

Ⅲ－B 52

大規模破砕帯内のトンネル挙動特性

清水建設（株） 正会員 楠本 太
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

1. はじめに

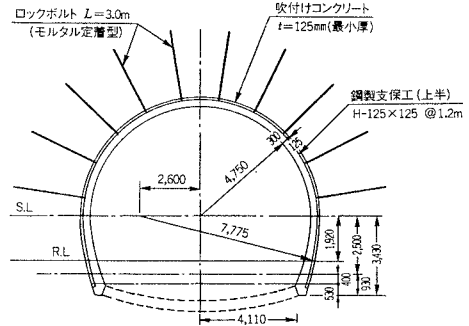
富山県と新潟県の県境に位置する朝日トンネル¹⁾は、延長約 500mにおよぶ断層破砕帯に遭遇している。この破砕帯では、地山強度比は約 0.1 以下と低く、トンネルは大変形し、支保部材は変状、破壊し、周辺地山を含めたトンネル構造体は不安定となっている。本報告は、この破砕帯でのトンネル内空変位計測により得られたトンネル挙動特性と、この大変形挙動が簡単な力学モデルで比較的良く表せられることが分かったので報告する。

2. 破砕帯概要

破砕帯付近の地質は、新第三紀中新世～鮮新世の北陸層群が分布し、安山岩質凝灰角礫岩が主であり、全体的に赤褐色のかなり変質した流紋岩質溶結凝灰岩に変化する。トンネル切羽には、凝灰岩の破砕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 400m である。

3. トンネル構造と掘削工法

トンネル掘削断面積は約 72m²である。破砕帯の標準支保パターンは図－1 に示す。この破砕帯区間では、切羽に現れる地質は軟弱質で高い変形能の力学特性を有することから、剛性の高い支保部材を採用し、トンネル支保構造は閉構造体とする。掘削工法は、補助ベンチ付き全断面工法と上半先進工法である。掘削方式は発破のタイ方式である。支保構造体仕様は、表－1 に示すとおりである。



図－1 標準支保パターン（地山等級 I_N）

4. 計測値からのトンネル挙動特性

破砕帯区間のトンネル内空変位計測は、約 100 断面で実施した。計測した変位量の大小は、切羽に現れる地質の力学的性質に支配され、切羽毎に大きく変化する。そのなかで、各々の掘削工法について、最大の内空変位量が発生する位置での計測値と最終変位量の予測値を表したものを図－2 に示す。これらから、以下のことが分かる。

表－1 支保構造仕様

掘削工法	補助ベンチ付き全断面	上半先進
1 掘削進行長	0.8m	0.8m
変形余裕量	150mm	150mm
鋼製支保工	H-200	H-250
吹付けコンクリート	SFRC (25cm)	SFRC (30cm)
増しロックボルト	L=4.5m (16 本)	L=6m (14 本)
閉合部材	インバート吹付け 20cm	上半ストラット H-200

①天端沈下量と上半側線のトンネル内空変位量は、上半先進工法は上半掘削のみであるが、同程度の変位量が発生する。また、補助ベンチ付き全断面工法でのトンネル内空変位量は、下半側線の方が上半側線より大きい。

②最終変位量の予測値の 95%が発生する切羽からの距離は、補助ベンチ付き全断面工法で約 130m、上半先進工法は上半掘削のみであるが、約 85m と短い。

③初期変位速度から最終変位量を予測する鉄道公団の回帰式では、大変形するトンネル挙動の変位予測に大きな誤差が生じる。変位収束型の指数関数で近似する方法では、大変形するトンネルの変位量予測への適用性は高いが、掘削影響範囲が広いので、掘削初期データのみでの予測は難しい。

キーワード：破砕帯、トンネル挙動特性、大変形、力学モデル、挙動解析

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦 1-2-3 Tel.03-5441-0566, Fax.03-5441-0515

5. 大変形トンネルの力学モデルと特徴

地山はモルクーロンの降伏基準に従う弾塑性体とし、強非線形性はハイニア関数で近似する有限要素法解析とし、「掘削外力の再配分は切羽に現れる地質のせん断強度の範囲内で分担する」、「トンネルの変形挙動はこの軟弱層の変形特性に支配される」が表現できる力学モデルとする。入力物性値は、切羽でサンプリングした試料の力学試験値に工学的評価を加えた値とし、表-2に示す。支保部材のロックボルトは、変位拘束効果が期待できないので、考慮しない。薄肉吹付けコンクリートはロッド材とし、鋼製支保工はビーム材でモデル化する。支保の遅れ効果は、応力解放率で表現する。

6. 解析結果と考察

内空変位量の解析値と計測値は表-3に示し、補助ベンチ付き全断面工法での解析値の変位ベクトル図と安全率（ R =せん断強度/せん断応力）は、図-3に示す。これから、以下のことがいえる。

- ①変位量の解析値は、計測値と良く対応する。
- ②トンネル掘削面から約10mの範囲内では、トンネル内

空側に顕著に大きく変位する。

③切羽周辺地山内では、掘削外力の再配分応力は数Mpaしか分担できないので、初期応力解放率は、70%程度が予想される。

③安全率 $R=1$ の領域は、補助ベンチ付き全断面工法で、約12～13mの広がりとなる。

7. まとめ

トンネルの変形挙動は掘削工法の違いより大きく異なるのと、簡単な力学モデルで大変形トンネルの変形挙動をシミュレートできることを示した。今後は、高耐力の二重支保構造体の計測値からの有効性などを報告する予定である。

<参考文献>

- 1) 豊原正俊、早坂治敏、江戸川修一：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。

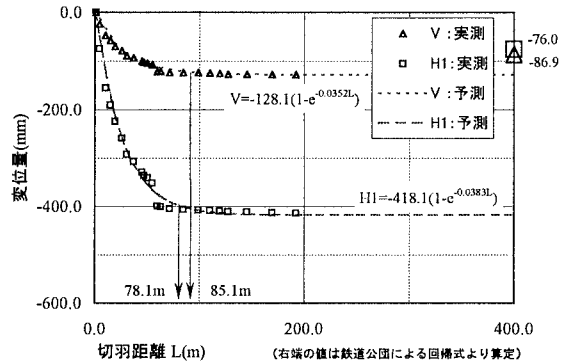


図-2(1) 上半先進工法の変位量

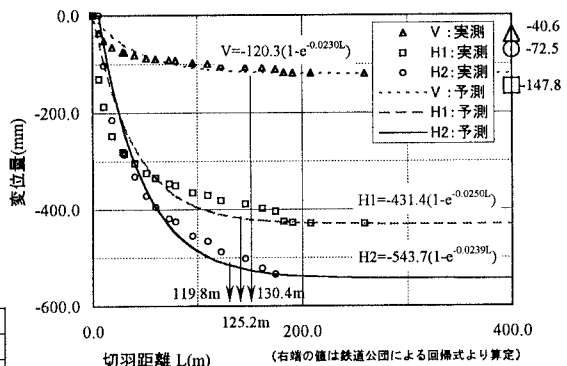


図-2(2) 補助ベンチ付き全断面工法の変位量

表-3 天端沈下と内空変位 (mm)

掘削工法	測点位置	解析値	計測値	解析/計測
上半先進	天端部	103	92	1.1
	上半側線	77	261	0.3
補助ベンチ付き全断面	天端部	135	116	1.2
	下半側線	246	420	0.6
		743	534	1.4

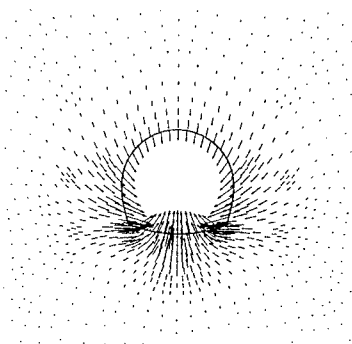


図-3(1) 変位ベクトル図

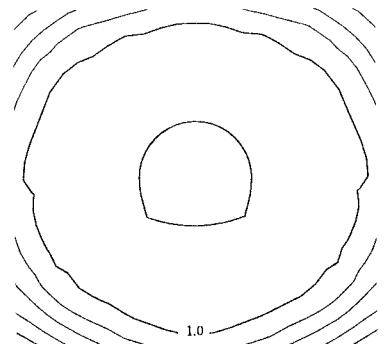


図-3(2) 安全率分布図