

大規模断層破碎帯を貫く大断面拡幅トンネルの力学特性

日本道路公団静岡建設局富士工事事務所 正会員 小林 隆幸
 日本道路公団静岡建設局富士工事事務所 正会員 佐藤 淳
 清水・熊谷・竹中土木共同企業体 正会員 楠本 太

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り、TBM 導坑先進拡幅工法を採用している。トンネルの中央付近には、活断層を含む入山断層破碎帯が分布し、地山強度比は 0.3~0.7 の押し出し性地山である。このような地質での大断面トンネルの設計手法は未確立であるので、FEM 解析で力学挙動を予測し、計測工によりトンネル挙動を確認しながらのトンネル掘削とし、設計・施工にフィードバックさせることにした。この計測データにより、解析モデルの有効性が確認できたのと、大断面トンネルの力学特性が明らかになったので報告する。

2. 力学モデル概要

トンネル周辺地山は、支保構造体が支保として機能する以前に大きく先行挙動し、大ひずみを受けた地圧環境下で、支保構造系と釣り合うことになる。このことから、掘削外力の再配分は、切羽周辺に現れる地山のせん断強度の範囲内とする。トンネルの変形挙動は切羽周辺に現れる地山の変形特性に支配されるので、ここでの最終安定状態の物性値を採用する。ファールトでは、切羽周辺の大変形挙動に比べて工学的に無視できるものとしてモデル化する。

3. 解析手法

2D 弾塑性 FEM によるトンネル掘削解析とする。入力物性値は、TBM 導坑内でサンプリングした試料試験値¹⁾に工学的評価を加えて定めた。支保部材は、弾性体とした。解析ステージは、TBM 導坑掘削、上半拡幅掘削、下半・インバート掘削の 3 ステップである。

4. 解析結果

天端部は、約 80mm 沈下し、SL 部は、水平方向内空側に約 180mm、鉛直下向きに約 80mm の沈下となる。吹付けコンクリート軸応力は約 11~15N/mm² の圧縮、鋼アーチ支保工曲げ応力は約 160~309N/mm² の曲げ圧縮となり、部材耐力の約 50% 以上の高い応力レベルである。吹付けコンクリートは、全作用外力の約 78% を分担し、支保に作用する背面地圧は、約 0.6~0.9N/mm² となる。

5. 支保構造設計

入山断層破碎帯では、変位速度は速く、押し出し性を示すので、30cm の変形余裕を考慮した。地層の変形能は高く、軟弱、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した。また、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することにより、不安定地山を安定化させる。

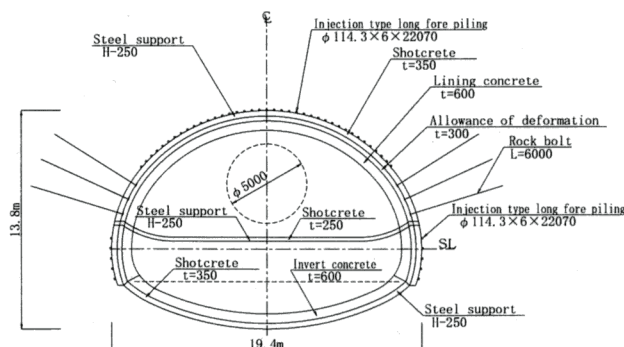


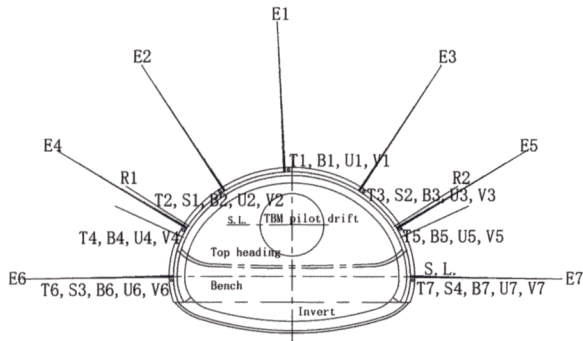
図-1 支保構造概要

キーワード：大断面トンネル、断層破碎帯、FEM 解析、押し出し性地山、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.0544-65-088

6. 計測概要

支保構造仕様の検証と次施工の判断に資するトンネル挙動特性の把握を目的として、部材応力測定のための計測工Bと自動追尾機能を備えた3次元自動測量システムのPam-Netによる3～6時間毎の変形余裕量自動測定を計画した。



図－2 計測工 B 計器配置概要

7. C3-6-12 方式による掘削状況

掘削単位は12mとし、上半と下半・インバート切羽の離れは24～36mとする交互併進である。下半とインバート掘削では、掘削単位を3mとし、これ毎に断面閉合するC3-6-12方式を採用した。上半拡幅掘削時の切羽の自立度は低く、頻りに切羽鏡と天端は崩壊したが、TBM導坑と長尺鋼管フォアバインクの切羽補強効果により、断面外への大崩壊は防げ、計画通りの工程で掘削が完了できた。

8. 計測結果と考察

(1) トンネル変位

最大変位は、断面区分E-K-P内の計測工B断面で生じており、左肩部で約72mmの沈下である。内空変位では、肩部測線で約80mm、内空側に変位した。これら変位の最大値は、変形余裕量30cmの範囲内にあり、必要内空は確保でき、解析で予測した範囲内での変形挙動であった。

(2) 支保部材力

吹付けコンクリート軸応力の最大値は、肩部に生じており、35N/mm²の圧縮である。上半断面の平均値は、約26N/mm²となり、圧縮強度の約70%以上の応力状態で安定している。鋼アーチ支保工との外力分担では、吹付けコンクリートの応力レベルが高いと、全作用外力の約80%を吹付けコンクリートが分担するが、応力レベルが低くなると約65%になる。解析値との対応では、計測値の方が、約1.2～1.9倍程高い。アーチ部での背面地圧は、0.3～0.5N/mm²である。

9. まとめ

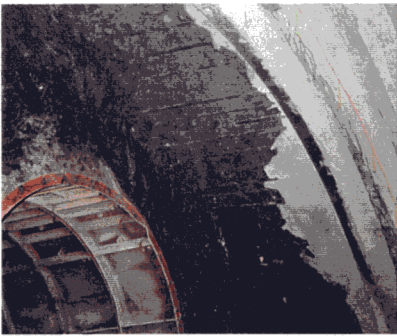
上り線入山断層破碎帯の拡幅掘削は、2003年3月4日にインバート閉合を終え、当初計画時の挙動予測の範囲内で、力学的安定は確保できた。今後は、この成果を、2003年9月からの下り線拡幅掘削での補助工法を含めた支保構造仕様、施工方法などの検討、判断に、反映させる予定である。

表－3 支保構造仕様

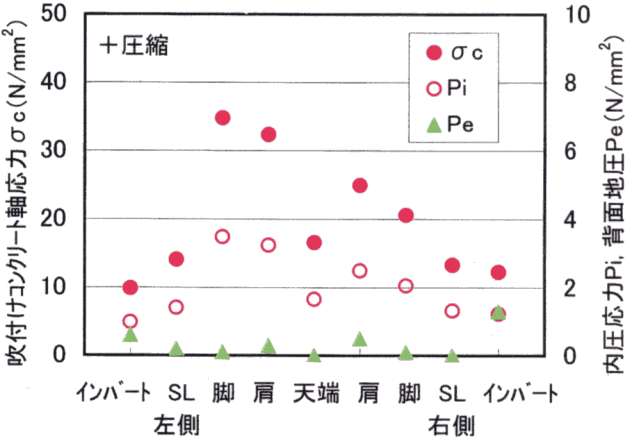
断面区分	DⅡ-K-P	E-K-P
断層幅	36m	24m
1掘進長	1.00m	0.75m
変形余裕量	30cm	
支保	吹付け厚（強度）	35cm（36N/mm ² ）, SFRS（1%）
	鋼アーチ支保工	H-250（SS590）
	ロックボルト本数	上半6本（L=6m）290kN
長尺鋼管フォアバインク	上半39本、下半10本 L=22.07m、φ114、7×6	

表－4 計測変位値

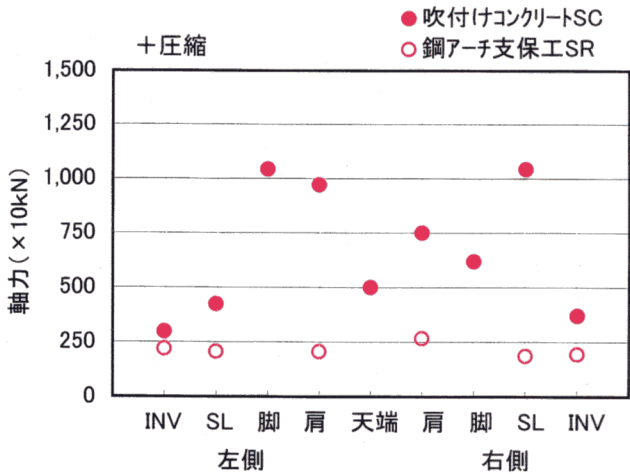
項目	測点	測定値
鉛直変位	天端	-38.4
	左肩	-71.7
	左上脚	-68.3
	左SL	-14.5
	右肩	-43.3
	右上脚	-46.3
-：沈下	右SL	-7.1
内空変位	肩部	79.6
	上脚部	55.8
	SL	12.5



写－1 上半切羽崩壊状況



図－3 吹付けコンクリート軸応力と背面地圧



図－4 吹付けコンクリートと鋼アーチ支保工の外力分担