

Ⅲ-B30

二重支保構造のトンネル挙動特性

日本鉄道建設公団 正会員 早坂 治敏
清水建設(株) 正会員 江戸川 修一
清水建設(株) 正会員 楠本 太

1. はじめに

朝日トンネル¹⁾は、延長約500mにおよぶ断層破碎帯に遭遇している。この破碎帯では、地山強度比は約0.1と低く、トンネル支保部材は変状、破壊し、周辺地山を含めたトンネル構造体は不安定となり、標準支保パターンでの内空断面確保は困難となったので、二重支保構造による高耐力化を試みた。その結果、周辺地山の力学特性に見合う支保剛性と支保耐力を有する二重支保構造体を切羽近傍で構築すればトンネルは安定化できるのと、これの挙動特性が明らかとなったので報告する。

2. 破碎帯概要

破碎帯付近の地質は、新第三紀中新世～鮮新世の北陸層群が分布し、安山岩、火山礫凝灰岩が主である。トンネル切羽には、凝灰岩の破碎帯粘土や礫混じり粘土層が出現し、岩石コアの一軸圧縮強度は0.2～0.3Mpaの軟弱質である。X線分析結果から、膨張性モンモリロナイトは含有しているが極微量である。湧水量は、最大100リットル/分程度と少量である。土被り厚は、約380mである。

3. 必要支保耐力の算定

支保部材の保有耐力を有効に活かすには、トンネル断面形状を円形に近づけ、早期の断面閉合による軸力構造体の形成が有効である。この閉構造体のトンネル周方向応力と支保厚の関係は、掘削影響幅(H)をパラメータとして厚肉円筒理論で計算すると、図-1のようになる。この破碎帯では、掘削影響の広がり(約130m以上²⁾)におよぶことから、約50cmの支保厚で、約300kgf/cm²以上の圧縮強度を有する軸力構造体を早期に構築すれば、トンネル支保構造体は掘削影響を受けた地山内の地圧と力学的に平衡となり安定しよう。

4. トンネル構造と掘削工法

掘削断面積は約72m²である。この破碎帯では、切羽に現れる地質は軟弱で高い変形能力を有することから、変形余裕を大きくとり、高耐力、閉構造の二重支保構造体とする。その支保パターンと構造仕様は、図-2と表-1に示す。掘削工法は、切羽自立性の高い地山では、切羽直近で早期断面閉合が可能な補助ベンチ付き全断面工法とする。不安定切羽では、短いベンチ長で上半を仮閉合し、下半とインバートは交互並進の上半先進工法とする。

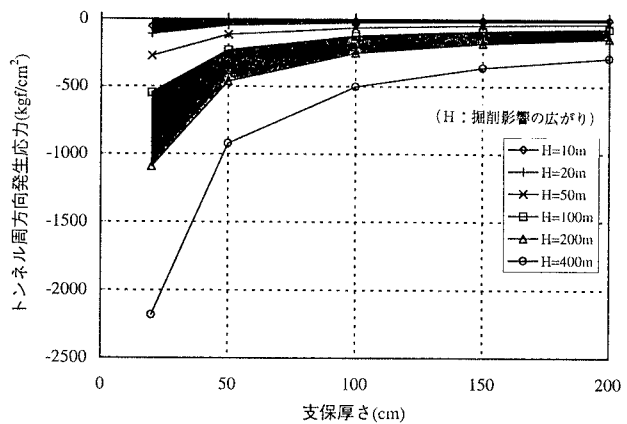


図-1 トンネル周方向応力と支保厚

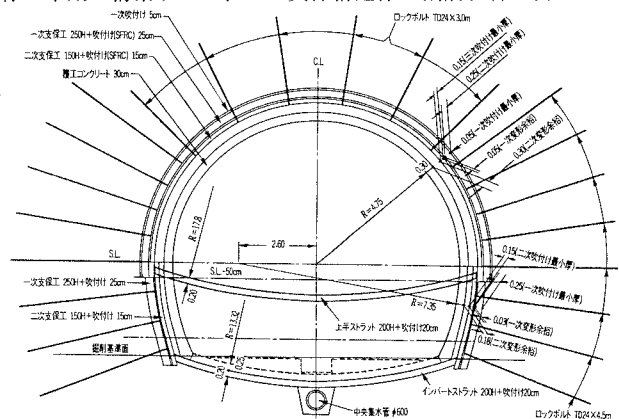


図-2 二重支保構造の支保パターン

キーワード：破碎帯、二重支保構造、支保耐力、厚肉円筒理論、トンネル挙動特性

連絡先：〒939-0704 富山県下新川郡朝日町境内朝日トンネル作業所 Tel.0765-82-2299, Fax.0765-82-2626

5. 計測結果と考察

二重支保構造で掘削したトンネル延長は、現在も掘削中であるが、約 270m である。内空変位計測は、トンネル軸方向 5m 間隔に実施した。計測断面と切羽が約 3 倍トンネル直径以上離れた計測断面での変位量は図-3 に示し、上半水平測線のインバート閉合時および切羽距離とそこでの内空変位量は図-4 に示す。二重支保構造で最大変位が生じた計測断面番号 25 の変位量の経日変化は、図-5 に示す。これらから、以下のことがいえる。

①上半先進工法は、上半支保の仮閉合と短いベンチ長での早期インバート閉合により、変位拘束効果は最も高い。

②上半支保を仮閉合しない補助ベンチ付き全断面工法で、切羽に現われる地質の硬軟の変化が激しい火山礫凝灰岩帯を掘削すると、そこが軟弱であれば、インバート閉合までに上半測線内空は大きく変位する。

③二重支保構造をシングル支保に変えて掘削すると、地質変化の影響を含むが、変位量は急激に倍増する。この影響を受けた切羽前方地山内を二重支保構造で掘削すると、軟弱地山でも、上半測線内空変位量は約 200mm に抑制できる。

④インバート閉合時の上半水平測線内空変位量が約 70mm 以下では、上下半の変位量は同程度となり、天端沈下量の約 2～3 倍となる。インバート閉合後の変位量は、閉合時の約 10～20% 増となる。掘削影響範囲は、約 80～120m である。

⑤インバート閉合時の上半水平測線内空変位量が 100mm を越えると、天端沈下、下半水平測線ともに不規則に大きく挙動し、周辺地山は不安定となる。インバート閉合後も変位量は増減し、閉合時の約 13～33% 増となる。掘削影響範囲は、150m 以上となる。

6. まとめ

切羽に現れる地質の力学特性に見合う支保剛性と支保耐力を有する二重支保構造体を切羽近傍で構築すれば、トンネル周辺地山を含めたトンネル支保構造体の安定は確保できることが分かった。

1) 豊原正俊、他：鋼製支保工の高耐力化と早期閉合で膨圧を克服、トンネルと地下、VOL. 29, 1998.

2) 楠本太、早坂治敏、江戸川修一：大規模破砕帯のトンネル挙動特性、第 54 回年次学術講演会、第Ⅲ部門、1999.

表-1 二重支保構造仕様

支保パターン名	特 (A)	特 (D)	特 (B/C)
支保構造	二重支保		シングル支保
掘削工法	上半先進	補助ベンチ付き全断面	
1 掘進長	0.8m	1.0m	0.8m/1.0m
上半ベンチ長	12.0m	4.0m	
インバート閉合距離 (交互並進)	下半とインバ ートは 4m	上下半とインバートは 4m	
変形余裕量	上半	50+300mm	300mm
	下半	180+30mm	180mm
鋼製支保工 (二重化)	一次	H-250	
	二次	H-150 (1 間遅れ)	
吹付けコンクリート (上半)	一次	5cm(ブレース) + 25cm(SFRC)	
	二次	15cm (SFRC)	
吹付けコンクリート (下半)	一次	25cm(ブレース)	
	二次	15cm(ブレース)	
ロックボルト	上半	L=3.0m (6 本) , L=4.5m (8 本)	
	下半	L=4.5m (8 本)	
上半仮閉合材	インバートと同	—	
インバート閉合材	H-200、20cm (ブレース)		

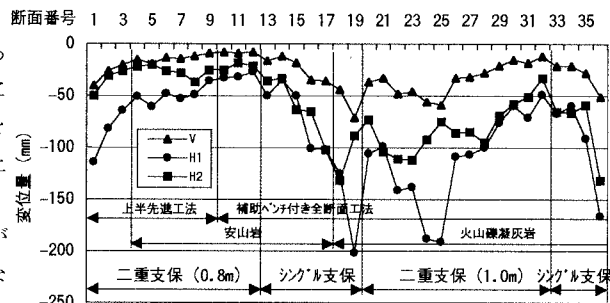


図-3 計測断面の変位

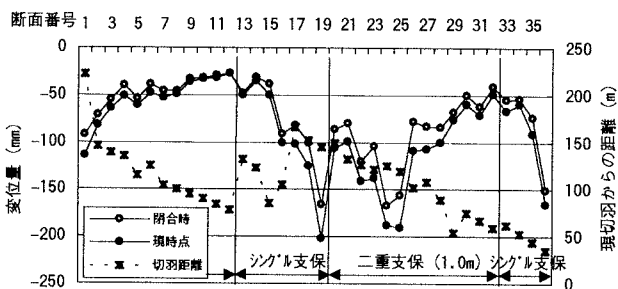


図-4 上半水平側線 (H1) 内空変位

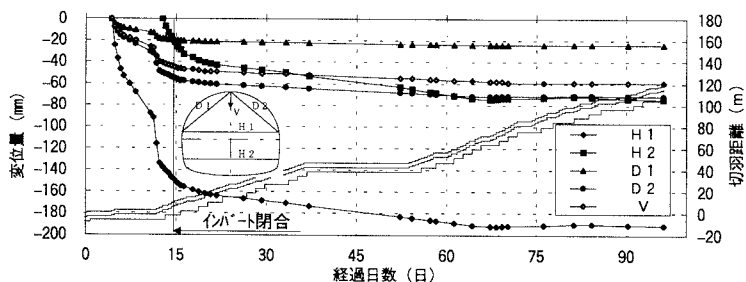


図-5 変位量の経日変化 (補助ベンチ付き全断面工法)