

小断面 NATM における断層破碎帯の調査と多量湧水対策について

国土交通省 北海道開発局 函館開発建設部 函館道路事務所 正会員 古市 圭典 正会員 鹿嶋 辰紀
(株) 大林組 札幌支店 大沼トンネル JV 工事事務所 正会員 ○岡崎 雄一 正会員 高橋 佳孝

1. まえがき

NATM で断層破碎帯を通過する際は、トンネルの変状や切羽の崩壊、突発湧水により大幅な工費の増大と工期の遅延をもたらす恐れがある。そのため、事前に断層破碎帯の性状（位置、傾斜、厚さ、地下水状況）を把握することは円滑に工事を進めるうえで非常に重要である。本稿では、掘削断面積約 20m² の小断面 NATM において、地表面からの調査工および坑内からの対策工とその効果について報告する。

2. トンネル概要

現工事概要を表-1 に示す。本工事は避難坑全長 7,041.8m のうち、終点側（札幌市側）2,827.0m を新設する工事である。地質は新第三期の火山碎屑岩類であり、既往の地質調査で、下位に酸性変質を伴う変質岩、上位に非変質岩が分布し、これらの境界（TD=約 1,300m）に木地挽山断層北翼（以下、断層破碎帯とする）の分布が想定されていた（図-1）。

表-1 工事概要

工事名称	北海道縦貫自動車道 七飯町 大沼トンネル避難坑 西大沼工区工事
発注者	国土交通省 北海道開発局 函館開発建設部
施工者	大林・岩田地崎・森川JV
施工場所	北海道亀田郡七飯町
工期	2018年1月24日～2021年4月30日
工事内容	道路トンネル（避難坑）
主要工種	トンネル工（小断面NATM）
数量	掘削延長 L=2,827.0m (2020年3月現在の契約延長) 掘削断面積 標準部:約20m ² 連絡坑取合部:約40m ²

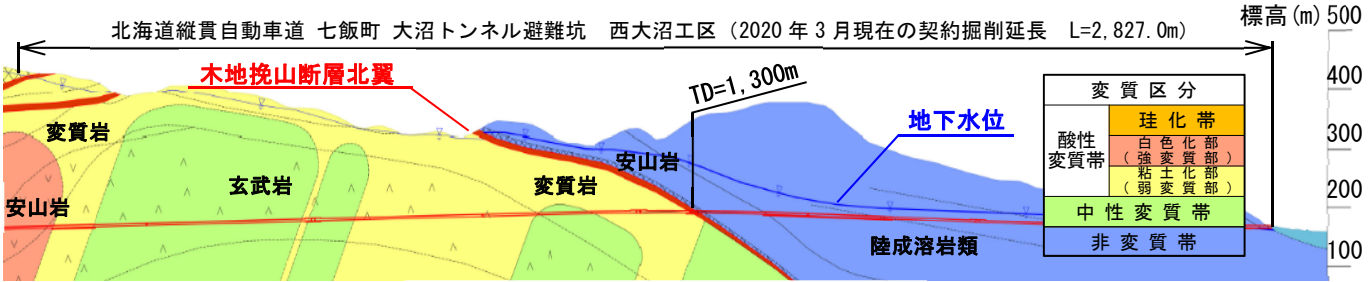


図-1 地質縦断図

3. 断層破碎帯の調査結果

断層破碎帯の傾斜や厚さは、地表踏査と電気探査等の結果から推定したものであり、トンネル内部付近での位置や性状、地下水の状況については直接確認されていない状況であった。そこで、これらの情報を詳細に把握するために地表面から①鉛直ボーリング、②電気探査（比抵抗二次元探査）を新たに実施した。なお、電気探査の測線は断層破碎帯の走向と直交する方向とし、鉛直ボーリングの位置を通過するように設定した。

ボーリングコアを図-2 に示す（削孔延長：175m、トンネル FH までの深さ 114m）。既往の調査では、断層破碎帯は 10m 程度の厚さと想定されていたが、主要な断層破碎帯は確認されず、50m 程度の範囲（深度 63m～115m）で分散して存在していることが確認された。調査結果から推定したトンネル線形での地質縦断図を図-3 に示す。断層破碎帯は TD=1,540m に位置し、想定よりも 220m 工事終点側であることが分かった。また、厚い断層ガウジ



図-2 ボーリングコア写真（代表箇所抜粋）

キーワード: NATM、小断面、断層破碎帯、湧水対策、水抜き

連絡先: 〒041-1354 北海道亀田郡七飯町字大沼町 184-5 大林・岩田地崎・森川 JV TEL:0138-85-6335

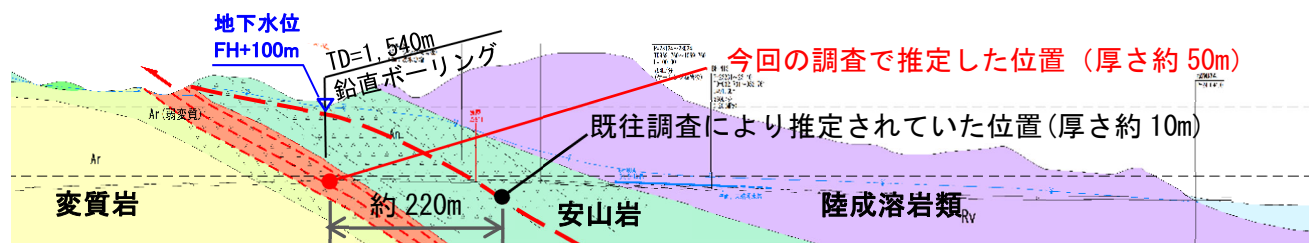


図-3 トンネル線形における地質縦断図

が連続するのではなく、小断面や割れ目の多い地質が 50m 程度の範囲で幅広く分布していることが分かった。なお、ボーリング位置におけるトンネル FH での水頭は 100m と地下水位は既往調査のとおり高い結果であった。また、電気探査での比抵抗分布も断層破碎帯を境に高比抵抗帯(右側)と低比抵抗帯(左側)であることを確認した。

4. トンネル内からの対策工（水圧ハンマー前方探査）

断層破碎帯の性状については明らかになったが、地下水位は高く、断層破碎帯通過時または以降の区間で突発的な湧水や湧水圧による切羽崩壊が生じる恐れがある。そこで、短時間で坑内からの水抜きと切羽前方の探査を同時に行える水圧ハンマー前方探査を実施した。本探査はダウンザホール式の削孔機を用いることで、削孔延長 150m 程度の高速長距離削孔を行い切羽前方の水抜きを行うと同時に、削孔時に得られたデータから独自に設定したエネルギー指標値 E ($=$ 送水圧 $P \times$ 打撃数 $f \div$ 削孔速度 V) で断層破碎帯出現位置と幅等も含めた地山状況を定量的に把握するものである。

5. 対策工の効果

本探査を 100m 毎に実施し、準備～削孔(左右 1 本ずつ: 計 2 本)～片付までを、3 方という短時間で実施でき、掘削作業に大きな影響を与えることなく施工できた。エネルギー指標値による切羽前方探査の結果と実際の地山(切羽)を比較したものを図-4 に示す。なお、エネルギー指標値が小さい程地山等級は低くなる。図より、全体的に精度よく地山の評価ができており、本トンネルの地山においても適用可能であることを確認した。

現時点で水圧ハンマー前方探査は 6 回実施しており、削孔後の湧水量は最大で 1161L/min ($\approx$ 70t/h) を確認した。削孔は切羽断面外から実施することで、切羽に多量の湧水が回ることを防ぎ、施工性・安全性の面でも非常に有効であった。その結果、大きな変状もなく円滑に断層破碎帯を通過することができた。

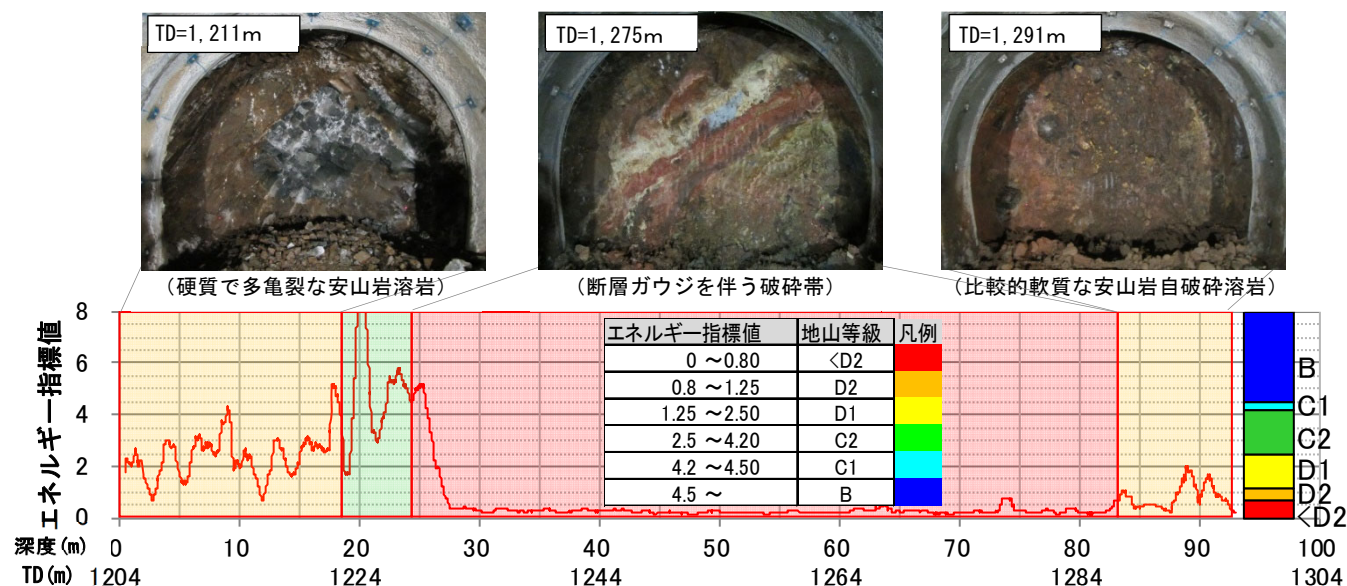


図-4 水圧ハンマーによる地山評価と実際の地山(切羽)の比較

6. まとめ

地表面から鉛直ボーリングと電気探査を実施した結果、断層破碎帯は想定よりも 220m 程度工事終点側に位置し、小断面や割れ目の多い地質が 50m 程度の範囲で幅広く分布していることが分かった。

また、トンネル坑内からの対策工として水圧ハンマーを実施し、短時間で効率よく水抜きを実施しつつ、エネルギー指標値により前方探査の手法としても適用可能であることを確認した。