

## 断層破碎帯におけるトンネル対策工について

(株)大林組 正会員 ○渡部 洋平 正会員 宮川 俊介  
 正会員 大竹 敏浩 正会員 山中 博登  
 国土交通省 東北地方整備局 三陸国道事務所 阿部 勝博

## 1. はじめに

三陸沿岸道路は、宮城県・岩手県・青森県の太平洋沿岸を結ぶ延長 359km、国交省発注の自動車専用道路で、東日本大震災からの早期復興に向けたリーディングプロジェクトに位置付けられた復興道路である。このうち野田久慈道路は、下閉伊郡普代村代 16 地割～久慈市新井田(久慈 IC)を結ぶ延長約 25km の自動車専用道路である。この路線の開通により、線形不良区間、津波浸水区間を回避し、走行性が向上するとともに、所要時間の短縮により救援物資の輸送拠点となる久慈港と宮古市間のアクセス性向上、救急医療施設への速達性向上等の効果が期待されており、周辺地域からは一日も早い開通が望まれている。本報文では、久慈長内トンネル中央付近に存在する破碎帯を伴った境界断層区間における調査、補助工法ならびに支保補強について報告する。

## 2. 工事概要

工事概要、工事位置図及び境界断層付近地質縦断図を表 1、図 1 に示す。

表 1 工事概要

項目	内容
工事名称	国道 45 号 久慈長内トンネル工事
発注者	国土交通省東北地方整備局三陸国道事務所
施工場所	岩手県久慈市長内町
工期	2019 年 2 月 8 日～2021 年 3 月 26 日
工事内容	トンネル(NATM)
主要工種	トンネル掘削工 インバート工 覆工コンクリート工 道路土工 坑門工
数量	L=1445. 3m

【主な地質区分】

地質時代	地層名	記号	構成地質・土質
第四紀 (野田群)	ローム	Lm	風化変質 全体に硬質
	洪積層	tr	砂礫 玉石混じり砂礫
	みなと 野田層群	MnSs	砂岩
	港層	MnGg	礫岩(大礫を多含する)
後期白亜紀 (久慈群)	くにたん 久慈層群	KKSs	シルト岩・泥岩(黒鉛含む)
	国丹層	KKMs	細粒～中粒砂岩(黒鉛発達)
		KKGg	礫岩

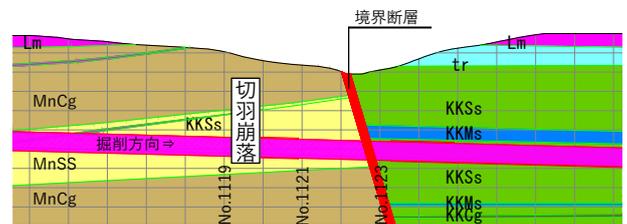


図 1 境界断層付近地質縦断図

## 3. 本工事の特徴

トンネルの中央付近に存在する境界断層は、久喜断層が分岐した分岐断層であり、逆断層とされている。また、久慈地区では幅 2m にわたる角礫化した破碎帯が報告されている。境界断層位置は、地表踏査および弾性波探査の結果、湧水圧試験結果より、No. 1123 付近と推定されていた。

## 4. 課題

## (1) 天端付近の抜け落ち発生

No. 1119+6.1 上半掘削において、天端の抜け落ちが発生した。比較的小規模なため境界断層ではなく局所的な崩壊と推定した。対策工として、小口径長尺先受け工(φ76.3、L=6.5m、22 本×580kg)を実施することとした。またこの区間は非常駐車帯断面である。境界断層は 80m 程度先に位置すると予想していたため、引き続き非常駐車帯断面で施工を進めた。

(2) 200m<sup>3</sup>を超える切羽崩壊発生

No. 1119+8.5 上半掘削において、200m<sup>3</sup>を超える大規模な崩壊が発生した(写真 1)。崩壊の規模より境界断層と推定し、緊急対策工として鏡吹付けコンクリートを実施した。



写真 1 No. 1119+8.5 切羽崩壊

キーワード 断層破碎帯、切羽崩壊、空洞調査、補助工法、水抜きボーリング、支保補強

連絡先 (株)大林組 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL: 03-5769-1306

## 5. 解決策

本断層の分岐断層が出現し同様の崩落が再度発生する可能性あったため、坑口側既施工のCⅡ区間に非常駐車帯を移動することとし、本区間はDⅠの標準断面へ再構築することとした。崩壊した箇所への地山状態は不均一であり、通常の地山とは異なる挙動を示すことが予想された。また、破碎帯区間の施工にあたり、境界断層の位置特定、前方地山の地質状況、帯水層の規模等を把握して施工する必要がある。

崩壊した箇所への対策と前方地山の対策工と施工結果は以下の通りである。

### (1) 崩壊した箇所への対策

#### a) 空洞調査

切羽崩壊部周辺に、崩壊による空洞や、大規模なゆるみ領域が存在していることが予想されたため、ドリルジャンボによる調査ボーリングを行い、ボアホールカメラを用いて孔内を確認し、崩落影響領域を推定した(写真2)。

#### b) 長尺鋼管先受工・長尺鏡ボルト工

掘削影響領域については、塑性領域拡大を防ぐためせん断補強として長尺鋼管先受工( $\phi 114.3$ 、 $L=12.5$ m、35本 $\times 220$ kg)、長尺鏡ボルト( $\phi 76.3$ 、 $L=12.5$ m、42本 $\times 200$ kg)を採用した。

#### c) 支保補強

掘削作業を行っていない期間も変位速度は緩やかだが、内空変位や天端脚部沈下に動きが見られ、吹付面の一部でクラックも確認されたため、支保補強の必要があった。まずは、変状対策として上半仮インバートを実施した。また、長期安定性の確保のためインバートストラット併用した一次インバートを採用した。下半、インバート掘削を実施する前に、掘削影響領域外の地山で定着できるように自穿孔ロックボルト9.0mも採用した(図2)。

### (2) 前方地山への対策

#### a) 調査ボーリングを兼ねた水抜きボーリング

多量湧水の発生の可能性もあったので、境界断層を特定するまで水抜きボーリングを実施した。併せてボアホールカメラにて孔内を確認した。固結度が低く孔壁が崩れやすい粘性土の領域を抜け砂岩が出現したことを確認したため、断層範囲は $L=63$ mの範囲と特定した。

#### b) 長尺鋼管先受工・長尺鏡ボルト工

ボアホールカメラの画像より、地山強度が低下した粘性土を挟在していることを確認したので、天端・鏡補強として、長尺鋼管先受工( $\phi 114.3$ 、 $L=12.5$ m、37本 $\times 170$ kg $\times 7$ シフト)・長尺鏡ボルト工( $\phi 76.3$ 、 $L=12.5$ m、44本 $\times 150$ kg $\times 7$ シフト)を採用した。

#### c) 支保補強

長期安定性の確保のためインバートストラット併用した一次インバートを採用した。

上半掘削後、掘削進行に伴い沈下量が増加傾向であったが、脚部の補強を施し沈下対策を講じることで、沈下量も収束傾向に転じた。上記の内容を実施し、破碎帯を伴った境界断層を無事通過することができた。

## 6. まとめ

当工事は、早期開通に向けトンネル掘削作業を中断することなく施工していくことが重要視されていた。結果として、破碎帯を伴った境界断層区間において大規模な切羽崩壊が発生したが、安全性、施工性、耐久性等を総合的に判断して的確に対策工を選定することができた。

今後類似工事に展開できる項目は以下の通りである。

- ・水抜きボーリング孔を利用したボアホールカメラによる地質調査
  - ・破碎帯を伴った境界断層区間の対策として、早期閉合・長尺鋼管先受工・長尺鏡ボルト工・水抜きボーリング
- 本トンネルで採用した工法は、比較的汎用性が高く、今後のトンネル施工の参考となれば幸いである。



写真2 ボアホールカメラによる  
空洞調査(崩積土)

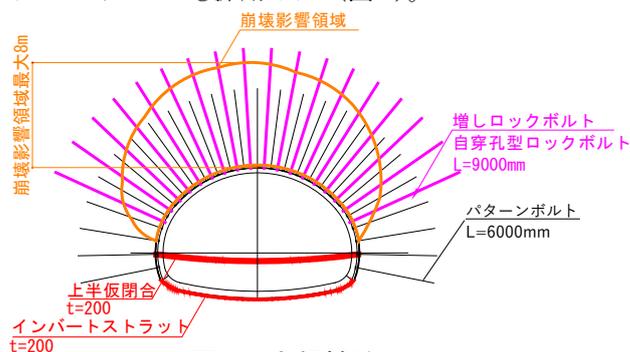


図2 支保補強