

## 早期閉合トンネル周辺地山の挙動特性に関する考察

中日本高速道路(株)南アルプス工事事務所 正会員 佐藤 淳  
 清水建設(株)地下空間統括部 正会員 東 楽  
 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0.5を下まわると推定される強度不足地山のトンネル施工では、土被りが3D(Dは掘削幅)以下であっても過大変位の発生が懸念され、断面閉合なしでのトンネルの力学的安定の確保は困難と考えられた<sup>1)</sup>。このような強度不足地山のトンネル施工法として、早期閉合が普通に行われるようになった。しかしながら、早期閉合トンネル周辺地山の挙動特性などは不明であるので、計測工で挙動特性を確認、把握しながら、曲面切羽による全断面機械掘削の早期閉合で施工した。その結果、早期閉合トンネル周辺地山の变形挙動、周辺土圧とトンネルの安定性などの知見を得た。

### 2. 施工概要

中部横断自動車道八之尻トンネル北側坑口のSTA.447+10からSTA.446+35の75m間で実施した。ここでの地質は、切羽評価点が15を下まわる脆弱な泥岩が分布する。最大土被り高はh=34m、地山強度比は0.5を下まわる強度不足地山を想定し、曲面切羽による全断面機械掘削の早期閉合で施工した。

### 3. トンネル構造・施工法

地すべり隣接D c-3-Kは、h=34mの3D以下で、地山強度比は0.5を下まわることが予想され、土被り25m相当の土圧作用を想定<sup>1)</sup>した。早期閉合パターンD c-3-Kのトンネル構造諸元は、坑口設計パターンD aを基本とし、表-1に示すとおりである。掘削補助工は、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、注入式長尺先受け工を採用した。施工方法は、300kW級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Lc=3m、早期閉合距離はLf=9mである。全断面で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。

### 4. 計測工概要

計測工Bは、D c-3-KのSTA.446+65に1断面を設け、吹付けコンクリート軸応力などを1hr毎に自動測定する(図-1)。SLレベルの深度2m位置に、切羽で土圧計(電気式ストレスセンサー)を設置し、応力再配分に伴うトンネル周方向増分土圧tを自動測定する。トンネル上部の地中沈下測定は、地すべり崩積土中のD c-2-KのSTA.447+51に、トンネル掘削の以前に、地表から設置する。ここでの早期閉合パターンはD c-3-Kと同様であるが、構造半径比はr3/r1=2.5である。施工法も同様であり早期閉合距離はLf=9m、早期閉合施工単位はLc=3mである。

表-1 早期閉合トンネル(D c-3-K)諸元

1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	HH-154(SS590)
	ロックボルト工	L=4m170kN(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)	6/9
覆工厚(cm)	30	
掘削補助工	注入式長尺鋼管フォアパイル 径 L=12.92m(29本)	

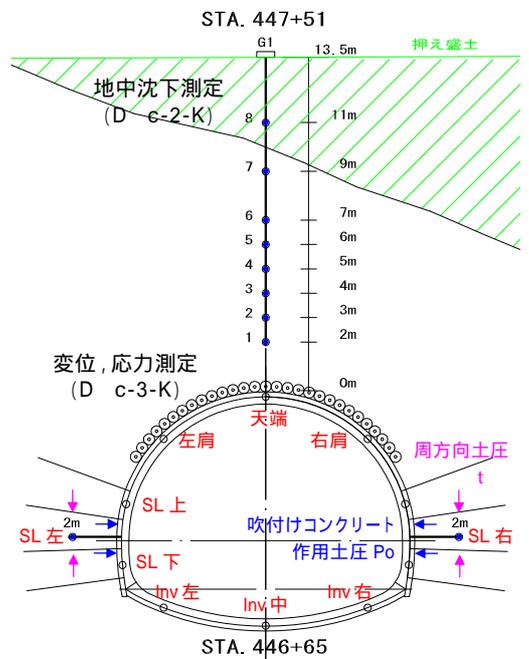


図-1 計測工B測点配置概要

キーワード：強度不足、地すべり崩積土、早期閉合、地中沈下、トンネル周方向土圧

連絡先：東京都港区芝浦1-2-3シーバンスS館, Tel.03-5441-0566, Fax.03-5441-0510

5. 計測結果と考察

(1) 吹付けコンクリート作用土圧

吹付けコンクリート軸応力は、図-2 に示す。これからの吹付けコンクリート軸力  $N_c$  を構造半径  $r$  で除して換算する吹付けコンクリート作用土圧  $P_o (=N_c/r)$  は、岩盤の単位体積重量  $\gamma$  で除して算定する土被り相当高  $H (=P_o/\gamma)$  とともに、図-3 に示す。これらから、以下のことがいえる。

・吹付けコンクリート軸応力の最大は、天端部に発生し、 $11N/mm^2$  の圧縮である。左 SL 下は  $10.3N/mm^2$  であるが、右 SL 下は  $1.3N/mm^2$  となり小さい。

・吹付けコンクリートに作用する換算土圧の最大は  $P_o=0.43N/mm^2$  が推定される。土被り相当高は  $H=22m$  となり、土被り高  $h$  が 3D 以下における地山強度比から推定した土被り相当高と同等レベルである<sup>1)</sup>。

(2) 周辺地山の周方向増分土圧

測定位置の土被り高は  $h=34m$  であり、鉛直土圧は  $\nu=0.68N/mm^2$  である。深度 2m 位置の応力再配分による周方向増分土圧  $t$  は、早期閉合以前の SL 左は  $0.015N/mm^2$ 、SL 右は  $0.01N/mm^2$  が作用し、 $\nu$  の 1/50、 $P_o$  の 1/10 以下である(図-4)。SL 右は SL 左より小さく、吹付けコンクリート軸応力分布に同調する。 $t$  は、早期閉合後に除荷されるが SL 左は、切羽進行とともに増減を繰り返しながら約  $0.002N/mm^2$  で収束し、トンネルは早期閉合構造の内圧力で安定する。

(3) 天端上部地中挙動

測定位置の土被りは  $h=13.5m$  である。測点間のひずみを切羽距離との関係で表わしたものを、図-5 に示す。これから、以下のことがわかる。

・天端から 1D 以深の地中は、-9m 手前から圧縮され、継続し、早期閉合後は 0.1% に圧縮される。

・切羽前方-3m 位置までの天端上部の地中は、最大 0.2% 伸び、深度 3.5m 位置は顕著に現れる。

・切羽前方-3m 位置から早期閉合した切羽後方 3m 位置の 6m 間において、天端上部は圧縮沈下し、最大 0.5% 圧縮される。早期閉合後は伸びに転ずる。

6. まとめ

土被りが 3D 以下で強度不足地山の早期閉合トンネル周辺地山の力学挙動特性の知見が得られた。今後は、押し出し性地山でこれらを確認する予定である。

参考文献 1) 西村和夫, 城間博通, 楠本太: 早期閉合トンネル力学パラメータに関する考察, JSCE 第 66 回講演会, 部門, 2011.

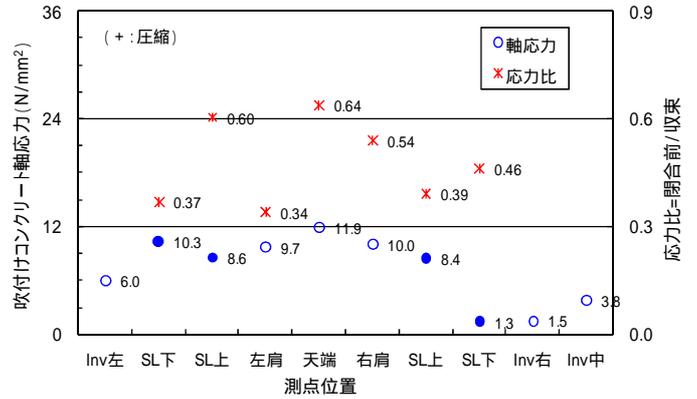


図-2 吹付けコンクリート軸応力と応力比

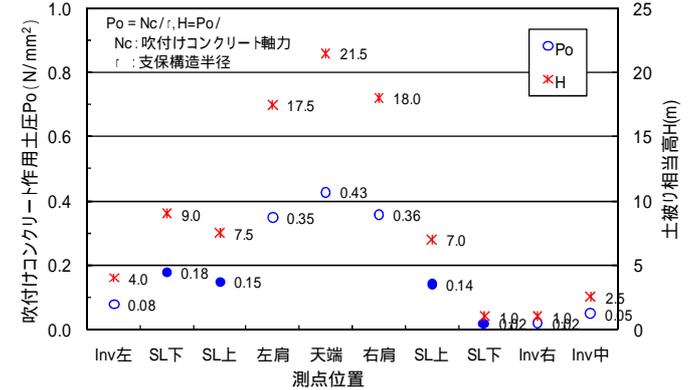


図-3 吹付けコンクリート作用土圧と土被り相当高

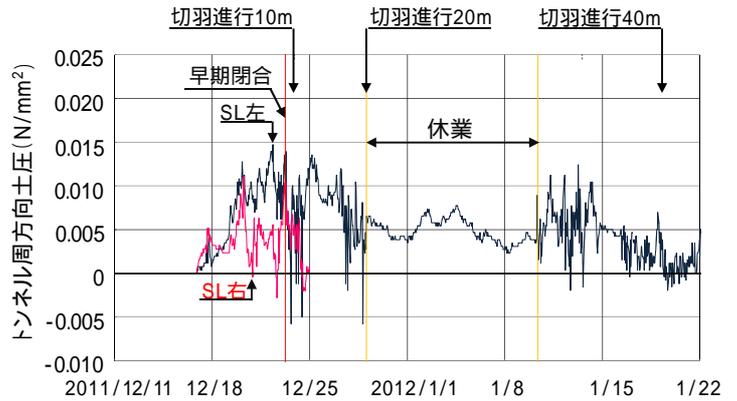


図-4 トンネル周方向増分土圧 t の経時変化

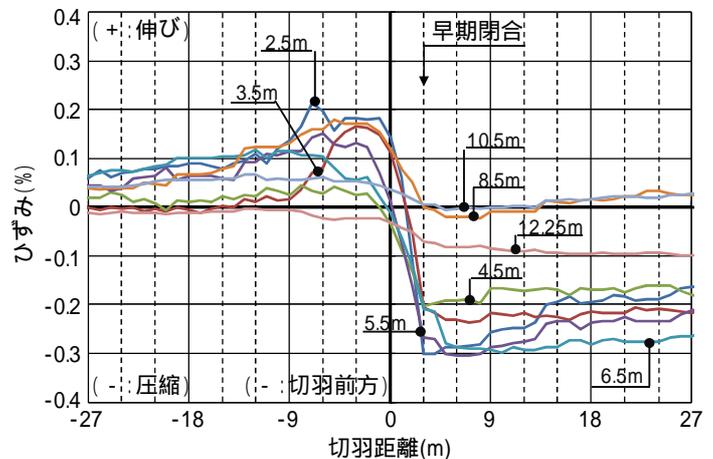


図-5 天端上部地中ひずみの切羽距離変化