

### 坑口部断層破碎帯における前方探査を活用した地山補強工法

中日本高速道路(株)南アルプス工事事務所 正会員 馬場弘二  
 大林組 樽峠トンネル北工事事務所 正会員 ○下村哲雄 中西隆司 伊藤邦彦  
 (株)大林組 生産技術本部トンネル技術部 正会員 伊藤哲 木梨秀雄

#### 1. はじめに

樽峠トンネルは中部横断自動車道のうち、山梨県と静岡県の県境に位置する約5kmの2車線道路トンネルであり、当工区において山梨県側の約2.4kmを施工している。北坑口部で予想外の位置で破碎帯と遭遇し、切羽崩落を起こした。坑口部断層破碎帯において前方探査を活用したことで合理的な対策設計が可能となったので、報告する。

#### 2. 地形・地質

当工区は図-1の地質縦断図および施工実績から、砂岩優勢層(泥岩を挟在する砂岩)を主体とした地質である。全体に硬質であり、多数の断層・湧水が予測されていたが、実際には断層は顕著には現れず湧水量も多くはなかった。掘削はSTA.15+40の作業坑からスタートし、工事起点側に約2,000m、工事終点側に約400mを掘削する計画である。北側坑口(工事終点側)の地質は、調査設計時の水平ボーリング結果から破碎帯が想定されていた。

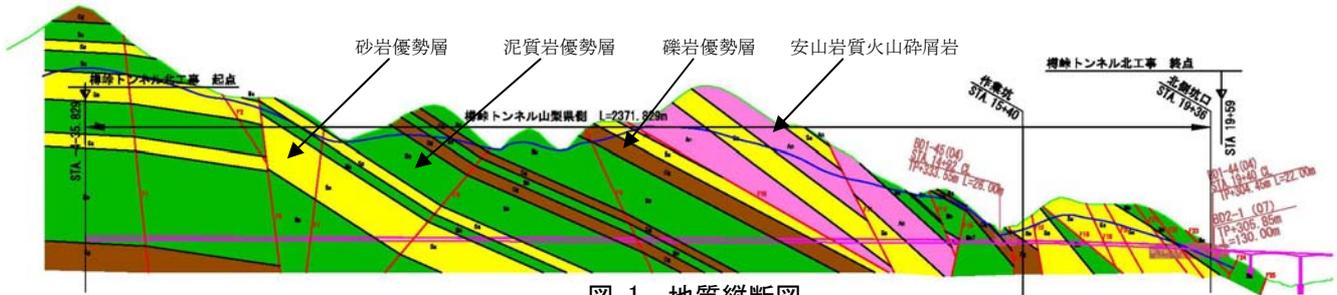


図-1 地質縦断図

#### 3. 前方探査と切羽補強工法の設計

北坑口手前32m地点を掘削中、切羽天端部の崩落により地表面が陥没した。これは、C級地山が1切羽進行で突如破碎帯に変化したことによる。当初、破碎帯は補助工法のないD級地山の設計であり、崩落までは想定出来なかった。図-2に示すように、水平ボーリング結果から想定されていた破碎帯よりも10m程度手前で崩落が発生している。崩落後、破碎帯の前方探査にノンコア削孔検層(トンネルナビ)を用いた結果、削孔速度比0.45以上(表-1参照)と、破碎帯～空隙部が想定される地山が確認され、破碎帯ラインが水平ボーリングによる当初想定ラインよりも12m程深い位置にあることが判明し、その後の掘削で実際に切羽に現れた破碎帯の位置と一致した。

表-1 トンネルナビによる地山等級判定

地山等級	削孔速度比
C II	0.35~0.40
D I	0.40~0.45
破碎帯	0.45~0.50
空隙部	0.50以上

応急対策として切羽直上地山改良(STEP1)→陥没部充填(STEP2)→陥没部直下地山改良(STEP3)を実施し、崩落箇所を修復した(図-4参照)。地山改良後にも削孔検層を行い、地山に空隙を残していないことを確認した。

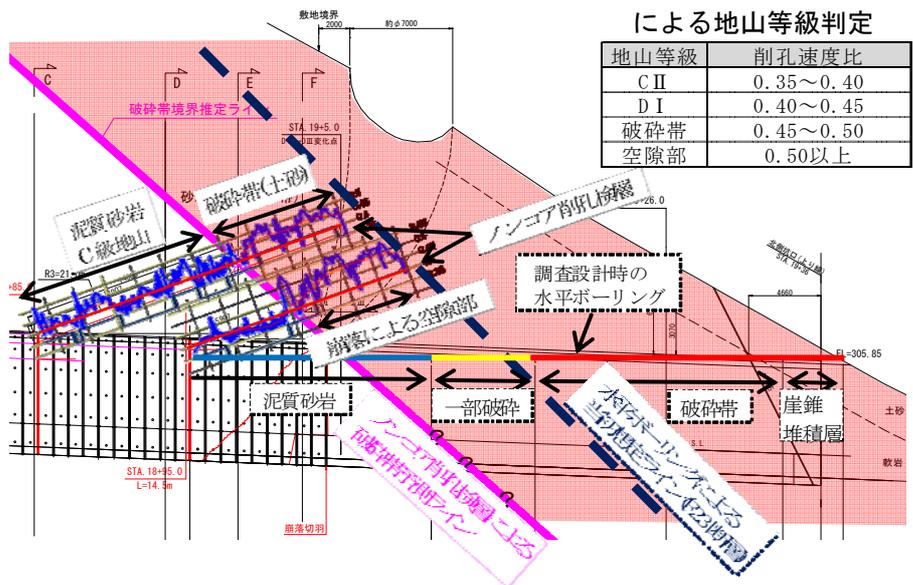


図-2 ノンコア削孔検層による破碎帯の予測

キーワード 坑口, 破碎帯, 前方探査, ノンコア削孔検層, AGF, 長尺鋼管鏡ボルト

連絡先 〒409-2102 山梨県南巨摩郡南部町富士22297 (株)大林組 樽峠トンネル北工事事務所 TEL 0556-66-1081

未掘削区間は破碎した土砂と想定し、①天端部の地山補強対策と②鏡面前方地山の補強対策を検討した。ゆるみ荷重の50%をAGFが負担。残りの50%から対数螺旋すべりの抑止力Pを算出して長尺鏡ボルトの本数を決定した。図-3に補強工法の仕様を示す。

通常の山岳トンネル坑口部や不良地山では鏡面の安定化対策としてGFRPボルトや鋼管鏡ボルト(スリット加工)を使用するが、本トンネルでは本数を減らすため、管表面に突起を設け、ネジ部が高耐力(300kN)の鋼管鏡ボルト(タフチューブ工法)を採用した。

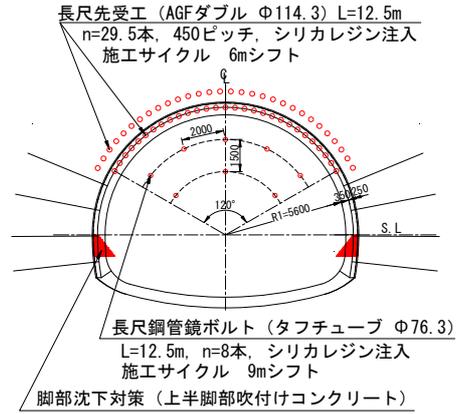


図-3 補強工法の仕様

### 4. 計測監視体制と施工結果

補強工法および計測工の配置を図-4に示す。図-5上段はAGF曲げ応力分布を掘削進行毎にプロットしたグラフである。AGFダブル区間ではゆるみ荷重に対して持ちこたえた。AGFシングル区間では、許容応力度まで達している。ダブル→シングルの変化点における正負反転の挙動と推定される。

図-5中段は、鋼管鏡ボルト軸力計分布を掘削進行毎にプロットしたグラフである。切羽位置から3m前方で、軸力がピーク値となる傾向があるが、最大で85kN程度しか作用していない。注入効果で地山が安定化できたため、鏡の押し出しは卓越せず軸力は小さかったものと考えられる。

一方、支保部材の応力は一部降伏応力に達したものの、支保工の変状・吹付けコンクリートのクラック等は発生しなかったため、健全な状態を保って掘削を完了できた。図-5下段に脚部沈下、地表面変位の分布を示す。支保工脚部沈下の収束傾向がなかったが、図-3に示す脚部沈下対策を追加して50mm程度に収束させた。地表面は切羽に引っ張られる方向に最大80mm程度変位したが、地表面に変状の兆候は見られなかった。

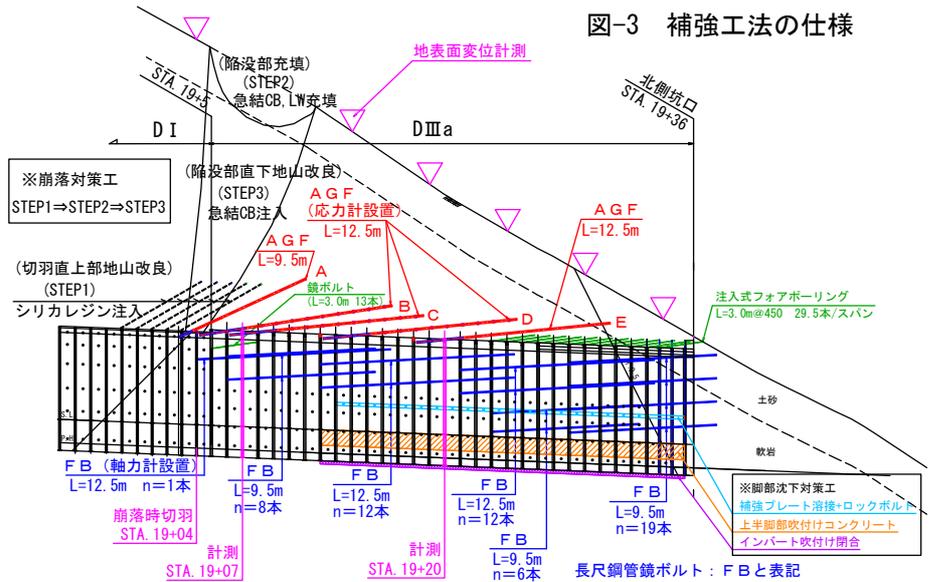


図-4 補強工法および計測工配置

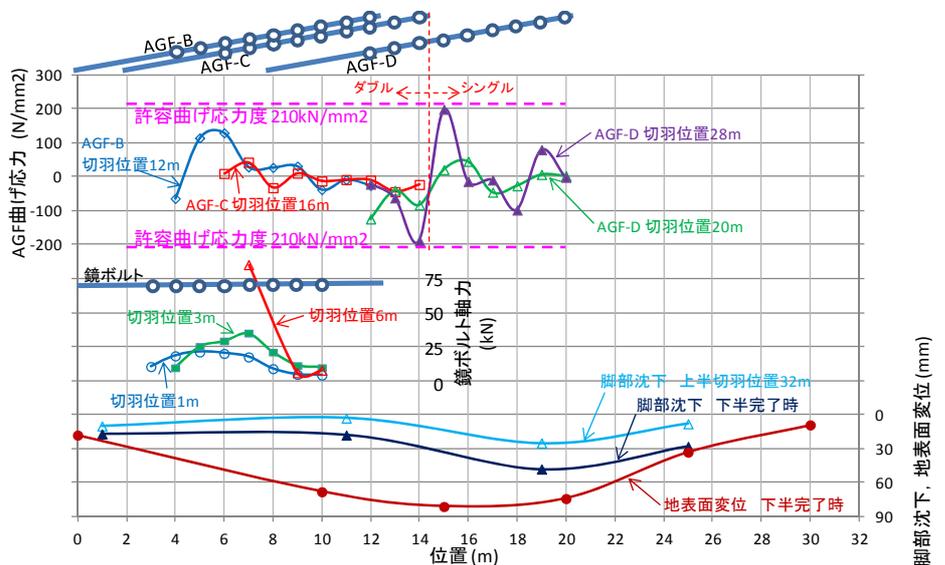


図-5 計測結果分布図(掘削進行毎)

### 5. おわりに

坑口部破碎帯の施工を通じて以下の知見を得た。

- ① 坑口付けを実施せず坑内から貫通させる場合、地質の急変に対応し難い特殊性がある。
  - ② その場合、より慎重な施工が求められるため、坑口部事前データが不足している場合の追加調査が重要となる。
- 今後、坑口部破碎帯トンネル掘削時の参考となれば幸いである。