

低土被り地すべり地帯におけるトンネル掘削

戸田建設(株)札幌支店土木工事部
戸田建設(株)札幌支店土木工事部

正会員 ○近藤 孝裕
高橋 和寛

1. はじめに

釧勝トンネルは、北海道を東西に貫く北海道横断自動車道黒松内釧路線の本別 IC から白糠, 阿寒を経て釧路へ至る国土開発幹線自動車道のうち, 十勝支庁と釧路支庁間を貫く L=4, 460m の長大トンネルである。(図-1) 事前調査では, 起点側坑口から L=362m までは中生代白亜紀根室層群活平累層泥岩が分布し, 非常に風化進行が早いスレーキング率 100% の脆弱地山であることが報告されている。また, 坑口切土部及び TD=156~250m の 94m 区間は土被り約 2D のトンネル上部に地すべり地帯が確認されており, トンネル掘削による地山緩みの低減が求められている。



図-1 トンネル位置図

本稿では低土被り地すべり地帯を伴う, 軟質で亀裂質である活平層泥岩における一連のトンネル掘削及び補助工法の実績と共に, 坑内外の計測結果を報告するものである。

2. 地質概要

起点側坑口から TD=362m 区間に分布する活平累層泥岩は暗灰色を呈する軟質な泥岩, シルト岩を主体とし, 一軸圧縮強度 2.5N/mm², 変形係数 70Mpa 程度, スレーキング率 100%, 地山弾性波速度 Vp=0.8~1.4km/s の低強度で, 破碎質な地質である。当区間では支持力不足による沈下の発生, トンネル掘削時の大きな土圧作用, 鏡面の肌落ち及び側方からの押し出しの可能性が高いと想定された。また, TD=156~250m の 94m 区間 (E パターン) にはトンネル上部に大規模な地すべりが確認され, 想定すべり面とトンネル断面との最小離隔距離が 1.0D 程度と近接する位置関係にある。しかし, 坑外での地すべり対策は用地問題により不可能であり, 坑内からの対策工でトンネル掘削による緩みを低減する施工方法が要求されていた。TD=362m 以降は中生代白亜紀根室層群川流布層泥岩, 砂岩, 砂岩泥岩互層となり, 一部断層が確認されているが, 比較的硬質であり, 発破掘削方式となる。図-2 に地質縦断図を示す。

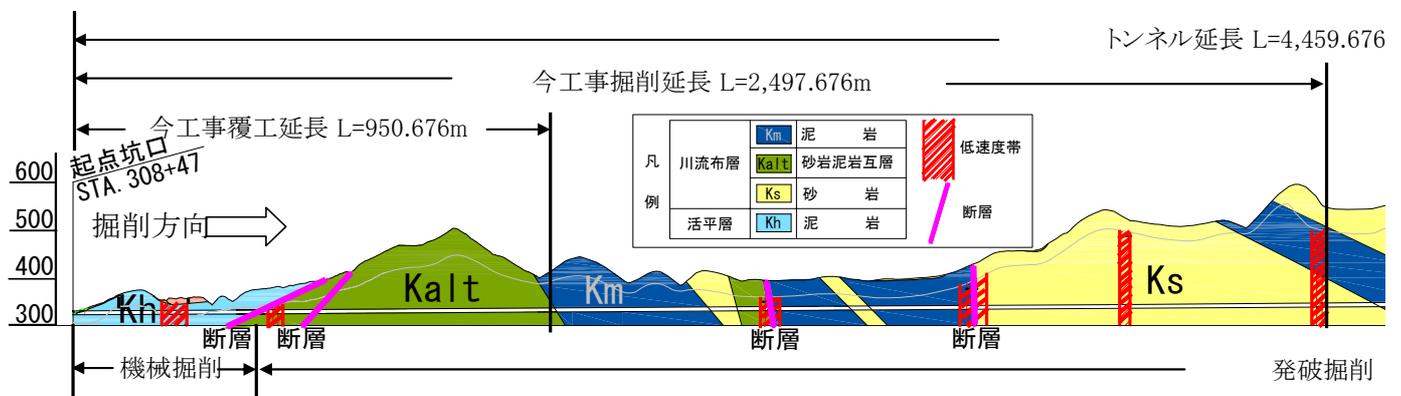


図-2 地質縦断図

キーワード 亀裂質泥岩, 地すべり地帯, 補助工法

連絡先 〒060-8535 北海道札幌市中央区北 3 条東 2 丁目 2 番地 戸田建設(株)札幌支店 TEL 011-231-9600

3. 補助工法概要

当初設計段階で坑口から362mの活平累層泥岩区間では補助工法として40シフトのAGF工法及び上半仮閉合(支保工有り)、インバート吹付(支保工有り)が計画されていた。起点側坑口低土被り部の地山不安定化、塑性変形への対応としてFEM数値解析を行い、当初設計ではトンネル側壁部及びトンネル上部の地すべり部に塑性化の進行が見られることから、側壁先行改良工(側壁地山部へのシリカレジンによる補強注入工)及び長尺鏡ボルトを提案し、採用された。図-3に代表的な支保・補助工法パターン図を示す。

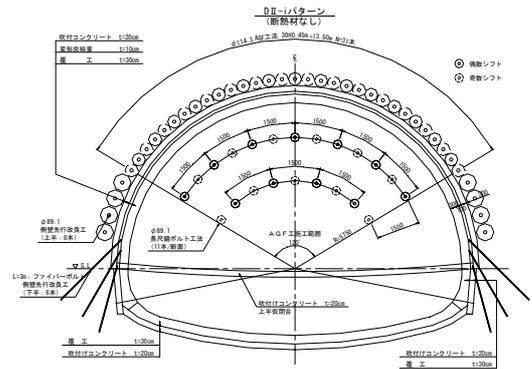


図-3 D II-i パターン図

4. 低土被り坑口部における計測結果及び上部地すべり地帯 (Eパターン) における補助工法の選定

D II-i (断)での最終天端沈下量は80.4mm,最終内空変位量は86.6mmと大きな変位が確認された。天端沈下,内空変位の特徴としては,以下のことが挙げられる。①初期変位速度が天端沈下で22mm/日,内空変位で30mm/日と非常に大きい。②天端沈下に関しては上半仮閉合の施工後でも収束傾向が見られず,下半及びインバートストラットを施工して収束傾向となる。③内空変位に関しては上半仮閉合の施工後に収束傾向が見られることから,内空変位に対して上半仮閉合ストラットが有効に作用していることが確認できる。④下半施工時に伴う上半仮閉合撤去時にも大きな変位が確認される。⑤インバートコンクリート施工時には,ほとんど変位が無いことから,インバートストラット付吹付による閉合で変位が収束し,地山の安定性が確保されている。⑥休日や補助工法施工時などトンネル進行を伴わない場合には変位が見られない。

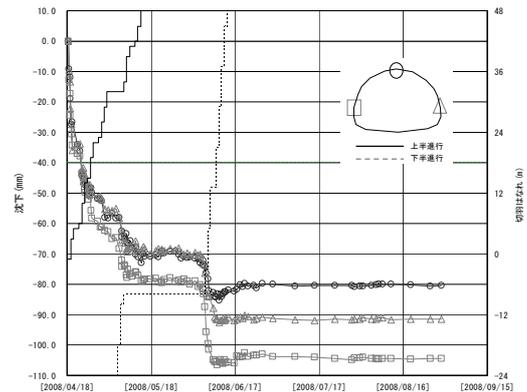


図-4 坑内沈下の経時変化図(TD78m)

地山の特徴としては変位傾向から,変形係数が著しく低く,上半根底部では塑性化が進行し,掘削による地山の緩み領域も広範囲に及んでいることが判断できる。

上部地すべり地帯(Eパターン)においては以降の調査ボーリングによる地質にも明確な変化が確認されないことから,同じ地盤物性値を用いて数値解析を行い,補助工法の選定を行った。数値解析としてはトンネルの先行緩みの影響を評価するために三次元有限差分法を採用した。その結果,当初設計のAGFの他,側壁先行改良工及び長尺鏡ボルトを施工し,計測結果に基づく判定から管理レベルI(地山の限界ひずみに基づく値で50mm)以内で収束傾向が確認されれば,段階的に補助工法を低減することとした。

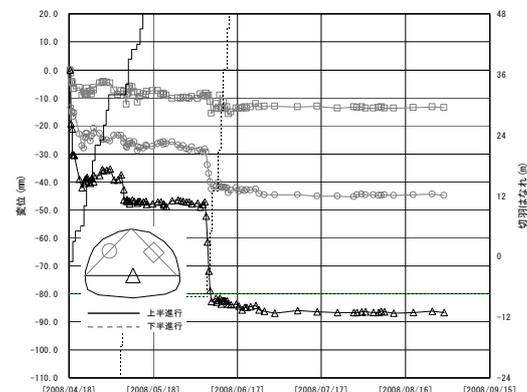


図-5 坑内変位の経時変化図(TD78m)

5. 上部地すべり地帯 (Eパターン) における施工結果

内空変位,天端沈下は最大で70mm程度,地表面沈下は最大で80mm程度となったが,動態観測の結果,トンネル掘削による地すべり地帯への影響は確認されず,今回の支保パターン及び補助工法の採用により,トンネル掘削による緩みを低減することができたと考えられる。また,計測結果に基づく管理を行い,TD=218m以降においては管理レベルI以内で収束傾向が見られたことから,計画通りに段階的な補助工法の低減を実施した。

最終的に上部に地すべり地帯をかかえたEパターンにおける内空変位,天端沈下は,管理レベルI~IIの範囲で収束が得られた。以上のことから,数値解析と計測データによる判定を組み合わせた手法が,低土被りの亀裂質泥岩層における施工管理手法として有効であることが確認されたと考える。