

大規模断層破砕帯での双設後行トンネル拡幅掘削時の挙動特性

日本道路公団東京建設局上野原工事事務所 正会員 佐藤 淳
清水・熊谷・竹中土木共同企業体 正会員 松本 茂美
清水・熊谷・竹中土木共同企業体 正会員 上岡 真也

1. はじめに

第二東名高速道路富士川トンネルは、延長約 4,500m の長大トンネルであるので、TBM 導坑先進拡幅工法を採用した。トンネルの中央付近には、入山断層破砕帯が分布し、地山強度比は 0.3～0.7 と低く、強度不足による押し出し性

地山である。先行掘削した上り線では、変形余裕量の範囲内で、無事に通過することができた。後行下り線の掘削では、先行トンネルでの挙動特性を考慮し、トンネル支保構造仕様を修正し、施工した。その結果、先行トンネルの掘削影響を受けた後行トンネルの挙動特性とともに先行トンネルへの掘削影響が明らかになったので報告する。

2. 地質概要

上半断面内での TBM 導坑の先行掘削により、下り線入山断層破砕帯の地質は、TBM 導坑切羽の自立度が低い破砕質、TBM 導坑掘削時に鋼製ラゲが座屈した粘土質と鋼製ラゲが健全である破砕質、上り線掘削時に下り線 TBM 導坑鋼製ラゲが座屈した粘土質、砂礫層との層境を含む粘土質に大別でき、約 100m の規模で分布する。上り線と下り線の離れは、トンネル中心で約 55m であるが、上り線掘削時に、下り線 TBM 導坑に明らかな掘削影響が現れた。

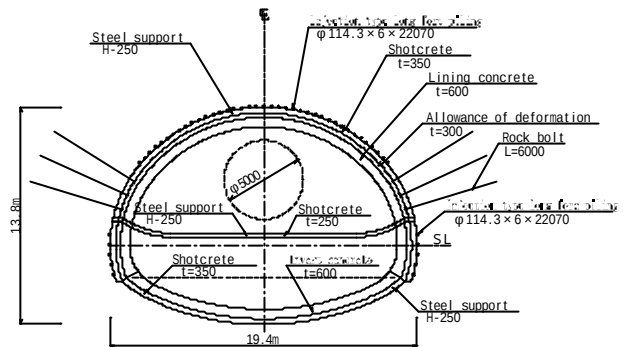


図 - 1 支保構造概要

3. 支保構造仕様

入山断層破砕帯粘土の変形能は高く、軟質、脆弱であるので、「鋼繊維補強高強度吹付けコンクリートと高耐力鋼アーチ支保工を主要支保部材とし、周辺地山強度と背面地圧に見合う剛性と耐力を有する剛な支保構造体とする」、「Cycle3-6-12 方式(トンネルと地下、2004.3 月)

表 - 1 支保構造仕様

断面区分		D -K-P	E-K1-P	E-K-P
断層幅		72m	36m	先行トンネル
1 掘進長		1.00m	0.75m	
変形余裕量		30cm	15cm	30cm
支保	吹付け厚 (強度)	35cm	50cm	35cm
		(36N/mm ²) , SFRS(1%)		
	鋼アーチ支保工	H-250 (SS590)		
	ロックボルト本数	上半 6 本 (L=6m) 290kN		
長尺鋼管フォアパイル工		上半 39 本、下半 10 本、L=22.07m、 φ114, 7×6		

を採用し、早期断面閉合による支保の軸力閉構造化により、保有耐力の早期発現と掘削影響域の深部進展を抑制し、不安定地山を安定化させる」は、上り線と同様であるが、後行下り線では、上り線掘削時の応力再配分を受けているのと、上り線での挙動特性を反映させると、粘土質 E-K1-P は、変形余裕量 30cm は 15cm、吹付けコンクリート厚 35cm は 50cm に修正する。このほかに、不安定切羽での確実な施工と掘削サイクルの短縮を目的として、L=22.07m の注入式長尺鋼管フォアパイル工を採用する。

4. 計測概要

支保構造仕様の検証と次施工の判断のための挙動特性把握を目的として、計測工 B を 3 断面と自動追尾機能を有する三次元自動測量システムの PaM-Net を用いて、吹付けコンクリート表面に取り付けた最大約 200 測点の鉛直・水平方向変位を 3～6 時間毎に自動測定する。

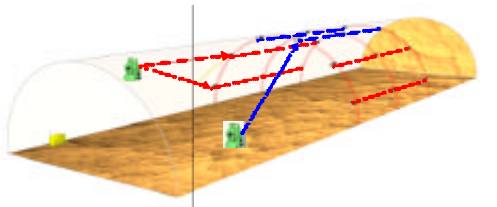


図 - 2 3D 自動測量システム (PaM - NET)

この計測断面は、トンネル進行方向 5m 間隔に 22 断面を設け、1 断面当りの測点数は 7 点である。先行掘削した上り線側は、下り線の掘削影響を把握するために、計測工 A,B は継続した。

キーワード：双設トンネル、大断面トンネル、断層破砕帯、変形余裕量、断面閉合

連絡先：第二東名高速道路富士川トンネル西（その 3）工事共同企業体 Tel.0544-65-0810、Fax.0544-65-0885

5. 施工状況

上半切羽前方の TBM 導坑鋼製ライフは、砂礫層境を除く全区間にわたって変状した。上半切羽鏡の自立度は、TBM 導坑掘削時の切羽が不安定であった STA.1027+05 付近や鋼製ライフが 100mm 以上に大変形した STA.1027+10～STA.1027+40 の約 50m間を除くと、高い。

6. 計測結果と考察

計測データは、断面閉合が完了し、上半切羽が 27m 進行した時点でのものであり、この計測データから、以下のことが言える。
 (1) STA.1027+10での内空変位の最大は、上半脚部測線に現われ、上半切羽が 6m 進行する間に、全変位量の約 25%が発生する。インバート閉合までは単調増加し、切羽通過時に倍加し、断面閉合約 1.5 ヶ月後に収束傾向を示す。

(2) 変位の最大値は、上半切羽が度々崩壊した破砕質 D 区間に生じており、上半脚部で 92mm の沈下である。内空変位は、上半脚部測線で 86mm の内空側の変位である。変位の発生量は、支保剛性の高い E 区間の方が小さい。

(3) TBM 導坑掘削時に鋼製ライフが変状座屈した粘土質 E 区間の変位量は、上り線掘削時に下り線 TBM 導坑鋼製ライフが座屈した粘土質 E 区間でのものより多く発生する。

(4) 砂礫層との層境を含む粘土質 D 区間では、鉛直方向変位は 50mm の沈下、内空変位も 50mm の内空側の変位となり、入山断層破砕帯区間で最も小さい。

(5) 先行上り線への掘削影響は、下半 SL 部の内空変位に大きく現れており、全変位量に対する増分変位量は 10～30%である。肩部では 6～20%、上半脚部は 10～15%である。鉛直方向には、左側の肩部と上半脚部、天端部の一部および下半両 SL 部は、上方に変位する傾向を示す。吹付けコンクリートで補強した区間の下半 SL 部は、全沈下量の 20～30%が上方向に変位する。

7. まとめ

先行トンネルの挙動特性を反映させた支保構造仕様で、双設後行トンネルの力学的安定と必要内空は確保できた。

今後は、計測工を継続しながら、数値解析的な評価を加え、双設トンネルの挙動特性としてまとめる予定である。

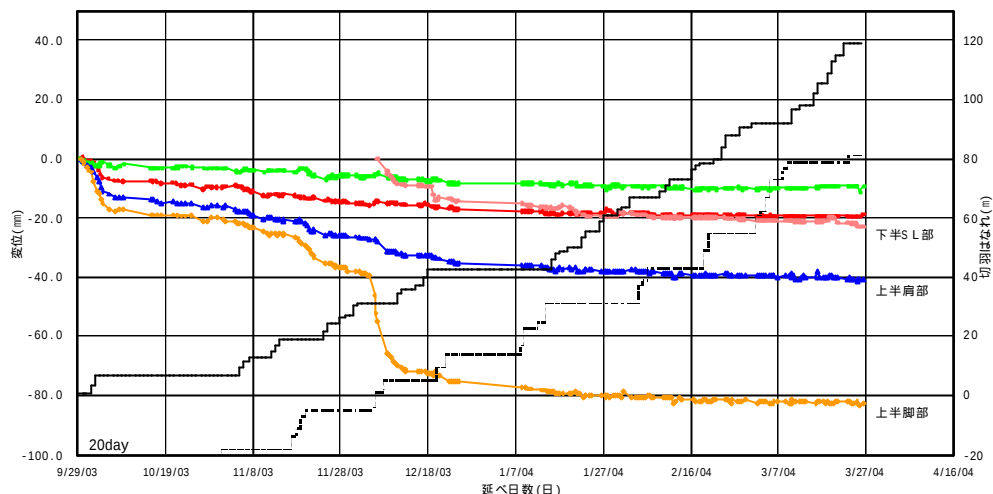


図 - 2 内空変位の経日変化 (破砕質 D 区間 STA.1027+10)

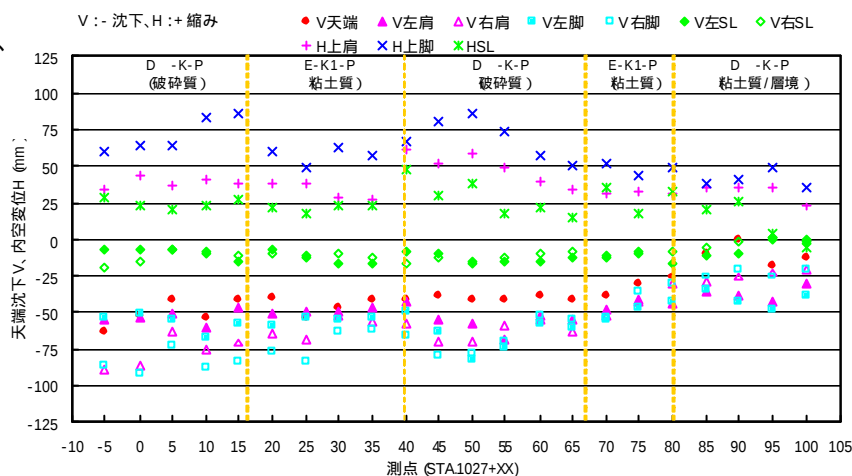


図 - 3 下り線入山断層破砕帯区間変位分布

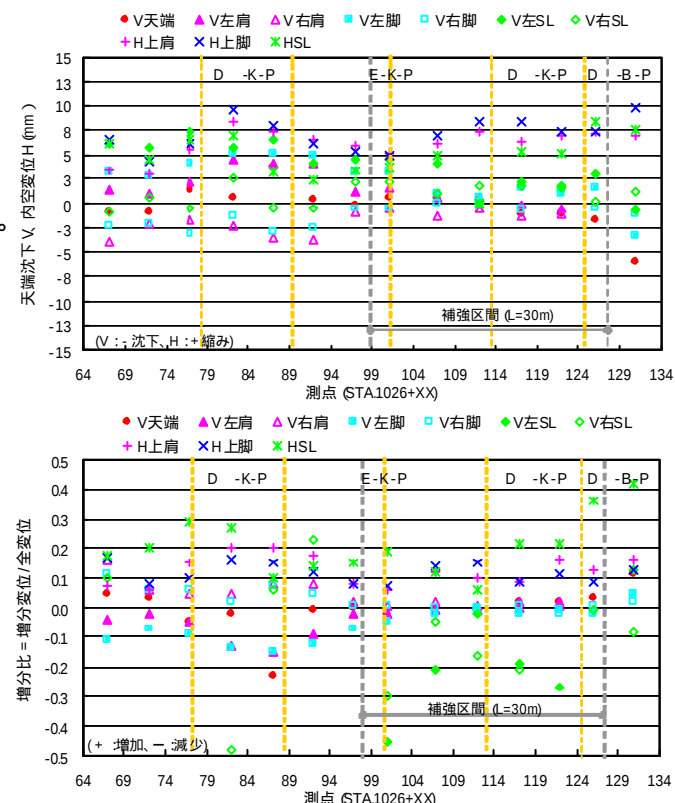


図 - 4 上り線入山断層破砕帯への掘削影響