

大規模蛇紋岩帯での早期閉合トunnelの力学特性

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

秋田 修
 岡山 徹
 正会員 楠本 太

1. はじめに

三遠Tunnel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Tunnelである。Tunnel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、Tunnel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、蛇紋岩帯で早期閉合した高耐力Tunnelの力学特性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	蛇紋岩	蛇紋岩	主断層
開始測点	No.427+1	No.439+8	No.443+6	No.458+0
規模(幅m)	小(25m)	中(38m)	大(294m)	大(76m)
土かぶり厚(m)	133m	126m	98m	71m
地山性状	粘土状	粘土状	葉片状	粘土状
計測断面測点	No.427+11	No.439+19	No.447+8	No.460+13

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。

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で代表される。主断層破砕帯は、蛇紋岩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。

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、「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支保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、図-1、表-2に示す支保構造体を設計した。施工

方法は、早期閉合の施工単位は3mとし、上半切羽から7~8mの離れで、上・下半3m進行毎に早期閉合する補助ベンチ付き全断面掘削である。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力学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4断面で実施した(図-2)。計測工Bの測定項目は、吹付けコンクリート応力測定(T)、鋼製支保工応力測定(S)、背面土圧測定(R)、トックル軸力測定(M)とし、1断面あたり測線数は7であり、自動計測システムで1時間毎に自動測定する。

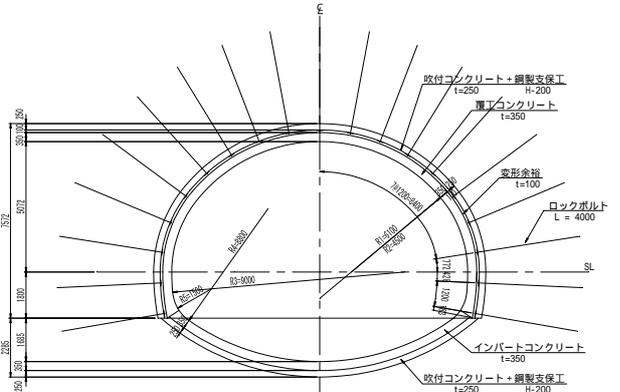


図 - 1 Tunnel支保構造概要

表 - 2 蛇紋岩・主断層のTunnel支保構造仕様

断面区分	D -1	D -2	
葉片状・粘土状規模	小規模	中大規模、主断層	
地山強度比	1.0	< 1.0	
1掘進長	1.00m	1.00m	
変形余裕量	10cm	10cm	
支保閉合	吹付け厚(圧縮強度)	25cm (18N/mm ²)	25cm (36N/mm ²)
	鋼製支保工	H-200 (SS400)	
	トックル本数	上・下半 19本 (L=4m), 170kN	
補助工(本数)	注入式フォアハイルリング, L=3.0m (19本) 長尺鋼管フォアハイルリング, L=12.5m (29本)		

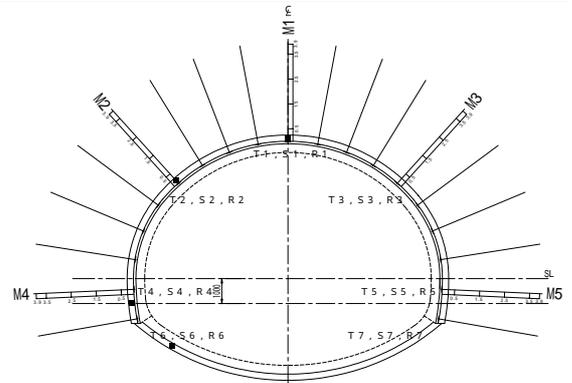


図 - 2 計測工B計器配置概要

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、必要支保耐力、作用土圧

連絡先: 東京都港区芝浦1-2-3シーパルスS館、Tel.03-5441-0566、Fax.03-5441-0510

5. 計測結果と考察

(1) 支保効果

吹付けコンクリート軸応力は図 - 3 に示し、吹付けコンクリート軸力を支保部材軸力で除した吹付けコンクリート分担率は図 - 4 に示す。鋼製支保工縁応力は図 - 5 に示し、蛇紋岩 小規模区間で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。

吹付けコンクリート軸応力の最大値は、12N/mm²の圧縮で天端部に発生し、圧縮強度 36N/mm²の範囲内で安定する。

吹付けコンクリートは、トンネル支保構造体に発生する軸力の 65 ~ 85%を負担し、主要支保部材として機能する。

鋼製支保工縁応力(+M)の最大値は、降伏応力の 245N/mm²を超えて天端部に発生し、270N/mm²の曲げ圧縮である。

天端と右肩部測線でのロックボルト軸力の最大値は、40 ~ 60kNの引張が発生する。これ以外は、早期閉合による内圧効果により発生軸力は小さく、システムロックボルトの地山補強効果は小さい。

(2) 必要支保耐力照査

粘土状、葉片状蛇紋岩は、地山強度比は 0.7 程度と低く、脆弱であるので、掘削影響域として H=60mを想定¹⁾し、厚肉円筒理論を用いて支保耐力を算定した

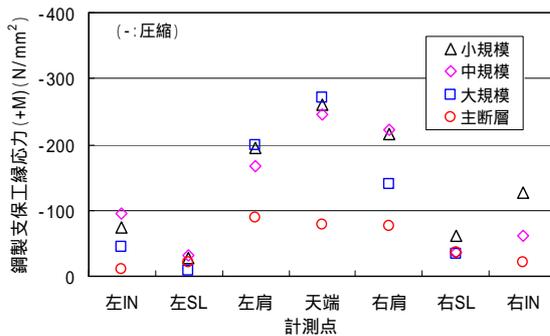


図 - 5 鋼製支保工縁応力 (+M)

(図-7)。これを基にして、吹付け厚 25cm、圧縮強度 36N/mm²とする高耐力支保構造を設計し、早期閉合で施工した。その結果、小規模蛇紋岩区間において、吹付けコンクリート軸応力の最大値 12N/mm²が発生したが、トンネル支保構造体の力学的安定は確保できた。

(3) 作用土圧

支保構造体への作用土圧 Po は、これに発生する軸力 N をトンネル半径 r で除して概算すると 0.3 ~ 0.7N/mm² が推定される (図 - 8)。これから、トンネル支保構造体には最大で、土かぶり 30m 相当の土圧の作用が推察される。

6. まとめ

厚肉円筒理論解を用いて必要支保耐力を算出し、トンネル支保構造仕様を定め、早期閉合で施工した。その結果、吹付けコンクリート軸応力は圧縮強度以下となり力学的安定は確保でき、この方法の有効性が示された。また、早期閉合トンネルの力学特性が明らかになった。

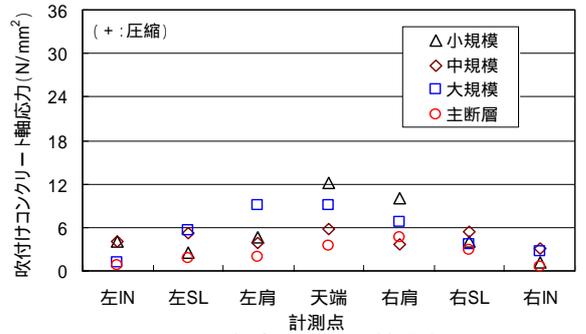


図 - 3 吹付けコンクリート軸応力

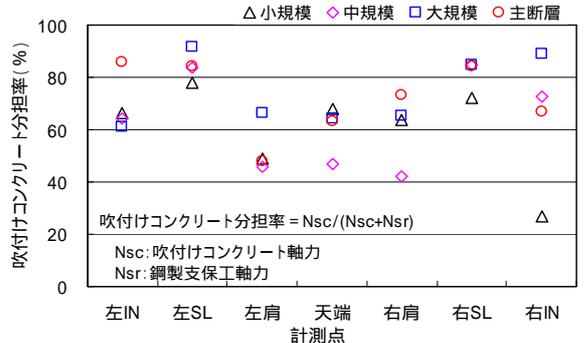


図 - 4 吹付けコンクリート分担率

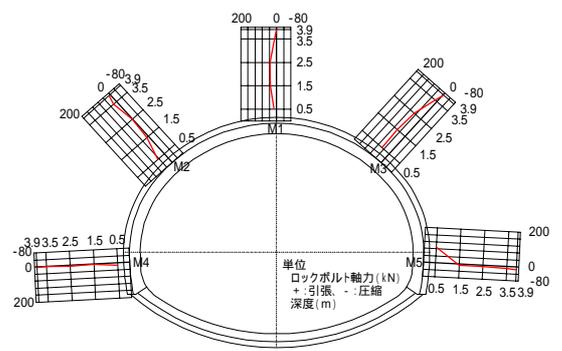


図 - 6 ロックボルト軸力分布(小規模)

(トンネル半径 : r = 6.50m, 掘削影響域 : H)

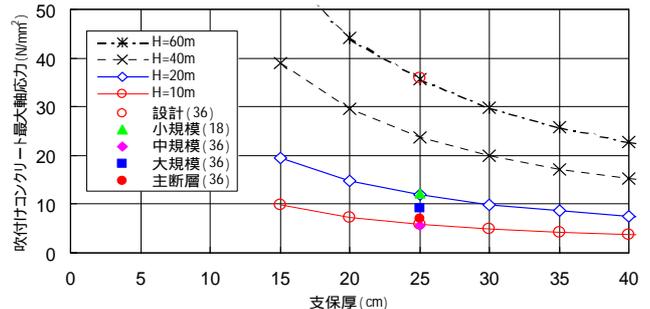


図 - 7 必要支保耐力と吹付けコンクリート最大軸応力

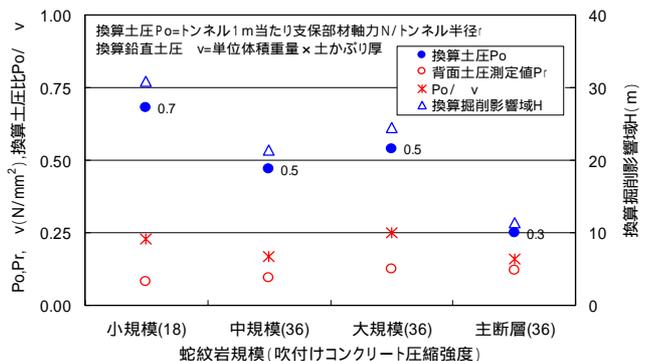


図 - 8 支保部材軸力からの換算土圧

参考文献 1) 楠本太ほか: 押し出し性地山における大断面トンネルの力学パラメータに関する考察, 第 60 回年次学術講演会, 部門, 2005.