

トンネル掘削における新第三紀層変状対策と情報化施工

鹿島建設(株) 正会員 ○水島 宣勝
鹿島建設(株) 正会員 柴田 利明
鹿島建設(株) 正会員 乙竹 俊彦
鹿島建設(株) 正会員 畝田 篤志

国土交通省 東北地方整備局 酒田河川国道事務所

石井 宏幸

1. はじめに

堅苔沢トンネル(山形県鶴岡市)は、日本海沿岸東北自動車道における内空断面積約 70m^2 、延長1,993mのNATM工法山岳トンネルである。主な地質は新第三紀温海層の火山砕屑岩(火山礫凝灰岩、

凝灰岩、凝灰岩質泥岩)と粗粒玄武岩である。

本講はトンネル掘削中TD 1,000m付近で発生したトンネル支保の変状対策と計測管理について報告するものである。

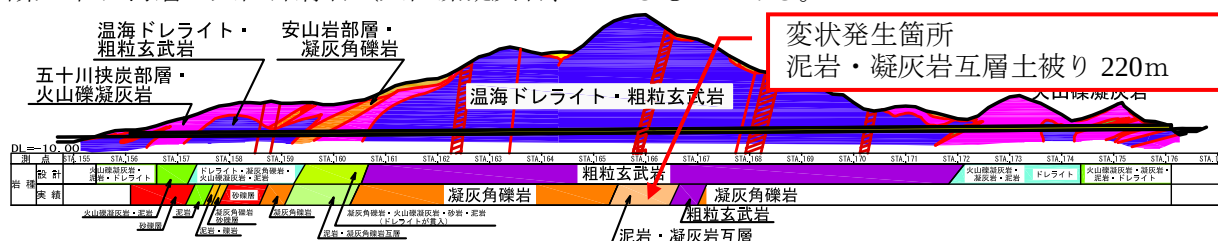


図-1 堅苔沢トンネル地質縦断面図

2. 変状の発生

TD 1,000m付近の泥岩・凝灰岩互層において、掘削切羽からの離れ 40m程度の範囲に吹付けコンクリートの剥離や亀裂、ロックボルト破断等の変状がトンネル下部に集中的に発生した。

これは 220mの土被りによる高い地圧と凝灰岩の膨張による膨圧が脆弱な地山にかかり、リング閉合前のトンネル支保の弱部に作用したためと考えられる。

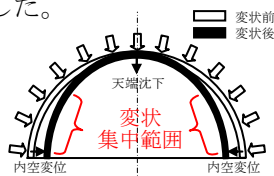


図-2 変形模式図

当該断面におけるA計測結果より、最終変位量は天端沈下 75mm、内空変位 350mm 以上と予測された。

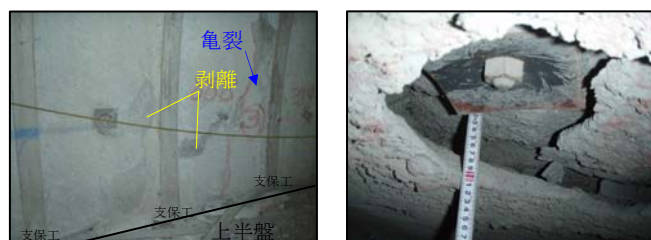


写真-1、2 吹付けコンクリートの破損状況



写真-3、4 ロックボルトの破断状況

3. 対策工

地圧による支保工の変状を抑制し、支保の破壊を防止するために、以降の支保パターンに対策工を施した。

対策工の決定に際してはFEM解析を実施し、ロックボルトと吹付けコンクリートの仕様、およびインバート早期閉合の採用を決定した。

また、近傍工事において同様な地山における変状対策として、増しロックボルトによる補強を実施し、変位量を 50%抑制した結果が得られていることから、これを採用した。

対策工の一覧を表-2に示す。

ただし、吹付けコンクリートの増厚(標準厚 200mm+増 150mm)については後施工が可能のため、発生応力を監視しながら、採用の是非を検討することとした。

表-2 対策工一覧表

対策工	仕様				選定理由
			標準	対策工	
増しロックボルト	ピッチ	m	1.2	0.6	近傍工事 実績より
	耐力	kN	180		
	長さ	m	4	6	側壁部ゆるみ 領域4.5m*より
	範囲	-	全周	側壁	
吹付け コンクリート	厚さ	mm	200	200+150	発生応力 56N/mm ² *より
	強度	N/mm ²	18	36	
変形余裕量	余裕量	mm	片側100		予測変位量 102mm*のため
インバート早期閉合	有無	-	なし	有り	変位量抑制 効果*のため

*印:FEM解析結果

キーワード: トンネル変状対策、増しロックボルト、高強度吹付け、インバート早期閉合、削孔検層
連絡先: 鹿島建設(株)東北支店土木部 TEL 022-261-7111 (代) FAX 022-261-9383

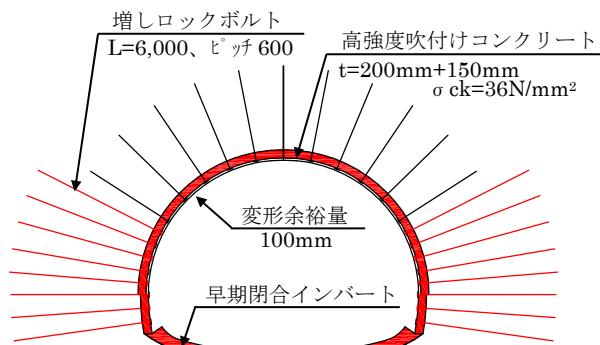
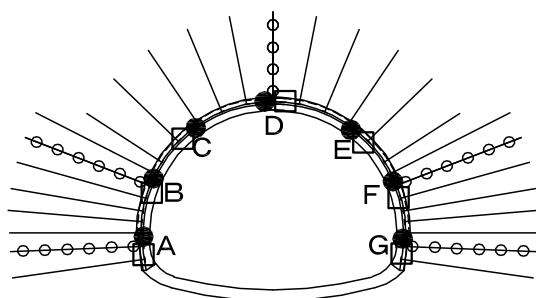


図-3 対策工支保パターン図

4. 計測管理とフィードバック

対策工を反映した支保パターンによる掘削を開始するにあたり、支保パターンの妥当性を検証するためにトンネルB計測を実施した。

図-4にB計測配置図を示す。



○：ロックボルト軸力計 ●：吹付け応力計
□：支保工応力計

図-4 B計測配置図

計測の結果、1D（約12m）掘削後のロックボルト軸力最大値は157.4kN（右肩部、引張り）、吹付けコンクリート応力最大値は22.1N/mm²（左肩部、圧縮）、鋼製支保工最大応力は345.3kN（天端部、圧縮）、内空変位量108mm（片側）となった。

これにより、ロックボルトの仕様が妥当であること、増し吹付けコンクリート(+150mm)が不要であること、変形余裕量が150mm必要であることが確認されたため、以降の支保パターンに反映し、より合理的な施工を行うことが出来た。

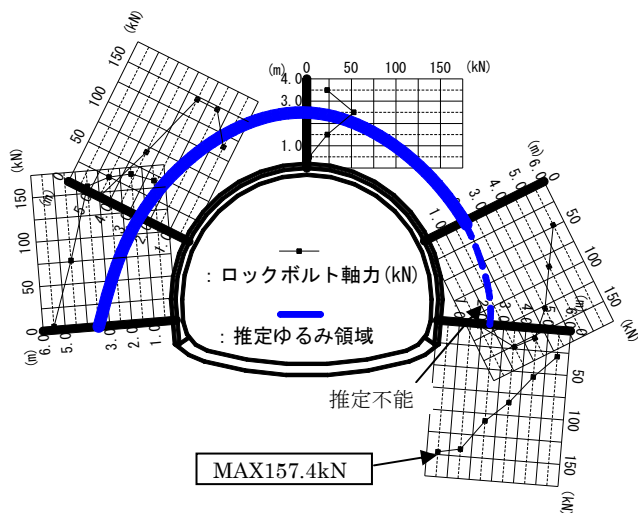


図-5 ロックボルト軸力分布図

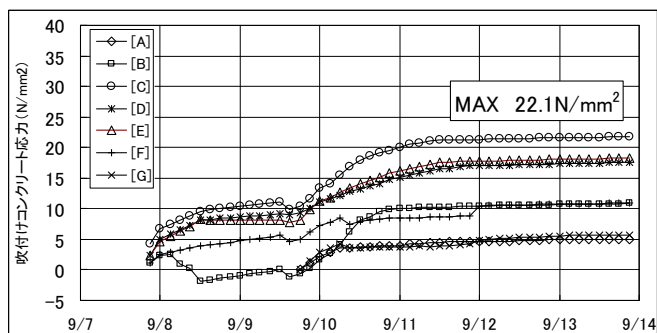


図-4 吹付けコンクリート応力経時変化図

表-3 A、B計測結果による妥当性検証一覧表

対策工	仕様	考察
増し ロックボルト	ピッチ	0.6m
	耐力	180kN
	長さ	6m
	範囲	側壁
吹付け コンクリート	厚さ	(+150mm)
	強度	36N/mm²
変形余裕量	余裕量	100mm
インバート早期閉合	有無	有り

5. 対策延長の予測

トンネル工事においては、事前の地質調査は行うものの、実際に掘削しなければ詳細な地質がわからないケースが多い。本工事においては削孔検層による前方探査を行うことにより、脆弱な凝灰岩・泥岩互層の延長を事前に探知し、対策延長を決定してから掘削を行った。

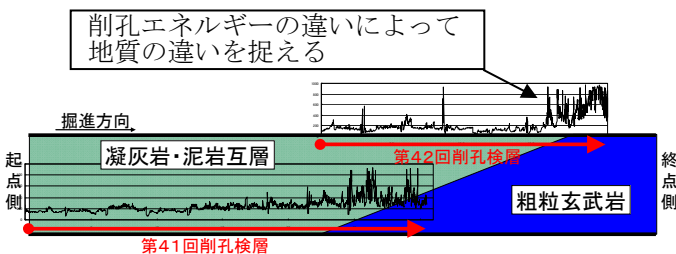


図-6 トンネル地質平面模式図

6. まとめ

推定内空変位量350mm以上の新第三紀層泥岩・凝灰岩互層部の掘削において、増しロックボルトと高強度吹付けコンクリートの採用およびインバート早期閉合の実施により、内空変位を60%程度に抑制し、健全な一次支保を構築することができ、これらの有効性を定量的に確認できた。

また、A、B計測結果を反映して支保パターンの設計を行ない、削孔検層によって前方を探査することができ、設計・施工の両面で合理的な施工を行うことができた。

本工事における施工結果は、今後の類似工事において合理的な施工を行う一助になると考える。