

## 複数の切羽前方地山評価手法を用いた不均質地山のトンネル施工事例

大成建設(株) 九州支店 正会員 ○楠畑 菜津子・文村 賢一  
大成建設(株) 技術センター 正会員 山上 順民・坂井 一雄

### 1. はじめに

大分212号跡田トンネル(東工区)新設工事(以下、当工事)では、複数の切羽前方地山評価手法を用いて山岳トンネル工事の施工を進め、2021年12月に無事故、無災害で掘削を完了した。本稿は、当工事で事前に想定された地質リスクと、適用した切羽前方地山評価方法、ならびにその検証結果について報告する。

### 2. 地質概要と地質リスク

新第三紀の凝灰角礫岩(Ytb)を主体とし、坑口部で安山岩溶岩(Yan)が分布するが、一部で自破碎部や多亀裂帯を含む不均質地山であった。各地質の特徴と地質リスクについて表-1に示す。

表-1 地質概要と地質リスク

地質	分布・特徴	地質リスク
安山岩・Yan	<ul style="list-style-type: none"> <li>起点側の深部に限定的に分布</li> <li>硬質、均質な塊状溶岩</li> <li>Ytbの境界に軟質な自破碎部が分布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>自破碎部の崩壊</li> </ul>
凝灰角礫岩・Ytb	<ul style="list-style-type: none"> <li>起点を除き広く分布</li> <li>硬質な礫と軟質な火山灰からなる</li> <li>低角度傾斜の凝灰岩が分布</li> <li>高角度傾斜の多亀裂帯が分布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>礫の抜け落ち</li> <li>天端の凝灰岩(ほぼ水平)からの崩壊</li> <li>切羽面と平行な多亀裂帯(ほぼ鉛直)からの崩壊</li> </ul>

### 3. 切羽前方地山評価方法

当工事で実施した切羽前方地山調査法は、長距離評価として、削孔長約150mの先進ボーリング(PS-WL工法)、中距離評価として、トンネル天端に設置した坑内傾斜計(切羽前方最大20mを対象、以下TT-Monitor)、短距離評価として、コンピュータジャンボ(以下、CPジャンボ)の機械データを用いた地山評価を実施した。以下に概要を示す。

#### ① 先進ボーリング(PS-WL工法)

調査測線を3本設けた。削孔位置は、路盤から高さ1mとし、トンネルセンターとそこから左右に2mの位置とした。なお、凝灰角礫岩は、基質部が軟質であったためコア採取率が低く、RQD等による地山評価が困難であった(図-1)。そこで、地山強度に関する定量的データの取得を目的として、約20cm間隔で針貫入試験を実施し、ボーリングコアによる地山評価を補完した。

#### ② 坑内傾斜計(TT-Monitor)

傾斜計の設置断面より切羽側の応力開放によって切羽側への傾斜角度が変化する。切羽前方で地山の剛性

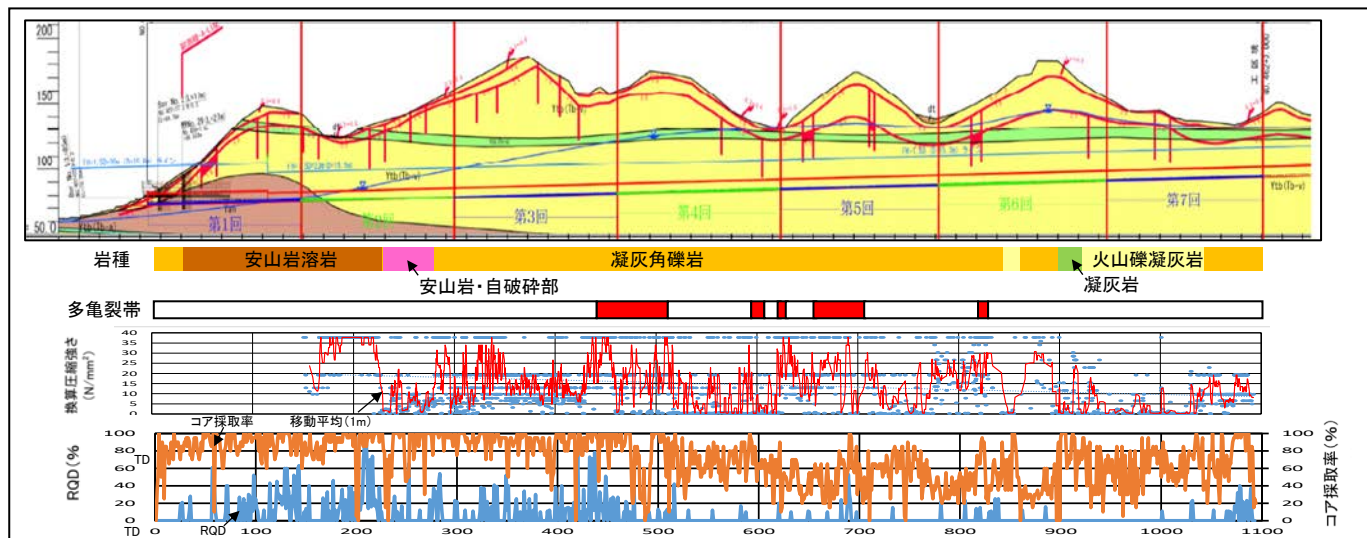


図-1 地質縦断図と先進ボーリング結果

キーワード：切羽前方地山評価、先進ボーリング、TT-Monitor、針貫入試験、コンピュータジャンボ  
連絡先：〒871-0311 大分県中津市本耶馬溪町跡田字北代233-1 大成・森本特定建設工事共同企業体

変化がある場合、地層境界手前での応力集中により、傾斜角度が大きく変化するため弱層の存在を事前に予知することができる(図-2)。5~10m 間隔で傾斜角度を計測し、その変化から弱層を評価した。

③ CP ジャンボ

削孔時に示される機械データによる地山評価に先立ち、圧縮強度が既知のコンクリートブロックを CP ジャンボで削孔し、その際の機械データを評価指標として用いた。

4. 評価結果と検証

図-1 の下部に先進ボーリングの結果(岩種、多亀裂帯、針貫入試験結果、RQD、コア採取率)を示す。先進ボーリングより、弱層(換算圧縮強さ低い、または RQD・コア採取率低い)として安山岩と凝灰角礫岩境界部の自破砕部、多亀裂帯(コアを胴切りする切羽とほぼ平行な褐色の亀裂が集中する区間)、凝灰岩が確認された。自破砕部と多亀裂帯は高角度傾斜であったため、先進ボーリング出現位置の天端部からの崩落をリスクとした。凝灰岩に関しては低角度であったため、その傾斜を考慮して天端の崩壊のリスクとした。TT-Monitor の結果(図-3)、黒丸箇所で傾斜角が急変して標準値よりも大きな傾斜角度が測定されたことから、最大予測距離 20m 以内に弱層の分布を予測した。掘削した結果、TD352, TD380, TD418 でのイベントに対しては、数 m 前方の天端部に緑灰色や褐灰色を呈し基質部の局所的な軟質化が認められた(写真-1 の上段、特に TD357 ではずり出し時に右肩部が崩落)。本区間は軟質化の傾向が顕著であったため、発破掘削に際し、天端部は削孔・装薬を行なわなかった。このため削孔指標による検証はできなかったが、事前に地質リスクを周知して安全に掘削できた。また、TD598, TD662, TD712, TD756 の傾斜角急変部は先進ボーリングで多亀裂帯の分布を想定した区間であり、切羽では多亀裂帯が確認された(写真-1 の下段)。一例としては、TD662 の予測に対して TD662~670 まで切羽削孔の削孔指標から弱層の存在(図-4 の赤色分布域)が想定され、実際に切羽に剥離性の高い多亀裂帯が連続的に出現した。また、TD670 以降の地山が良好化する傾向も予想通りとなった(図-4 の青色分布域)。先進ボーリングで低角度の凝灰岩が確認された区間に関しては、その位置を3次元地質モデルで想定していたが、傾斜計のイベントは認められず、掘削時にも実際に崩壊や変状は認められなかった。

5. おわりに

複数の切羽前方地山評価を用いることで、切羽の不安定化要因となる地山弱部の位置や分布範囲、リスクの大きさについて事前に把握することができ、安全性向上につながった。

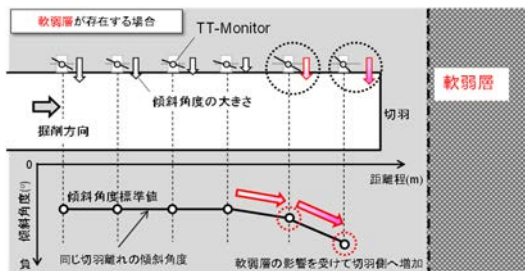


図-2 傾斜角度の評価方法

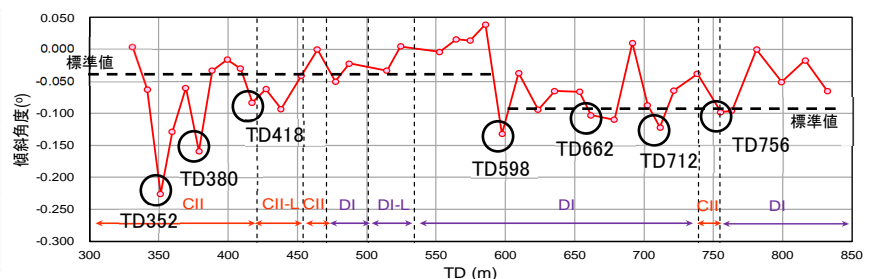


図-3 TT-Monitor データ



写真-1 切羽写真

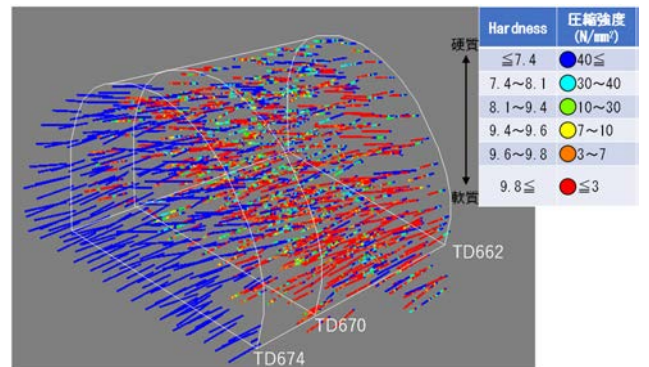


図-4 CP ジャンボ機械データ

【参考文献】1) 坂井ほか：トンネル天端の微小な傾斜角度の変化を用いた切羽前方地山予測手法の開発，土木学会論文集F1(トンネル工学)，Vol. 73, No. 2, pp. 32~46, 2017.