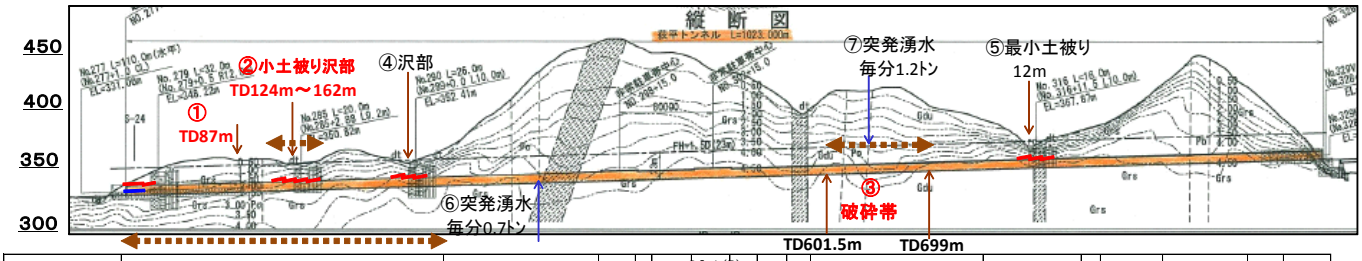
ノンコア削孔切羽前方探査技術を活用したトンネル掘削

国土交通省　東北地方整備局　蔦屋 紀幸
大林組　正会員　○浜田 崇，藤野 順也，正会員　木梨 秀雄
大林組　正会員　畑 浩二，正会員　桑原 徹

１．はじめに

荻平トンネルは，一般国道 115 号（相馬～福島間）の改築事業として計画された阿武隈東道路Ｌ=10.7km 間の，福島県相馬市山上字荻平地内に位置する延長 1,023m の山岳トンネルである．国道 115 号は，震災後，福島県の中通りと浜通りを結ぶ重要な復興支援道路となっている．本トンネルの掘削工法は NATM で，起点側坑口から 246m 間は機械掘削方式，それ以外は発破掘削方式である．地質縦断図を**図-1** に示す．本トンネルの特徴として，起点側坑口から 270m 間は 1.5D（23m）以下の小土被り区間で，その間に 1 D 以下の沢地形が 2 箇所（**図-1**，②④）存在する．また，終点側には，断層破砕帯（**図-1**，③）および最小土被り 12mとなる沢直下部（**図-1**，⑤）がある．これらの区間では，転石混じりのマサ化した強風化片状花崗岩が主体である．本稿では，破砕帯や風化部の事前把握を目的としたノンコア削孔切羽前方探査技術を活用したトンネルの施工について述べる．



設計パターン	起点側坑口部 DⅢa 小土被り区間	CⅡ-b	CⅡ-L(L)	CⅡ-b CⅠ	CⅠ-L(R) CⅠ	CⅡ-b	DⅠ-b	CⅡ-b	DⅢa	CⅡ-b CⅠ	CⅡ-b	DⅠ-b	DⅢa
実施パターン	DⅢa 269.1m	CⅡ-b 135.6m	CⅡ-L(L) 32.2m	CⅡ-b 48.0m	CⅡ-L(R) 32.2m	CⅡ-b 216.0m			DⅢa 85.0m	CⅡ-b 51.6m	CⅠ 21.0m	CⅡ-b 93.5m	DⅢa 31.3m
掘削工法	上半先進ベンチカット掘削	補助ベンチ付全断面掘削								補助ベンチ付全断面掘削			

図-1　地質縦断図

２．ノンコア削孔切羽前方探査技術の概要

ノンコア削孔切羽前方探査技術「トンネルナビ」（以下，ノンコア解析）は，油圧ジャンボに，油圧計測システムを内蔵した探査用ドリフターを使用し，削孔機械データを収集する．回収したデータより，削孔速度とフィード圧を組み合わせた新しいパラメーターである正規化削孔速度比により，地山の硬軟や断層の有無を評価する[1]．従来からの湧水量測定・湧水の色調・くり粉判定にノンコア削孔の解析結果を加えて，地山状況と湧水特性を判断する．また，ノンコア解析結果と切羽観察結果から，支保パターンの選定および補助工法（**図-2**）の要否の判断に活用する．

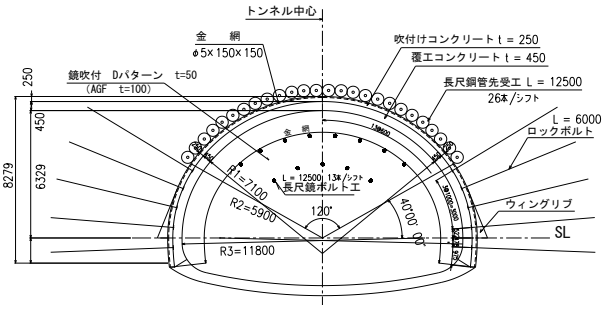


図-2　トンネル支保構造概要

３．ノンコア削孔切羽前方探査技術を利用したトンネル掘削

本トンネルでは，水抜き効果も兼ねてノンコアによる切羽前方探査を実施し，事前に地山状況を予測しながら施工を進めた．探査の結果，**図-1** および**図-3** の①TD87m 地点，②TD124m～162m 間の小土被り沢部および③TD601.5m～699m 間の破砕帯部では，正規化削孔速度比が顕著に上昇し，かつ変動幅が大きくばらつく区間となった．ノンコア解析では，正規化削孔速度比が大きいほど地山は軟質と判断し，値がばらつくほど不均質性を示す[1]．

キーワード：山岳トンネル，小土被り，ノンコア削孔，花崗岩，　突発湧水，前方探査
連絡先　　〒108 - 8502　東京都港区港南 2-15-2　品川ｲﾝﾀｰｼﾃｨ B 棟　㈱大林組　本社トンネル技術部　TEL03-5769-1319

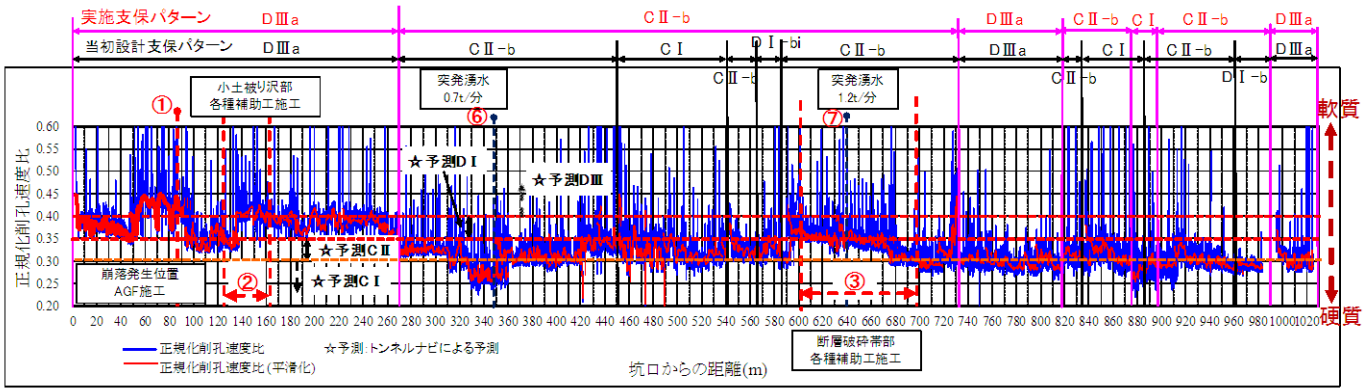


図-3　ノンコア削孔解析結果（全線）

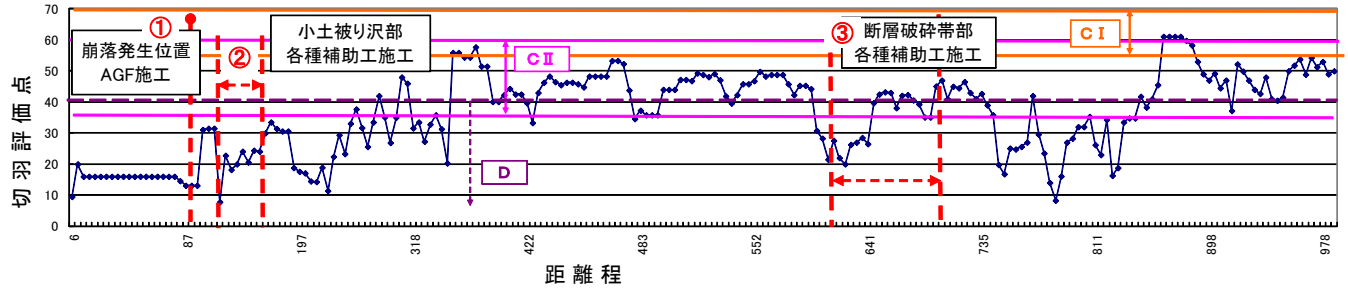


図-4　切羽評価点推移グラフ（全線）

写真-1　切羽鏡面崩壊状況
掘削初期　TD143m

写真-2　突発湧水発生状況
TD640m、1.2ｔ/分

掘削時には，①TD87m 地点では切羽天端から鏡面にかけて小規模な崩落が発生し，対策工としてＡＧＦ工（L=12.5m×１シフト）を施工した．②TD124m～162m 間の沢部の土被りは 1D 以下で，切羽天端安定対策としてＡＧＦ工（L=12.5m×４シフト）を施工しトンネル掘削を行っていたが，切羽鏡面の崩壊が頻繁に発生した（**写真-1**）．切羽の地山は脆弱化した強風化片状花崗岩であり，切羽の自立が困難な状況であった．この箇所では，短尺の鏡ボルトでは切羽鏡面は自立しないため，長尺鏡ボルト（タフチューブ）[2]を施工した．⑥TD350m 地点および③破砕帯中の⑦TD640m 地点で，それぞれ 0.7 ﾄﾝ/分，1.2 ﾄﾝ/分の突発湧水が発生した（**写真-2**）．

図-4 に掘削時の切羽評価点を示す．①TD87m，②TD124m～162m 間の正規化削孔速度比が 0.35 以上となった箇所では，切羽評価点は 13 点，25 点前後と低い値である．③TD601.5m～699m 間の破砕帯部では，25 点前後から 40 点前後である．ノンコア解析結果による事前予測と実際の切羽の状態がおおむね一致したといえる．

以上から，本トンネルにおいては，正規化削孔速度比が 0.35 を超えると破砕帯の出現や突発湧水が発生し，補助工法の追加を実施した．今回のノンコア解析結果および掘削実績にもとづき，正規化削孔速度比と地山等級の関係を求めた結果を表-1 に示す．これは施工後の検証結果であるが，**図-3** に**表-1** の境界値を描いてみると，高い確率で地山等級の予測が可能であることを示唆している．

表-1　地山等級の推定

正規化削孔速度比	地山等級
0.35以上	D
0.30～0.35	CⅡ
0.30以下	CⅠ

４．まとめ

起点側坑口 270m 間の小土被り部，沢部直下，断層破砕帯では，天端の小崩落，切羽鏡面の崩壊，突発湧水の発生等があった．しかしノンコア解析で事前に的確に地山を把握しながら適切な補助工法を選定できた．この結果，切羽の安定性を保ちながらトンネル掘削を進めることができ，無事トンネルを貫通させることができた．

参考文献　1）桑原徹・畑浩二・稲川雄宣・平川泰之：変換解析システムによるノンコア削孔トンネル切羽前方予測技術，トンネル工学論文集　第 18 巻，pp.1－10，2008.　2）高橋佳孝・木梨秀雄・西野俊論・畑浩二・中岡健一：高耐力・高定着力の長尺鏡ボルトの開発，トンネル工学報告集　第 20 巻，p.123－128，2010.