

## トンネル掘削における切羽前方探査方法の運用と効果

国土交通省 東北地方整備局 南三陸国道事務所  
 大林・富士ピー・エス特定建設共同企業体  
 大林組 技術研究所

手間本 康一  
 正会員 ○西村 友宏, 正会員 松野 徹  
 正会員 泉水 大輔, 正会員 谷口 智洋  
 正会員 畑 浩二

### 1. はじめに

本工事では、断層破砕帯などの脆弱箇所施工時の安全性確保を図る対策として、切羽前方地質を精度良く把握するために、水平コアボーリング、浅層反射法探査、ノンコア削孔検層、簡易孔内観察カメラを実施した。本稿では、これら切羽前方探査方法の運用結果およびCIMによる可視化への展開を報告する。

### 2. 工事概要

表1に、工事概要を示す。荒川トンネルは全長1,169mをNATM工法により掘削(H28年2月導坑貫通)したトンネルである。地質は、中世代ジュラ紀の比較的硬質な粘板岩が主体であるが、事前の鉛直調査ボーリング結果より2箇所の断層破砕帯想定区間が示されていた。

表1 工事概要

工事名称		国道45号吉浜釜石道路工事	
施工場所	岩手県釜石市唐丹町字上荒川～唐丹町字大曾根		
発注者	国土交通省東北地方整備局 南三陸国道事務所		
工期	平成26年3月13日～平成29年3月31日		
請負者	大林・富士ピー・エス特定建設工事共同企業体		
請負金額	10,283,400,000円(税抜)		
主要工事	【トンネル】	・荒川トンネル	L= 1,169m
		・唐丹第1トンネル	L= 465m
		・唐丹第2トンネル	L= 521m
	【橋梁】	・唐丹第1高架橋	L= 306m
		・唐丹第2高架橋	L= 352m

振することで、地層境界や脆弱層の有無を評価する方法である。震源には、専用機械(インパクター)による衝撃を採用した。図2に、SSRTによる探査結果の一例を示す。

### 3.3 ノンコア削孔検層<sup>1)</sup>

ノンコア削孔検層は、油圧ジャンボの削孔速度、打撃圧、回転圧、フィード圧(押し付け圧)を計測し、削孔時に時々刻々変動するフィード圧を適切に補正した「正規化削孔速度比」を用いて、地山等級を評価する方法である。現場にある重機を使用して短時間で作業できるため、工程ロスを最小限に抑えられる。図3に、ノンコア削孔検層による地山評価の一例を示す。

### 3. 各切羽前方探査

#### 3.1 水平コアボーリング(PS-WL工法)

水平コアボーリングには、パーカッションワイヤーラインサンプリング工法(以下、PS-WL工法と称す)を用いた。本工法は、コアチューブを内部に搭載したビット付ロッドにより、打撃を加えながら削孔を行い、岩芯コアを随時回収する方法である。図1に採取した岩芯コアの一例を示す。

#### 3.2 浅層反射法探査(SSRT)

浅層反射法探査(以下、SSRTと称す)は、弾性波探査法に分類される。坑内で発振させた弾性波が切羽前方に伝播し、断層破砕帯などの弱層で反射した波を受

### 3.4 簡易孔内観察カメラ<sup>2)</sup>

簡易孔内観察カメラは、ボーリング孔内にビデオカメラを挿入し、直接孔内状況を観察する方法である。得られた画像から走向傾斜や風化状況が分かり、ノンコア削孔検層と併用することで切羽前方探査精度が上がる。図4に、カメラと孔内観察の一例を示す。



図1 採取した岩芯コアの一例

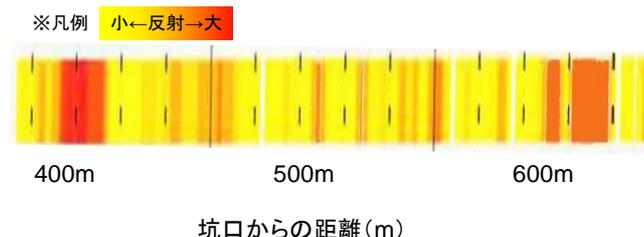


図2 SSRTによる探査結果の一例

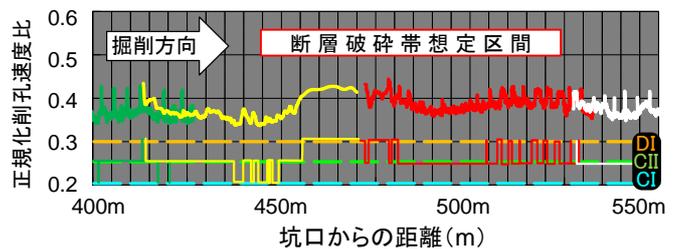


図3 ノンコア削孔検層による地山評価の一例

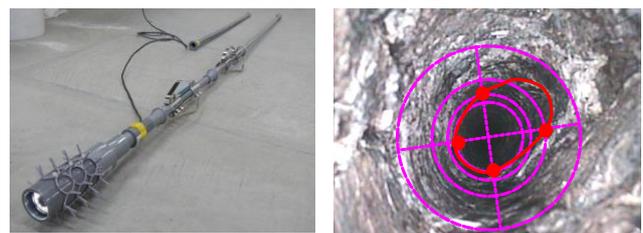


図4 カメラと孔内観察の一例

キーワード 山岳トンネル, 切羽前方探査, CIM

連絡先 〒026-0001 岩手県釜石市平田 2-65-2 TEL 0193-27-8061

4. 各切羽前方探査結果による地山評価

図5に、各切羽前方探査結果による地山評価と支保パターン変更の事例を示す。図中に示す該当区間Iは、断層破碎帯想定区間(当初設計DI, 81m)であり、その前後はCII評価とされている。該当区間における、各切羽前方探査結果を以下にまとめる。

水平コアボーリングの結果、局所的にDI評価(区間III)が確認されたが、全体を通して概ねCII評価であった。ここで、PS-WL工法の性質上、打撃により岩芯コアが砕けた状態で採取されるため、地山評価には少なからず困難があった。また、SSRTの結果では、TD430m付近(区間IV)において比較的顕著な反射面が確認され、岩質の軟硬や区間の把握は難しいものの、地質変化点の存在が示唆された。一方、ノンコア削孔検層の結果、TD460m付近(区間V)においてDI評価となる以外は概ねCII評価が確認され、水平コアボーリングの結果と概ね一致した。簡易孔内観察カメラからは、部分的に褐色変質したチャート狭部を確認したが、孔内は自立しており、断層破碎帯のような所見は確認されなかった。これらの4つの結果を踏まえて、該当区間全域をCII評価とした。実施工において、切羽観察や内空変位計測の結果からCII評価と判断され、予測は合致した。地質の軟硬および地山等級評価においては、コスト・工期の観点からも、ノンコア削孔検層と簡易孔内観察カメラが有効であったと言える。

5. 各切羽前方探査結果の「可視化」<sup>3)</sup>

山岳トンネルにおける支保パターンの変更は、安全・品質の確保はもちろん、その妥当性の根拠を明確に示す必要がある。その手段として各切羽前方探査結果を3次元的に描画できるCIMを活用した。

図6に、得られた結果を組み合わせ、描画した例を示す。当初設計支保パターンと測点を示したうえで、切羽に向かって右に水平コアボーリング、左にノンコ

ア削孔検層の地山評価により推定される予測支保パターンを色分けして表示している。各所にある小さな円盤は、簡易孔内観察カメラより推定される割れ目の走向傾斜である。また、SSRTの結果は、推定される地質変化点において、大きな円盤で表示している。

活用方法としては、支保パターン変化点において実施される切羽判定会議に使用する。各切羽前方探査結果を一度に「可視化」することで、誰でも地質を理解することが可能となり、協議の円滑化が図れた。CIM導入前は、各切羽前方探査結果と、内空変位計測および直近の切羽観察等の資料を示して、切羽判定会議を実施していたが、導入後は、モニターに3次元CIM画像を映し出して協議するスタイルとした。準備する動作環境としては、Navisworks (Autodesk 製) をインストールしたPCを用意することであり、切羽判定会議中に3次元的に動かすことで、相互理解が高まった。

6. 結論

各切羽前方探査結果を補完し合い、予測精度を向上させたことで、地山評価通りの支保パターンで施工することができた。また、探査結果に基づいた予測支保パターンをCIMにより「可視化」し、事前に示すことで、支保パターン変更を円滑に行うことができ、生産性向上が図れた。今後は、維持管理としての活用が期待される品質・出来形データとCIMとの連動も進める。

参考文献

- 1) 桑原徹, 畑浩二, 赤澤正彦: ノンコア削孔調査による山岳トンネル切羽前方探査精度の検討, 第23回トンネル工学研究発表会トンネル工学論文集, 第23巻, pp.1-9, 2013.
- 2) 藤岡大輔, 畑浩二: 簡易な孔内カメラを用いたノンコア削孔切羽前方探査の高度化, 第70回土木学会年次学術講演会講演概要集, VI-684, pp.1367-1368, 2015.
- 3) 畑浩二, 中岡健一, 藤岡大輔: 切羽前方地質状況を取り込んだ山岳トンネル予測型CIMの開発, 第71回土木学会年次学術講演会投稿中

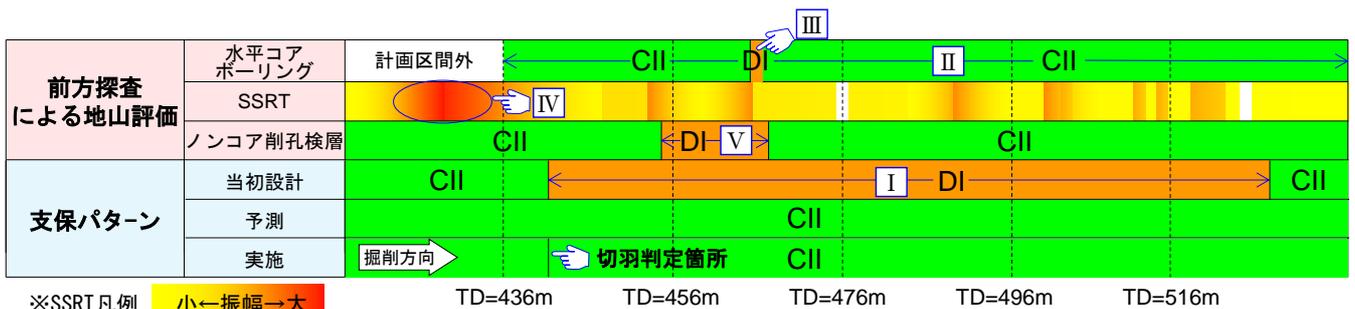


図5 各切羽前方探査結果による地山評価と支保パターン

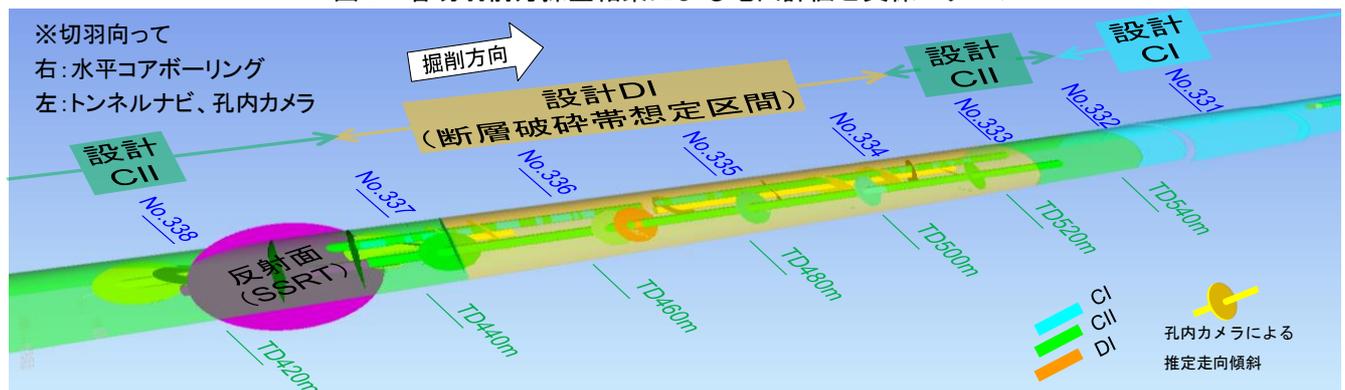


図6 探査結果を描画した例