

大規模蛇紋岩帯での道路トンネル避難坑の力学挙動特性

国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所 井伊 孝義  
 清水・熊谷特定建設工事共同企業体 正会員 影山 久司  
 清水建設(株)土木技術本部地下空間統括部 正会員 楠本 太

1. はじめに

三遠トンネルは、静岡県浜松市から愛知県新城市を結ぶ延長約 4,500mの道路トンネルである。トンネル中央付近には、地山強度比が 0.7~1.2 の脆弱な蛇紋岩、中央構造線主断層破砕帯が分布し、避難坑施工時に、過大な変位や支保構造体の変状・破壊などの発生が危惧されたので、支保構造を高耐力化し、計測工 A, B による動態計測のもと早期閉合で施工した。その結果、大規模蛇紋岩での小断面トンネルの挙動特性と後行本坑掘削が先行避難坑におよぼす影響が明らかになったので報告する。

表-1 蛇紋岩・主断層破砕帯規模と性状

岩種区分	蛇紋岩①	蛇紋岩②	蛇紋岩③	主断層
開始測点	No.427+14	No.440+13	No.443+13	No.459+10
規模(幅m)	小(15m)	中(16m)	大(303m)	大(55m)
土かぶり厚(m)	122m	-	103m	74m
地山性状	粘土状	粘土状	葉片状	粘土状
計測断面測点	No.428+1	-	No.447+8	No.461+3

2. 地質概要

静岡側坑口から 1,600m付近までは、三波川変成岩類の泥質片岩・砂質片岩・緑色片岩が分布する。この以奥の 1,720m付近までは中央構造線主断層破砕帯と七郷一色層頁岩・砂岩が分布する(表-1)。また、坑口(No. 382+1)から 900m付近に蛇紋岩化した部分を含む角閃岩が、1,200~1,500m付近に蛇紋岩が出現する。

表-2 粘土・葉片状蛇紋岩の物理特性

パラメータ	単位	代表値	試験値	摘要
単位体積重量 $\gamma_s$	KN/m <sup>3</sup>	22	29(塊状)	22~29:粘土、葉片状
一軸圧縮強度 $q_u$	N/mm <sup>2</sup>	2.2~2.7	0.7~8.2	$3 \times 0.74 \sim (1/3) \times 8.22$
地山強度比	-	0.7~1.2		H=100~130m

蛇紋岩は、塊状岩を含むが、葉片状、粘土状が主体であり、一軸圧縮強度は  $q_u=2.2 \sim 2.7 \text{N/mm}^2$ 、地山強度比は 0.7~1.2 で代表され、これらの物理特性値は、表-2 に示す。また、主断層破砕帯は、蛇紋岩③に連続して分布する。これら区間での切羽集中湧水はない。

表-3 蛇紋岩・主断層の避難坑支保構造仕様

断面区分	DII-P	
地山性状	葉片状・粘土状	
地山強度比	0.7~1.2	
1 掘進長	1.00m	
変形余裕量	10cm	
支保 閉合	吹付け厚 (圧縮強度)	20cm (36N/mm <sup>2</sup> )
	鋼製支保工	H-150 (SS400)
	ロックボルト本数	11本 (L=3m), 170kN
補助工法(本数)	注入式フォアボルト、L=2.0m (9.5本) 鏡ボルト、L=3.0m (9本)	

3. 支保構造仕様と施工方法

粘土状・葉片状蛇紋岩は脆弱で押し出し性を示すので、「周辺地山強度と背面土圧に見合う高強度吹付けコンクリートを主要支保部材とする高耐力支保構造仕様とし、早期閉合による支保の軸力閉構造化で保有耐力の早期発現と掘削影響域の深部進展を抑制する」を基本とし、表-3 に示す支保構造体を設計した。施工方法は、断面閉合の施工単位は 1mとし、切羽から 2~3m後方で、1m進行毎に断面閉合するレール方式の全断面掘削である。補助工は、切羽自立度に応じて選択する。

4. 計測工概要

支保構造仕様の検証とトンネル挙動特性の把握を目的に、支保部材応力測定のため計測工 B を 3 断面で実施した。計測工 A

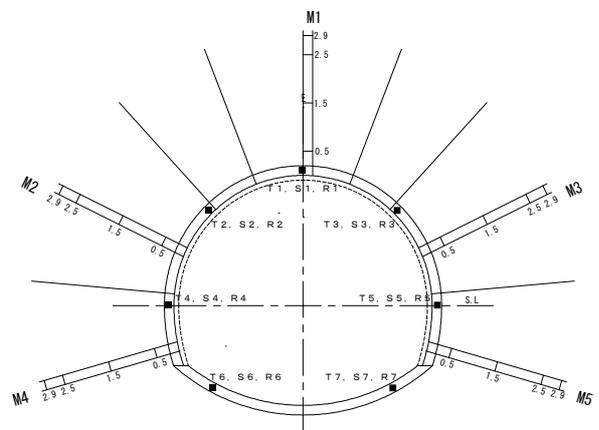


図-1 計測工B計器配置概要

は、三次元変位計測システムを用いて、吹付けコンクリート表面に取付けた測点の鉛直・水平方向絶対変位を 12~24 時間毎に測定する。A 計測断面は、トンネル進行方向 20m間隔に設け、1 断面当たり測点数は 3 点である。

キーワード：蛇紋岩、中央構造線主断層、押し出し性、早期閉合、避難坑、双設影響

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)トンネル変位

避難坑掘削後と本坑掘削後のトンネル変位は、図-2 に示す。避難坑掘削後の天端沈下の最大値は、中規模区間で生じており、3 mm 上向きに変位する。内空変位は、地山側に 7 mm 拡大する。変形余裕は、標準パターン DII の 100mm としているが、早期閉合により、天端沈下、内空変位ともに、この範囲内で収束する。トンネル中心間距離は約 25m 離れているが、本坑掘削影響として、天端は最大 4 mm 沈下し、内空変位は内空側に最大 7 mm 縮小する。

(2)支保効果

本坑掘削後の吹付けコンクリート軸応力とこれの分担率は、図-3、図-4 に示す。避難坑掘削後に対する本坑後吹付けコンクリート軸応力増分比は、図-5 に示す。避難坑後と本坑後のロックボルト軸力分布は図-6 に示す。これらから、以下のことが分かる。

①吹付けコンクリート軸応力の最大値は 9 N/mm<sup>2</sup>、主断層では 4.4N/mm<sup>2</sup> の圧縮となり圧縮強度 36N/mm<sup>2</sup> の範囲内で安定する。

②吹付けコンクリートは、支保部材発生軸力の 60~80% を分担する。主断層では、アーチ部から右 SL 部にかけて、不均質な物性分布の影響を受け、鋼製支保工が 75~85% を分担する。

③避難坑後の吹付けコンクリート軸応力は、本坑掘削影響を大きく受け-0.4~11 倍に増減するが、支保構造体は安定する(図-5)。

④ロックボルト軸力は、早期閉合による内圧力の作用により、全測線で圧縮力が発生し、SL 付近では最大 40kN 発生する。

(3)作用土圧

支保構造体への作用土圧 Po は、支保構造体発生軸力 N をトンネル半径 r で除して概算すると 0.5~0.9N/mm<sup>2</sup> となり、避難坑を含めたグラントアーチが形成され、本坑の 30m<sup>1)</sup>

より高い 42m 相当の土圧作用が推察される(図-7)。

6. まとめ

早期閉合した小断面トンネルの発生変位は 10mm 以下と小さいが、後行本坑掘削影響を大きく受け、内空変位は縮小する方向に変位する。吹付けコンクリートは、支保構造体発生軸力の 60%以上を分担する。また、支保構造体には、本坑の約 1.4 倍の土かぶり 42m 相当の土圧作用が推察されるなどの早期閉合小断面トンネルの力学挙動特性が明らかになった。

参考文献 1) 秋田修ほか：大規模蛇紋岩帯での早期閉合トンネルの力学特性、第 64 回年次学術講演会、第VI部門、2009。

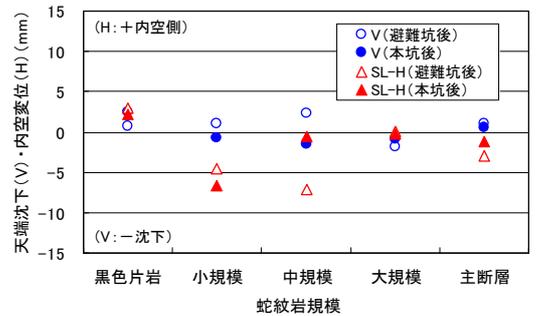


図-2 トンネル変位(避難坑後と本坑後)

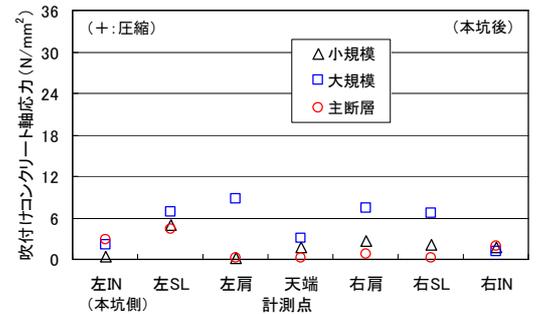


図-3 吹付けコンクリート軸応力(本坑後)

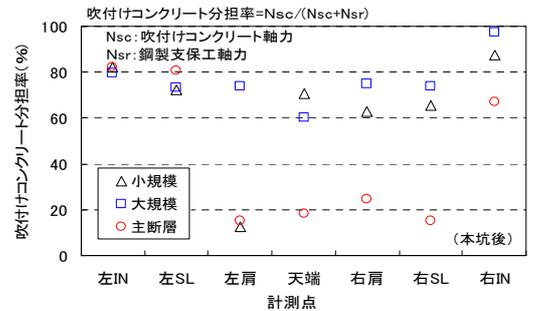


図-4 吹付けコンクリート分担率(本坑後)

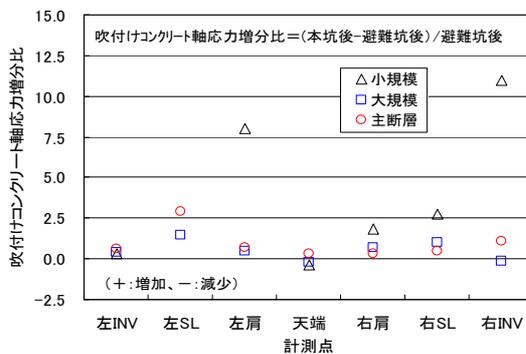


図-5 吹付けコンクリート軸応力増分比

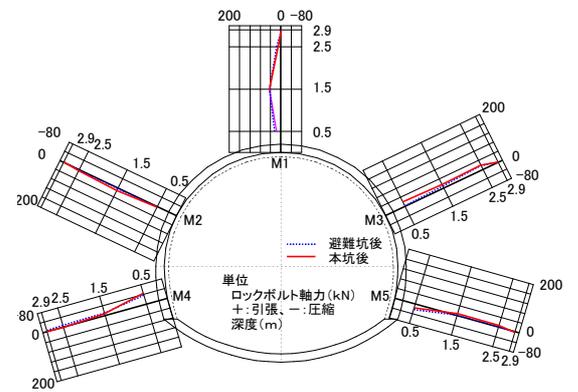


図-6 ロックボルト軸力分布(小規模)

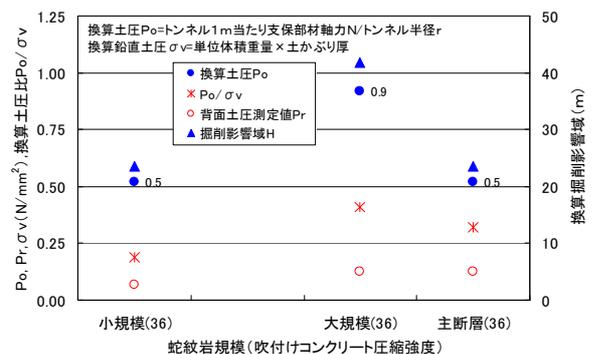


図-7 換算作用土圧(本坑後)