 、早期閉合距離は  $Lf=6m$  である。一掘進長 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  $Ls=2L$  の曲面切羽を採用する。

#### 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, B 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)。計測工 B 断面は、D c1 の STA.436+66 に設け、1hr 毎に自動測定する。

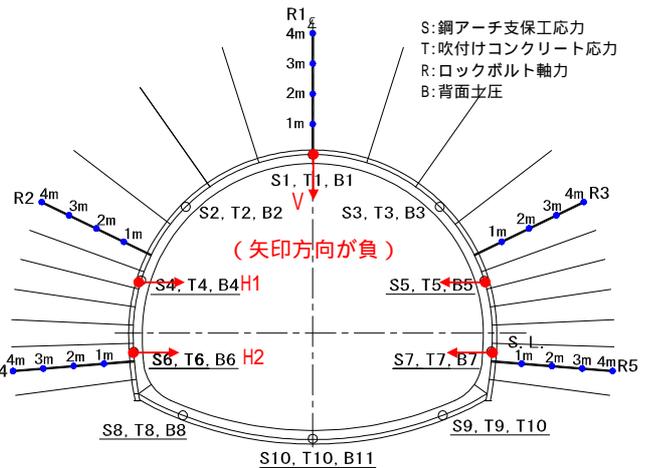


図-1 計測工測点

表-1 早期閉合トンネル諸元(D c1)

一掘進長 (m)	1.00	
変形余裕量 (cm)	0	
支保構造	吹付け厚 (cm)	20
	圧縮強度 (28day)	36N/mm <sup>2</sup>
	鋼アーチ支保工	NH-150
	ロックボルト工	L=4m, 170kN(16 本)
早期閉合構造	早期閉合部材	上・下半と同様
	構造半径比 ( $r3/r1$ )	2.00
	早期閉合距離 $Lf$ (m)	6
覆工厚 (cm)	30	

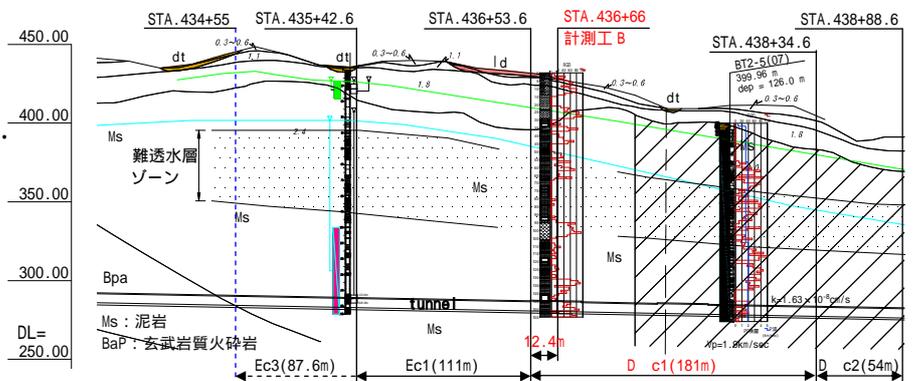


図-2 地質縦断(D c, Ec)

キーワード：強度不足地山, 全断面早期閉合, 曲面切羽, 早期閉合距離, 土被り相当土圧

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

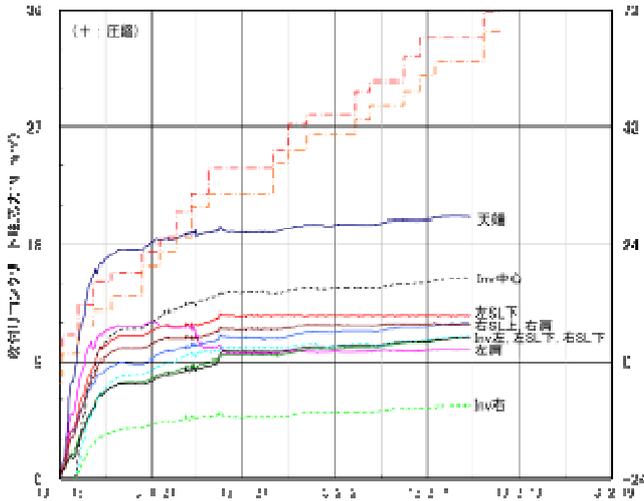


図-3 吹付けコンクリート軸応力経時変化

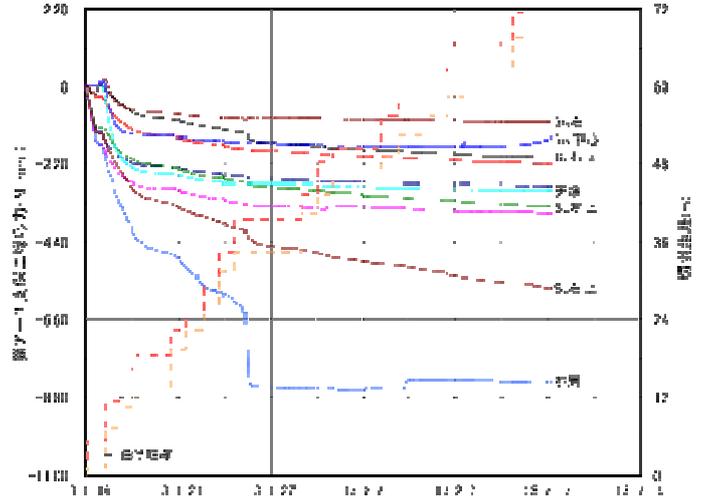


図-4 鋼アーチ支保工縁応力(内空側)経時変化

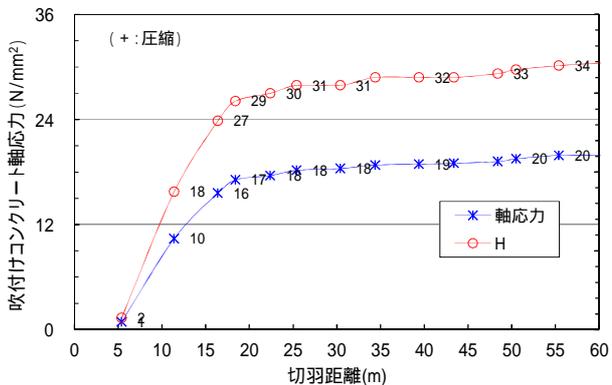


図-5 吹付けコンクリート応力と土被り相当高H(天端)

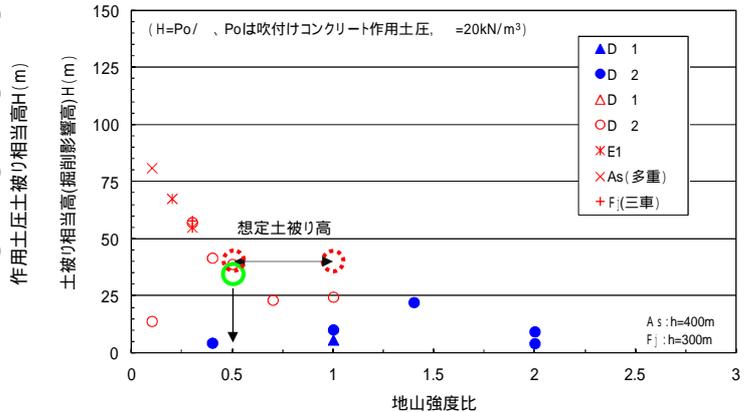


図-6 吹付けコンクリート作用土圧の土被り相当高 H

6. 計測結果と考察

地山は、岩芯まで変質した脆弱な泥岩である。針貫入試験からの一軸圧縮強度は、粘土部で  $2\text{N/mm}^2$ 、地山強度比は  $C_f=0.7$  である。

吹付けコンクリート軸応力と鋼アーチ支保工縁応力内空側の経時変化は、図-3、図-4に示す。吹付けコンクリート軸応力と作用土圧の土被り相当高 H は図-5、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の最大値は

天端部に発生し、圧縮強度の 55% の  $20\text{N/mm}^2$  の圧縮である。切羽から 9m 後方位置で、1 日強度の  $10\text{N/mm}^2$  が発生する。切羽が 2D 進むと収束傾向を示すが、5D 進行しても微増し続ける。

(2)吹付けコンクリート作用土圧の土被り相当高は、 $H=Ac \cdot c/r1/ = 0.2 \cdot 20000/5.9/20=34\text{m}$  となり、想定土被り相当高の  $H=40\text{m}$  と同等レベルである。これから、周辺地山の地山強度比は、 $C_f=0.5$  程度が見込める。

(3)鋼アーチ支保工縁応力は、降伏強度を超え、切羽が 5D 進行しても増加する。しかしながら、鋼アーチ支保工は、吹付けコンクリートで拘束されているので変状はなく、支保構造部材の安定性を保っている。

(4)ロックボルト軸力の最大値は、 $100\text{kN}$  の圧縮である。早期閉合後は、若干増加する程度である。

D c 地山の早期閉合トンネル作用土圧や安定性の知見を得た。今後は  $E_c$  地山との対応で分析 整理する。  
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, JSCE, 第 67 回, 第 部門, 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, 第 13 回, JSRM, 2013.

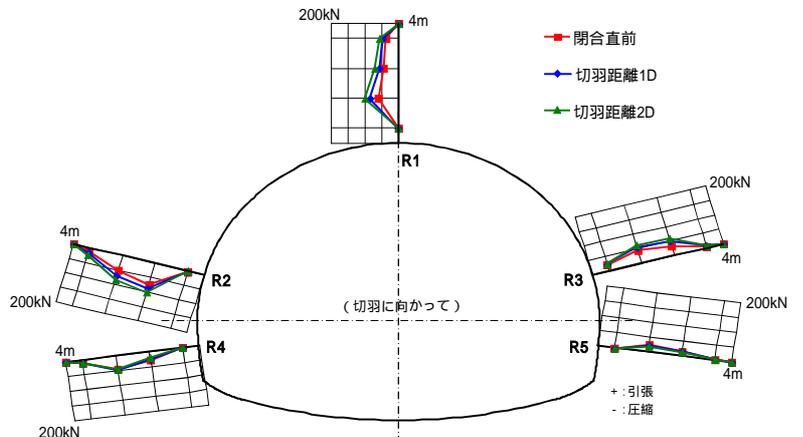


図-7 ロックボルト軸力分布