

低速度帯が頻出する砂岩層における前方地山調査と切羽崩落対策

(株) 鴻池組 大阪本店土木部 正会員 ○桂 康介
 (株) 鴻池組 大阪本店土木部 原田 建志 小林 亘
 (株) 鴻池組 土木技術部 正会員 北野 敬太

1. はじめに

本トンネルは低速度帯の出現が予想され、岩盤の劣化によって切羽の肌落ち、崩落が発生することが懸念され、前方地山の調査が重要と考えた。本稿では、掘削時の前方地山性状の調査と、その結果を基にした切羽崩落対策の施工実績について報告する。

2. 工事概要

本工事は、中部縦貫自動車道（延長約 160 km）の一部である大野油坂道路（延長 35 km）のうち、全長 2,550 m の山岳トンネルの起点側延長 1,592 m を施工するものである。工事概要を表-1 に示す。

表-1 工事概要

工事名称	大野油坂道路川合トンネル川合地区工事
発注者	国土交通省 近畿地方整備局
施工者	株式会社 鴻池組
工事場所	福井県大野市川合地先
工期	2018年10月3日～2022年6月30日
工事内容	トンネル掘削L=1,592 m(機械掘削, 発破掘削) 覆工 1,422 m, インパート 553.6 m, 坑門1基 残土処理工 174,000m ³ , トンネル仮設備工 1式

3. 前方地山性状の調査

3.1 地質概要

地質縦断図より、起点側坑口より 832 m 以深の地質は大半が砂岩主体 ($V_p=4.0\sim 4.5$ km/sec) の良好な健岩であった。その区間の中に延長 20~50 m の低速度帯 ($V_p=2.0\sim 3.0$ km/sec) が複数箇所挟在しており、そのうちの 1 箇所は TD=1,270 m 付近に予測されていた。また、F5, F6 断層が TD=1,280~1,290 m に予測されていた。低速度帯では亀裂が多く、湧水が増加すると考えられ、その周辺での岩盤の劣化が懸念された。

3.2 穿孔探査法を用いた前方地山性状の調査

TD=1,256~1,266 m では地山は安定しており、設計の CII パターンで施工していた。TD=1,266 m 以降の地山は砂岩主体から泥岩主体に変化する兆候が見られた。また、TD=1,272 m 地点の切羽では、鏡面の右肩から軽度の肌落ちの発生が確認された。肌落ち部では、滴水程度の湧水が発生し、鏡肌となっていた。

地山の状態が悪化したことを受け、CIIからDIへの支保パターンの見直しと補助工法の必要性を検討するため、穿孔探査法を用いた前方地山性状の調査を行った。前方探査は低速度帯と F5, F6 断層の分布位置を判定できるように、TD=1,272~1300 m の区間で実施した。また、前方探査は水抜きボーリングを兼ね、湧水による緩み、押出しの抑制を図った。補助工法の判断基準については、「NPO 法人臨床トンネル工学研究所トンネル補助工法委員会 平成 20~21 年度活動報告書」に記載されている削孔エネルギー ($E=150$ J/cm³ 以下) の数値を適用した。

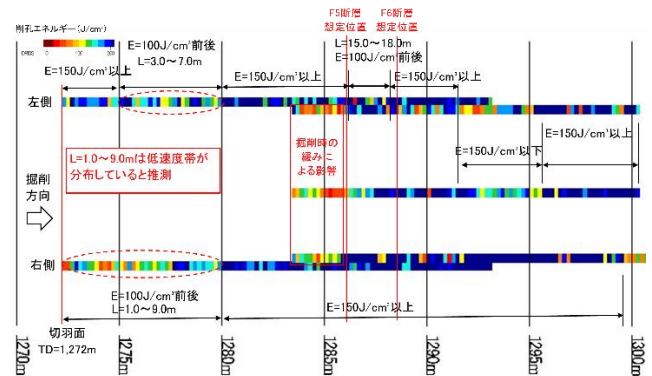


図-1 前方地山性状の調査結果 (TD=1272 m)

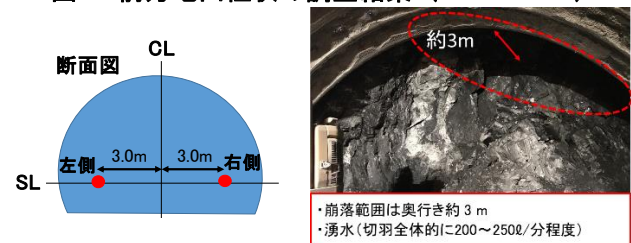


図-2 穿孔位置

写真-1 天端部抜落ち状況

前方探査結果を図-1、穿孔位置を図-2 に示す。穿孔位置が左側の孔では、穿孔距離 $L=3\sim 7$ m, $L=15\sim 18$ m で削孔エネルギーが $E=100$ J/cm³ 前後であり、その他では $E=150$ J/cm³ 以上であった。右側では、穿孔距離 $L=1\sim 9$ m において $E=50\sim 100$ J/cm³ であり、以降は $E=150$ J/cm³ 以上であった。また、TD=1,294 m 付近では一部で $E=150$ J/cm³ 以下の箇所が確認された。以上より、切羽位置から 9 m までは不安定な地山であり、天端部や鏡面からの肌落ち、崩落に注意して施工する必要があった。

キーワード 山岳トンネル, 低速度帯, 前方地山性状の調査, 補助工法

連絡先 〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 本町南ガーデンシティ TEL 06-6245-6568

また、TD=1,285～1,290 m では F5, F6 断層の出現が予想されていたが、確認できなかった。穿孔後の孔内からは左右合計 150～200 l/min の湧水が確認された。

4. 切羽変状と対策工

4. 1 施工時の変状

TD=1,273 m 付近の施工時、切羽天端部の崩落が発生した。(写真-1) 崩落範囲は奥行き約 3 m であり、200～250 l/min の湧水があった。また、天端部は鏡肌になっている部分が多く確認された。応急対策として崩落箇所を吹付コンクリートで埋め、鏡面を増吹きした。

4. 2 補助工法の選定

前方探査結果より、崩落が起こった TD=1,273 m 以降の約 8 m 区間は削孔エネルギーが $E=50\sim 100\text{ J/cm}^3$ であり、同様の変状が予想されたため、補助工法を採用することとした。補助工法として注入式フォアポーリング、又は注入式長尺鋼管先受工を検討したが、今回の崩落範囲は広く、より剛性が高い注入式長尺鋼管先受工 ($\phi 76.3, L=12.5\text{ m}, N=31\text{ 本}$) を選定した。注入式長尺鋼管先受工は高剛性の長尺鋼管により前方の広範囲の地山を補強でき、変位抑制効果が高いため、地山の緩み抑制が期待できる。また、鏡面の崩壊が懸念されたため、長尺鏡ボルト ($\phi 76.3, L=12.5\text{ m}, N=20\text{ 本}$) も施工することとした。補助工法の施工位置と仕様について図-3 に示す。

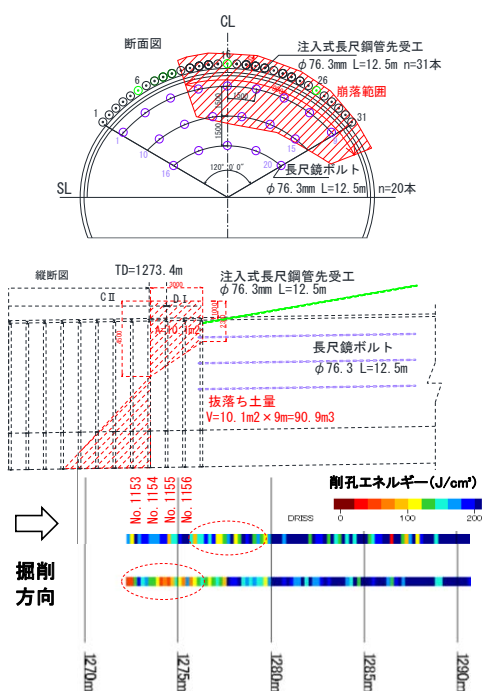


図-3 補助工法の施工箇所と仕様

4. 3 補助工法を利用した前方探査

切羽前方天端部の地山性状を確認するため、注入式長尺鋼管先受工の施工を利用して、削孔エネルギーを取得した。取得結果を図-4 に示す。左肩、中央は切羽位置から 12.5 m 先まで、右肩は 5 m 先までの区間で削孔エネルギー $E=50\sim 100\text{ J/cm}^3$ であった。この結果より、天端部においても、不安定な地山となっており、崩落等の変状が発生する可能性が十分にあると判断された。

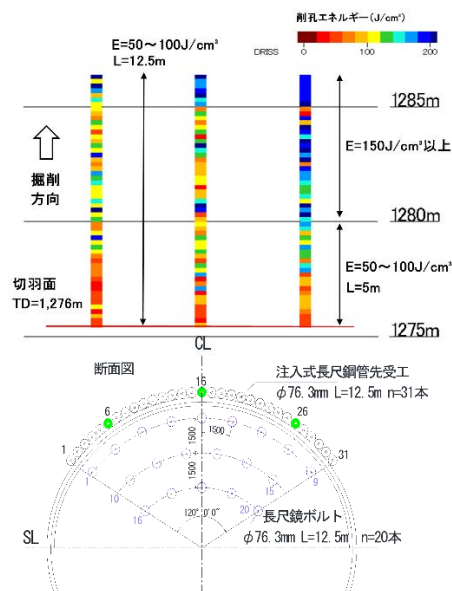


図-4 補助工法施工時の前方探査

4. 4 補助工法施工後の切羽状況と坑内変位

補助工法施工区間では、崩落箇所と同様に泥岩優勢の砂岩泥岩互層が継続していたが、薬液注入の効果が発揮され、大きな崩落や抜落ちは起きなかった。切羽観察でも F5, F6 断層と思われた層は確認できなかったが、TD=1,294 m 付近で泥岩主体の脆弱地山が確認された。

崩落があった TD=1,273 m での対策後の天端沈下量は、徐々に増加したものの、最大沈下量は 11 mm であり、管理レベルII (14 mm) 以内で収束した。

5. おわりに

今回、前方探査を実施し、低速度帯や断層等の位置推定を行った。その結果を、補助工法の選定や支保パターン決定時の参考としたが、脆弱箇所を明確に特定することはできなかった。この原因としては、前方探査は切羽面に対して、点で実施するため、全容を把握することは難しいと考える。今後、確度を高めるためには、さらに多くの探査が必要となるが、費用や工程の面で負担を考慮する必要がある。

キーワード 山岳トンネル, 低速度帯, 前方地山性状の調査, 補助工法

連絡先 〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1 本町南ガーデンシティ TEL06-6245-6568