

不良地山区間におけるトンネル補助工法と変状対策工について

(株)大林組 正会員 ○山中 博登 正会員 宮川 俊介
正会員 大竹 敏浩
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、久慈長内トンネル終点側坑口部の不良地山区間におけるトンネル補助工法と変状対策工について報告する。

2. 工事概要

工事概要、工事位置図及び終点側工区地質縦断図を表 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 (当初延長 1368.0m)
その他	坑口位置変更

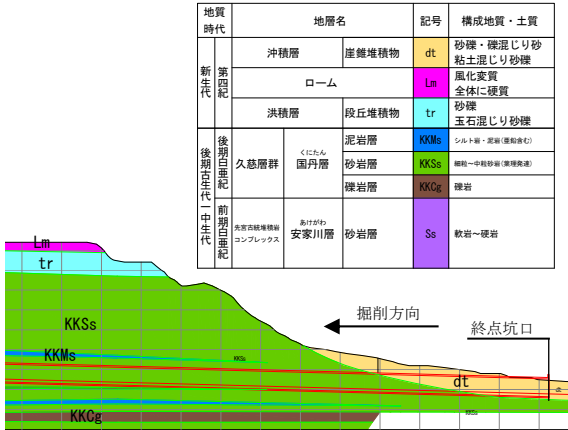


図 1 終点側工区地質縦断図

3. 本工事の特徴

(1) 終点側坑口部について

当該坑口部は、トンネル中心軸線と地形の関係が谷部侵入型に加え、土石流危険区域に該当していた。地下水位が高く、沢水の量が多く湿地状となっており、軟弱な崖錐堆積物層が谷を埋めて 10m 程度厚く堆積している。

(2) トンネル延伸について

坑口部は土石流危険区域に該当し、当初設計の坑口位置では、大雨時に発生した土石流が道路本線に流入するリスクがあった。そこで、ソイルセメントによる押え盛土で坑口位置を 36m 延ばし、恒久的な安全を確保するよう修正設計が施された。

(3) 坑内からの補助工法の選定について

崖錐堆積物層は、切土勾配 1:1.2 でも自立性が保てない地山であったことから、用地買収範囲や伐採範囲が大幅に増大する状況にあった。さらに、切土勾配 1:1.2 でも斜面安定対策が必要な地山であったことから、トンネル工事の工程短縮が求められる状況下での事前撤去は実質的に困難であった。そこで、崖錐堆積物を残置し坑内からの補助工法併用でトンネル掘削を行うことを選定し、トンネル掘削に着手した。

キーワード 崖錐堆積物, 地山改良効果, 坑口位置変更, 引込沈下, 脚部沈下

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

4. 課題

(1) 切羽における地山性状について

切羽に分布する崖錐堆積物の占める割合が多くなるにつれ、切羽の自立が困難となった。鏡吹付コンクリートを施工しても、その自重で地山との付着が保てなくなり、コンクリートが滑り落ちるように崩落する現象が発生した。核残しで鏡面に勾配を付け、鏡吹付コンクリートを実施しても、地山の押出しにより強度が発現する前にひび割れが発生した。そこで、湧水の影響を受けにくいシリカレジン注入材とした長尺鋼管先受工・長尺鏡ボルト工によるトンネル補助工法を採用した。しかし、地山の押出しによる崩壊は再度発生した。その際の、注入圧は初期圧+0.5MPa以下であり十分なものではなかった。

(2) 天端沈下・脚部沈下・地表面沈下について

上記区間のトンネル掘削時における天端沈下量は管理基準レベルⅡ～Ⅲ(75～101 mm)に相当した。右脚部沈下量は管理基準レベルⅢ以上に相当した。また、地表面沈下測定より先行天端沈下を確認した。さらに、各測点の変位は同じような挙動を示していることから、土塊として地山が滑動していることを確認した。変位速度も16 mm/日と著しく、掘削による影響範囲が広範囲に及んでいると推察された。また、切羽が通り過ぎると100 mm程度の引込み沈下を確認した。

5. 解決策

地表面の先行天端沈下が著しくグラウンドアーチが形成されにくいため、今後も鏡面の崩壊や天端部の崩落が予想された。塑性領域を拡大させないための天端・鏡補強工を実施する必要があった。また、地耐力不足によるトンネルの沈下は収束傾向が認められず、早期に対策を実施する必要があった。変状対策工を検討する上で、“既施工区間”と“未施工区間”に分けて検討した。

(1) 既施工区間について

トンネル地表面の変位挙動から、地耐力不足による沈下に加え、トンネル全体が起点側および右側へ偏圧を受けている可能性があった。トンネル全体の補強と偏圧対策として増しロックボルト、及び支保工連結工、ストラットを使用したインバート吹付を採用した。

(2) 未施工区間について

変位量の増大に対して変形余裕量を確保し施工を進める方法はあるが、切羽の自立性低下は解決しないため、現状の補助工法について見直すこととした。

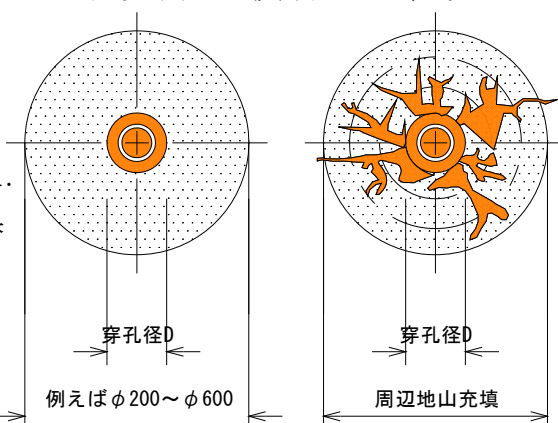


図2 定着効果と地山改良効果

長尺鏡ボルト工の注入管理において、一般的な定着管理では補強不足となり、地山の押出しによる崩壊を繰り返し、サイクルタイムが数倍に膨れ上がるとともに、先受け効果が発揮されず安全性が損なわれる可能性が高い。そこで、定着材に期待する効果を定着効果に加え地山改良効果とし、土粒子間の結合力を高めた前方地山の改良を行うこととした(図2)。注入量は、初期圧+2.5MPa程度となるように設定し、注入圧が確実に上昇するまで注入を行うこととした。結果的に定着効果の7倍量を設計注入量とした。

6. まとめ

土石流危険区域に該当しかつ崖錐堆積物が厚く堆積する坑口部において、想定以上の切羽の押出し及び急激な脚部沈下・地表面沈下に対し、補強ロックボルトや一次インバートによる支保剛性の向上、地山改良効果に期待した注入管理、先受けボルトの打設範囲拡大等の対策を行い無事に突破することができた。注入ポンプを増設することで工程への影響はなく、補強不足による地山の押出しによる大規模な崩壊も発生せず、サイクルタイムが数倍に膨れ上がるリスクを低減できた。

最後に、崖錐堆積物が厚く堆積する区間のトンネル掘削では、当該坑口部と類似の現象が発生することが予想される。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。