

脆弱な膨張性地山における前方調査と掘削時の対策工について

青木あすなろ建設㈱

上山 公正, 宮原 春彦, 正会員

○青木 雄大

青木あすなろ建設㈱

新山 祐樹, 正会員

高橋 裕之

1. はじめに

本トンネルは、事前調査より地山強度が小さく膨潤性粘土鉱物(スメクタイト)を含んでいることから掘削時の内空変位の増大や切羽鏡面の崩落や押出しが懸念された。また、トンネル中間部には沢や断層も位置していて、特に切羽の不安定化が懸念された。よって、掘削前に各種前方調査を実施して地質を調査し、掘削時は補助工法等の対策を実施して施工を進めた。本報告では、前方調査と掘削時の対策工について報告する。

2. 地形・地質概要

当工事は、長万部駅の新函館北斗方に位置し、(北海道新幹線新青森起点 221km705m～224km080m)延長 2,375m の NATM によるトンネル(豊野トンネル(延長 1,610m)及び幌内トンネル(延長 555m))及び路盤(延長 210m)の新設工事である。工事概要を表-1、地質縦断図を図-1 に示す。

表-1 工事概要

工事名称	北海道新幹線、豊野トンネル外1箇所他
発注者	JRTT北海道新幹線建設局
施工者	青木あすなろ・東武・生駒・菅原北海道新幹線、豊野トンネル外1箇所他特定建設工事共同企業体
工事場所	北海道山越郡長万部町地内
工期	2019/2/26～2024/4/25
工事内容	工事延長L=2,375m (豊野トンネル1,610m、幌内トンネル555m) 掘削断面積A=75m ² 内空断面積A=68m ² 機械掘削方式、インバート工、覆工

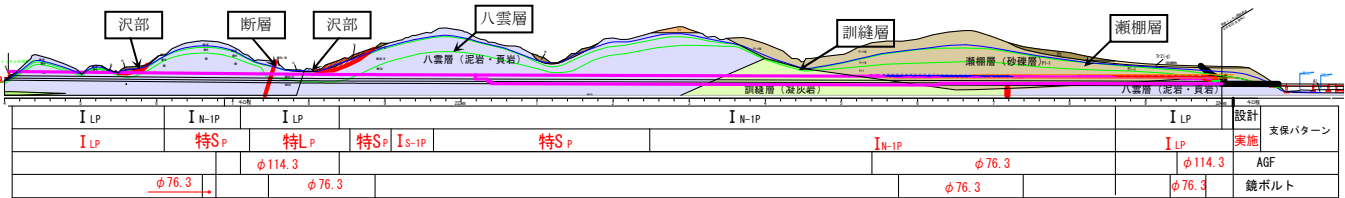


図-1 地質縦断図・支保区分 (上段黒文字：設計, 下段赤文字：実施)

3. 前方調査

①水平ボーリング

事前調査からトンネル掘削土には重金属を含んでいることが懸念されたため、トンネル全線で水平コアボーリング (PS-WL 工法, 写真-1) を実施し、採取コアの重金属分析試験を実施した。溶出量試験において、フッ素, 砒素, セレン等で基準値の超過が確認された区間は、対策土として処理した。



写真-1 水平ボーリング

本トンネルの地質は瀬棚層 (礫混じり砂), 訓練層 (凝灰角礫岩), 八雲層 (泥岩, 凝灰角礫岩) に分類された(写真-2～4)。採取コアの室内試験として、一軸圧縮強度試験, 浸水崩壊度試験, 定性 X 線回析試験を実施し、地山の膨張性の有無を判定した。また、全線で連続打撃貫入抵抗 P 値 (回/30cm) (NETIS : HR-180003-A) を取得した。瀬棚層の P 値は約 300～500, 訓練層, 八雲層では約 500～1500 を示した。各層とも軟質な状態であると判断できた。



写真-2 瀬棚層



写真-3 訓練層



写真-4 八雲層

②穿孔探査

切羽前方の脆弱部を 3 次元的に把握するため、トンネル全線で 30m 毎に 5m ラップさせて、切羽断面の 3 箇所 (天端部, 左右脚部, 写真-5) で穿孔探査 (DRISS) を実施し、地層区分, 硬軟判定を 3 次元的に把握した。穿孔エネルギーは、瀬棚層区間で概ね 100J/cm³程度, 訓練層や八雲層区間は 150J/cm³と

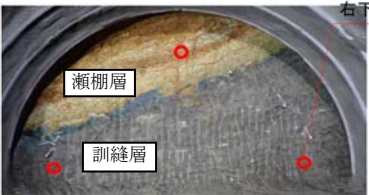


写真-5 探査箇所

キーワード 膨張性地山, スメクタイト, 前方調査, AGF 工, 長尺鏡ボルト, 一次インバート
連絡先 〒049-3521 山越郡長万部町字栗岡 20-1 豊野トンネル作業所 TEL 0137-76-7120

低く土砂相当(岩盤分類表で E~F)と判断した.

③FDEM 探査

沢部直下を土被り 0.5D (約 6m) で通過する区間では、突発湧水による切羽崩落の発生が懸念された。前方地山の帯水層の分布を面的に把握し、湧水対策について検討するため、FDEM 探査を実施した。帯水層は確認されなかったが、比抵抗値が 150Ω 以下の区間は粘土化が進んでいた (図-2、写真-6)。掘削中は、天端部の崩落が頻繁に発生したため、切羽安定対策として AGF 工及び注入式長尺鋼管鏡止め工を実施した (写真-7)。

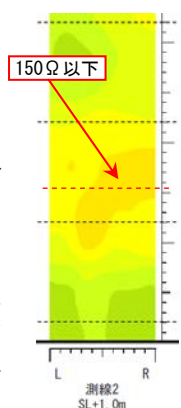


图-2 比抵抗値



写真-6 切羽状況



写真-7 切羽安定対策

④TSP303 探查

地質縦断図より、トンネル中間部(222km750m)に断層の出現が懸念されたため、断層の位置、走向・傾斜を把握し、補助工法の対策工の検討に活用するため、TSP303 探査 (NETIS : CB-150009-VE) を実施した。断層は明確に特定できなかったが、前方地山には弾性波速度が約 1.6km/s~1.8km/s の地質が分布することが分かり、粘土化した脆弱な八雲層泥岩が出現すると判断できた (図-3)。

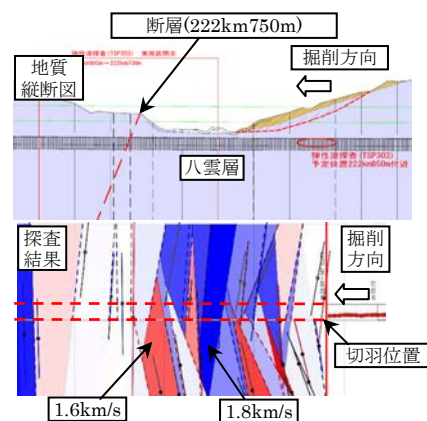


圖-3 探查結果

4. 変状箇所における対策

①瀬棚層区間

瀬棚層は河川付近の堆積層と想定された。礫とシルトを含む砂からなり、固結度の低い地質であった。掘削中は鏡面からの岩塊の抜け落ち、天端部のはく落が発生し切羽が不安定であった。切羽安定対策として、AGF工（注入式長尺鋼管先受け工、φ114.3 mm、L=12.65m）及び注入式長尺鋼管鏡止め工（φ76.3 mm、L=12.65m）を切羽進行 9m 毎に実施して掘削を進めた（図-4）。注入材にはシリカレジンを使用した。天端沈下、内空変位はともに 20 mm 以下で当初設計支保パターンを変えずに I_{N-1P} で施工した。

②訓縫層・八雲層区間

訓縫層は凝灰角礫岩、八雲層は未固結な泥岩層で、強風化し粘土化が著しい状態であった。ボーリングコアの室内試験結果より、地山強度比が1以下、浸水崩壊度が4となった区間は、地山の膨張性が懸念されたため、支保パターンを I_{N-1P} から特 S_P に変更し、初期変位量が大きくなったことから、一次インバートによる早期閉合を採用した（図-5）。上半掘削後の変位量は、水平側線で100mmを超過したが、一次インバートによる断面閉合後は収束傾向を示し、トンネルは安定した。

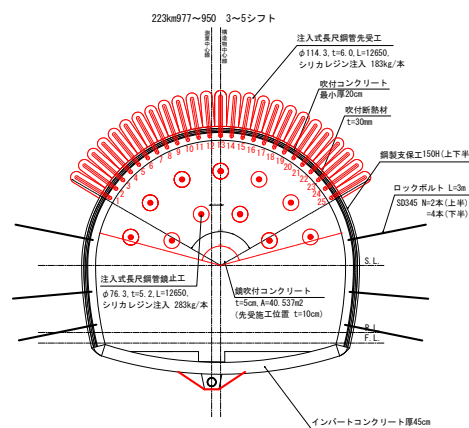


図-4 補助工法

5. まとめ

前方調査により前方地山状況を把握し、支保パターンの再選定を事前に行い施工できたため、大きな手戻りを発生させることなく、トンネルを施工できた。今回の施工にあたり、貴重なご意見やご指導を頂いた JR TT 北海道新幹線建設局をはじめとする関係各位の皆様には深く感謝の意を表します。

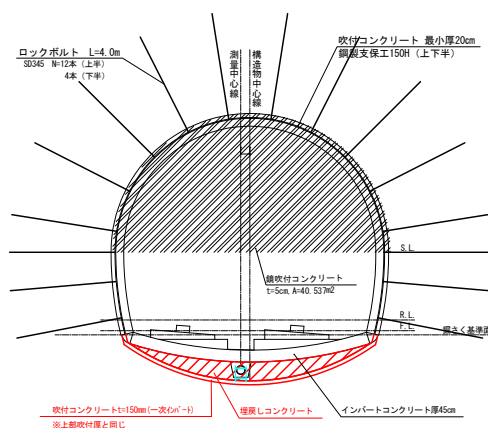


図-5 特 S_D パターン