

硬岩掘削中に突如出現した強変質凝灰岩区間の施工

戸田建設(株)後志トンネル(塩谷)工事事務所※1 大原 宏敬 正会員 山火 智洋 正会員○横道 立樹

1. はじめに

後志トンネル(塩谷)工事は、北海道新幹線の新函館北斗～札幌まで延伸される約 212km の区間のうち、倶知安駅から新小樽駅(仮称)間に新設される後志トンネル(全長 17.995km)の 4 工区の中の 1 工区である。本工事において、硬質な安山岩を掘削中に粘土質の強変質凝灰岩が突如出現して既設支保工に変状が発生した。その後も強変質凝灰岩の影響により、最大 342mm の変位が発生した。本稿では、この強変質凝灰岩区間における施工について報告する。

2. 突発的な変状と掘削における課題

本工区における地質縦断図を図-1 に示す。斜坑・本坑交点部より約 1,100m の位置(322km494m)を鋼製支保工のないⅡ_Nパターンによる掘削中、切羽から 6m の範囲で既設支保工に変状が発生した。硬質な安山岩層の右側壁部の背面に隠れていた粘土質の強変質凝灰岩が約 470m の土かぶりの影響で塑性変形し、安山岩もろとも変形したものと推察された。既設支保工の変状状況を写真-1 に示す。322km594m (変状箇所から 100m 手前) より実施した先進調査ボーリングでは強変質凝灰岩は捉えられていなかった。強変質凝灰岩の地山試験結果を表-1 に示す。

一軸圧縮強度は 936kN/m² であり、地山強度比は Gn=0.1 と非常に小さく、浸水崩壊度試験では浸水後 2 時間で完全に泥状化してしまいう脆弱な粘土であった。変状発生切羽位置から 2m 先の切羽写真を写真-2 に示す。

変状が発生した既設支保工区間の対策と、地山強度比が 0.1 と非常に小さい強変質凝灰岩区間における施工方法の検討が必要であった。

3. 実施した対策・結果

3-1 変状対策工

切羽から 10m の範囲では吹付けコンクリートの剥離とクラックが多数発生したため、増支保工(H-125)と増吹付け(σ₂₈=36N/mm², t=15cm)を行い、補強ロックボルト(L=6m)と注入式フォアポーリング(L=3m シリカレジン注入)による周辺地山補強を変状発生切羽箇所から 322km506m までの区間 L=12m で実施した。

キーワード:トンネル掘削, 支保工, 補助工法

連絡先 ※1 〒048-2672 小樽市塩谷 2 丁目 38 番 5 号 TEL0134-64-1371

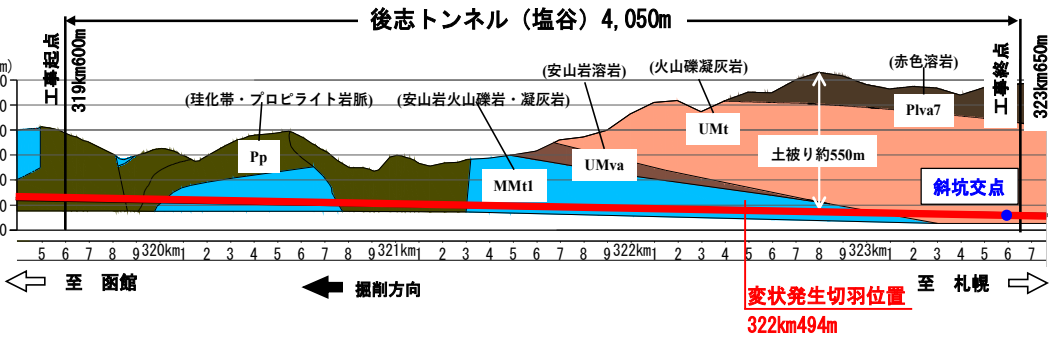


図-1 後志トンネル(塩谷)地質縦断図



写真-1 変状状況

表-1 地山試料試験結果(322km494m)

一軸圧縮強度 (kN/m ²)	密度 (kN/m ³)	スメクタイト 同定鉱物含有量 (%)	浸水崩壊度
936	18.65	86	4 完全に泥状化

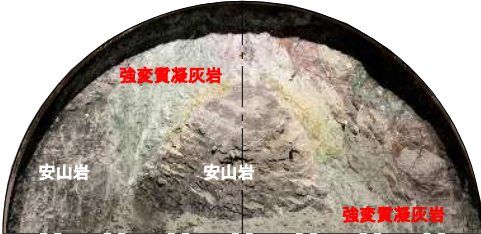


写真-2 322 km 492m 切羽状況

3-2 掘削再開(単層構造)

I_{N-1} パターンにより掘削を再開し、たちまち I_s パターンへの支保工の増強を行ったが、切羽近傍だけでなく後方まで変位が増大したため、一次インバート($R=8.9m$)を有する特 s_2 パターン(図-2)に増強して断面閉合を行いながら再掘削を実施した。再掘削後、322km494m～473m で強変質凝灰岩が出現したため、切羽近傍の緩み領域の拡大抑制や変位抑制効果のある各種補助工法を採用した。しかし、変位が収束しなかったため、最終的に増吹付けを実施し、200mm ほどの変位で収束させることができた。増吹付け実施区間では、覆工厚が不足したため、縫返しが必要となった。その後は比較的安定した凝灰角礫岩に変化して変位・沈下とも小さくなっていったが、322km435m 付近から凝灰岩や強変質凝灰岩が出現し、変位・沈下とも次第に大きくなった。322km422m では切羽通過後 2m で 200mm に迫る変位・沈下が発生したため、322km420m で掘削を停止して抜本的な対策の見直しを行った。

3-3 掘削再開(二重支保工)

三次元 FDM(FLAC3D)を用いて支保構造、施工方法などについて比較を行った。さらに、地山強度比が 0.1 と極端に小さいことは認識していたが、膨張性を示す指標とされるスメクタイトを 20%以上含有していることが掘削停止期間中に判明し、供用後の変位が懸念されることから、類似事例を参考に一次インバート半径を上半の 1.2 倍($R=6.0m$)に変更し、ロックボルトを追加した二重支保工を提案・選定した(図-3)。一次インバート半径の変更で、下半盤から一次インバート底部までの掘削深さが約 2.8m と深くなったため、閉合距離を 6m としていたが、8m に変更することとした。

二重支保工施工手順については、初期変位が非常に大きかったことから、切羽に極力近い場所で上半支保工【二次】を施工する必要があると考えて、上半支保工【一次】から 1m 後方で上半支保工【二次】、3m 後方で下半支保工【一次・二次同時】、8m 後方で一次インバート【一次・二次同時】を施工することとした。

施工を開始し、切羽全面を灰白色の強変質凝灰岩が占めるようになると、322km410m の上半右脚部と上下半水平測線では断面閉合後には収束傾向を示すものの、約 300mm の沈下と変位が発生した(図-4)。そのため、下半にも注入式鏡ボルトを追加することにより閉合距離を 8m から 6m に短縮した。閉合距離を短縮したことで変位抑制効果が向上し、

322km400m では内空変位 150mm、沈下 100mm 程度で収束させることができた。

4. まとめ

二重支保工を採用したが 300mm も変位が発生し、一部区間では縫返しが必要となってしまった。さらなる対策を用意しているが、2023 年 3 月現在、斜坑・本坑交点部より 1600m まで安定した地山が続き、強変質凝灰岩は出現していない。

本報告が類似のトンネル施工の参考になれば幸いである。

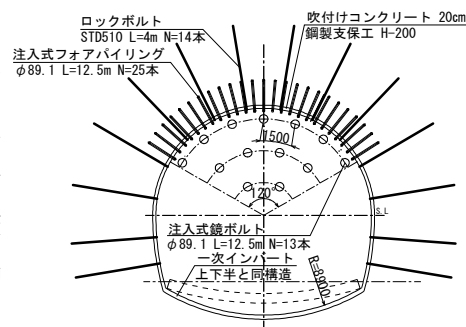


図-2 特 s_2 支保パターン図

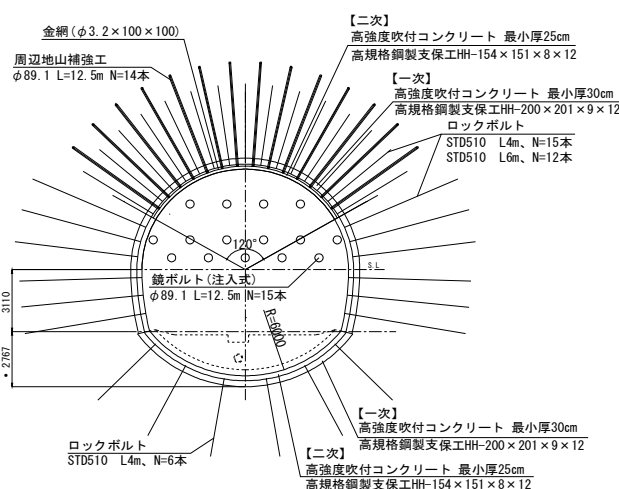


図-3 特 s_8 支保パターン図

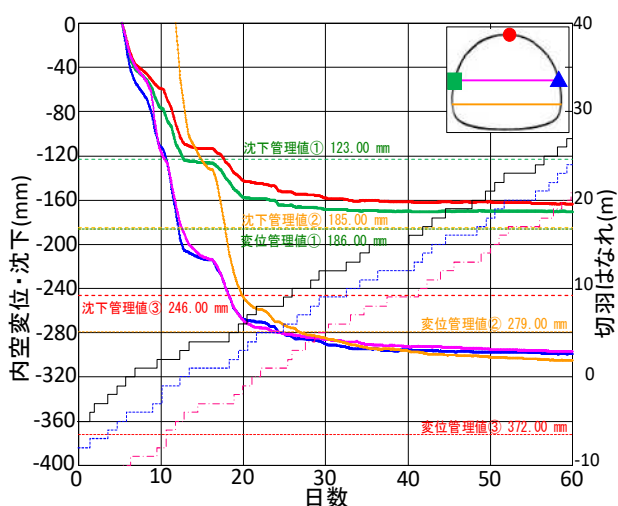


図-4 322 km 410m 経時変化図