

不良地山におけるトンネル施工について

九州地方整備局 八代河川国道事務所 芦北建設監督官 山下 信一
(株)大林組 湯浦トンネル工事事務所 正会員 中戸 敬明, 田中 康二
鈴木 拓也, 岡山 栄

1. はじめに

熊本3号湯浦トンネル新設工事では, 事前調査により「断層破砕帯」が2箇所確認され, 全線にわたって脆弱な岩種が混在し, 多亀裂で不安定な地山状況であった. このため, 天端や鏡面の崩落を繰り返す地山が連続して掘削が中断することで, 全体工程が遅延する要因となっていた. このため, 切羽の安定性を確保するための「最適な支保パターン」とその適用区間を速やかに選定して次施工へ反映することが, トンネル掘削工程を短縮して約定工期内に竣工するための重要な課題と位置づけ, 2種類の前方探査技術を導入した. 本報告では, その経緯および方法・効果について述べる.

2. 工事概要

本工事は, 南九州西回り自動車道 芦北出水道路の建設事業のうち芦北 IC の南側に位置し, 芦北町花岡地先から湯浦地先に至る延長 1,166mの2車線道路トンネルであり, NATMによる発破工法で施工する.

トンネル周辺の基質岩盤は中生代ジュラ紀~三畳紀三宝山帯吉尾層に属し, 砂岩頁岩を主体とする層状チャートや珪質泥岩より形成される. 当初設計では, トンネル延長の62%が地山区分Cの比較的硬質な岩盤と想定されていたが, 実施パターンの87%がDパターン(そのうち, 補助工法を含む支保パターン: 約17%)となった.

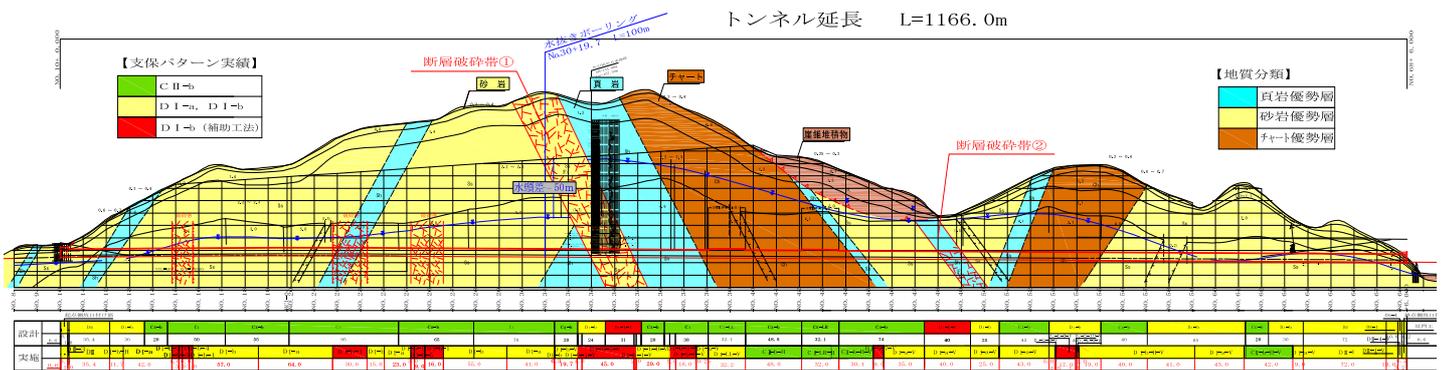


図-1 湯浦トンネル 地質縦断図・支保区分(上段:設計-下段:実績)

3. 断層破砕帯における前方探査と対策工

(1) 地質状況と前方探査

断層破砕帯は, 既往の調査結果から断層前後の水頭差が50m以上あり, 掘削時の突発湧水が懸念されたことから(a)突発湧水による切羽崩落を防止し, (b)切羽前方の地質情報(幅, 岩質, 硬軟)を事前に入手して支保パターンに反映させるため, 水位低下対策として実施する「中尺前方水抜きボアリング(L=100m)」と合わせて, 切羽前方の地山状況, 物性値を把握するために「連続打撃動的貫入試験による地質調査」を実施した.

「連続打撃動的貫入試験」とは, 地盤の連続打撃貫入抵抗のP値(油圧ハンマーの連続打撃により地盤に30cm貫入するのに要する打撃回数)を測定し, 同時にスライムを採取する原位置試験であり, 測定されるP値がN値やqu値との相関性が強いことから, 地山物性値として定量的に評価できること, 測定が短時間である等のメリットがある.

中尺前方水抜きボアリングの施工は, 断層破砕帯(No.32+11~No.34+12)の30m手前からブロック層(頁岩層:遮水層)を確保し, 掘削中に断層破砕帯からの影響を抑制しながら慎重に掘削を実施した. 施工方法としては, 作業効率と工程面で優位な「全油圧式ロータリーパーカッションドリル(RPD)」によるノンコア削孔で実施した.



図-2 中尺水抜きボアリング(実施状況)

キーワード: 不良地山, 断層破砕帯, 前方探査, 連続打撃動的貫入試験

連絡先 : 〒889-2156 宮崎県宮崎市鏡州 560-1 (株)大林組 椿山トンネル工事事務所 TEL 0985-55-3026

(2) 前方水抜きボ-リングの結果と対策工の実施

今回実施した中尺前方水抜きボ-リング(L=100m)における湧水量の推移を表-1に示す。深度40m付近(断層破碎帯の始点付近)で区間湧水量200L/minに増加し、深度100m付近(断層通過後の岩種変化付近)で区間湧水量が109L/minまで上昇、最終の累計湧水量は560L/minであった。なお、地表に設置している観測井のデータからは、水抜きボ-リングによる切羽湧水量の減少効果が確認された。

深度	距離	地質状況	累計湧水量	区間湧水量
0.0m	No.30+19.7	砂岩優勢層	—	—
10.0m	No.31+9.7	頁岩優勢層	0.0 L/min	0.0 L/min
20.0m	No.31+19.7	砂岩優勢層	0.0 L/min	0.0 L/min
30.0m	No.32+9.7	頁岩優勢層	13.0 L/min	13.0 L/min
40.0m	No.32+19.7	頁岩優勢層(断層破碎帯)	230.0 L/min	217.0 L/min
50.0m	No.33+9.7	頁岩優勢層(断層破碎帯)	230.0 L/min	0.0 L/min
60.0m	No.33+19.7	頁岩優勢層(断層破碎帯)	270.0 L/min	40.0 L/min
70.0m	No.34+9.7	砂岩優勢層(断層破碎帯)	270.0 L/min	0.0 L/min
80.0m	No.34+19.7	砂岩優勢層(断層破碎帯)	341.0 L/min	71.0 L/min
90.0m	No.35+9.7	頁岩優勢層	341.0 L/min	0.0 L/min
100.0m	No.35+19.7	チャート優勢層	450.0 L/min	109.0 L/min
101.0m	No.36+0.7	チャート優勢層	450.0 L/min	0.0 L/min

表-1 ボ-リング時における湧水量測定結果

合わせて実施した「連続打撃動的貫入試験」の測定結果(図-2)より、断層破碎帯が分布すると予想されている範囲の手前付近(No.32+10:ボ-リング深度30m)付近からP値は減少し、最小値は約300であった。この測定データを引用し、P値とN値の相関より推定N値:6程度と想定し、補助工法の仕様検討を行った(図-3)。

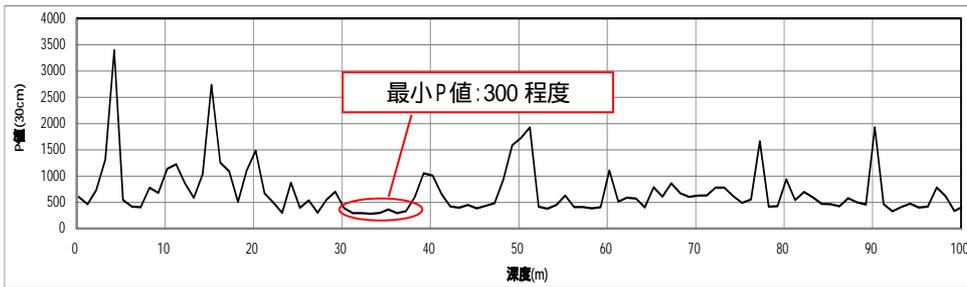


図-2 RPDによる連続打撃動的貫入試験結果(断層破碎帯)

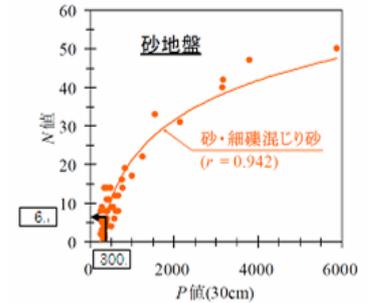


図-3 砂地盤におけるP値とN値の相関

検討結果としては、鏡面の自立性及び先受け長が当初設計(注入式フォアポーリング(L=3m))では不足する結果となり、「注入式長尺鏡ボルト(L=12.5m)+小口径注入式長尺鋼管先受(L=12.5m)」を提案した。

実施工では、今回実施した中尺前方水抜きボ-リングの効果で切羽湧水量は減少し、核残しと鏡吹付で鏡面が安定していたため、「小口径長尺鋼管先受(L=12.5m, =76.3, @450, n=27本/断面, 注入材:シリカゲル)」のみ実施した。また、坑内A計測による計測結果(最大値)は天端沈下:-4.5mm, 内空変位:-7.4mmであり、特異な変状等も発生しなかった。

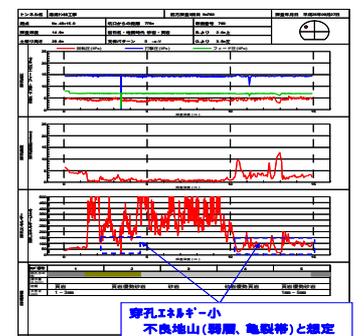
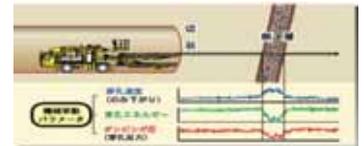


図-4 DRISSによる切羽前方探査結果

4. 断層破碎帯・多亀裂帯における前方探査と対策工

断層破碎帯を通過後も岩種境界や脆弱層からの小崩落が断続的に発生し、断層破碎帯は溪流直下で地表水や湧水も確認されていた。「工期短縮」の観点から、残りのトンネル区間では積極的に前方探査を実施して精度の高い地質データを事前に収集し、支保パターン選定に適切に反映させることが重要となった。このため、汎用機械による施工で掘削サイクルに与える影響が少ない「DRISSによる切羽前方探査(+スライム採取)」(L=15m/1回, 左右各1箇所)を当該区間より実施した(図-4)。その情報を発注者・受注者間で速やかに共有し、切羽判定における「最適支保パターン」の選定根拠として使用した。特に、52付近のチャート・砂岩の岩種境界では集中湧水(50L/min以上)や厚く粘土化した砂岩層が出現し、天端及び鏡面の崩落が同時期に発生した。このため、DRISSによる探査結果をふまえ「小口径注入式長尺鋼管先受」と「注入式長尺鏡ボルト」を併用施工するパターン(D-b-9)(図-5)を採用し、この崩落発生区間を突破した。

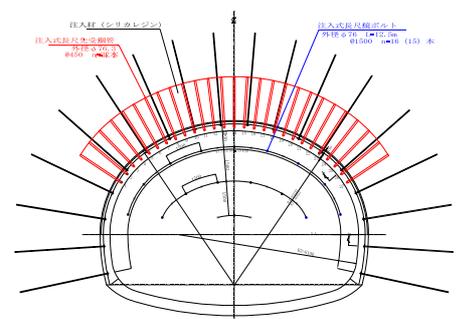


図-5 実施支保パターン図(D-b-9)

5. おわりに

本トンネルは区間全線にわたり断層や亀裂帯などを有する「不良地山」であったが、概ね全線にわたって「切羽前方探査」を実施し、地山状況に応じた補助工法の仕様や必要区間、支保パターンの選定を的確に行うことができた。