

トンネル坑口部の硬岩掘削における割岩工法の採用

株式会社大林組 正会員 ○玉野 達
 正会員 長谷川 功
 正会員 平川 泰之
 正会員 福留 朋之

1. はじめに

現在、高知県安芸市大山地区（河野～下山間）においては、高知県東部地域の広域交通ネットワークの形成を図るとともに、土砂崩壊、越波災害や大規模地震時の津波による国道 55 号の寸断を回避するために、地域高規格道路阿南安芸自動車道の一環の大山道路事業（延長 2.0km）で約 1.3km のトンネル工事が実施されている。

本工事では、国道、鉄道、民家が近接するために発破工法を採用できない発進側の坑口部において、想定よりも硬質な地山が出現したことから掘削方法の変更を余儀なくされ、発破工法と比較して周辺環境への影響が小さい割岩工法を採用した。本稿ではその経緯と施工実績について述べる。

2. 割岩工法採用の経緯

一般的にトンネル坑口部の掘削工法は、軟質地山が想定される場合はブレーカによる機械掘削、硬質地山が想定される場合は発破掘削で計画する。本トンネルにおいては地質調査データに基づいてブレーカによる機械掘削で計画していたが、坑口部の掘削を開始したところ地山強度が 200MN/m² の硬質な礫岩が出現し、通常は 80～100 MN/m² の岩盤が対象とされるブレーカ掘削での対応が困難な状況となった。対策としては発破の使用が有効であったが、写真-1 に示すように坑口の直下に国道、離隔距離 35m に鉄道、100m に民家が存在するため、周辺環境の保全と安全の確保のためには 40m 以上掘進した後に防音扉を設置しないと発破が行えない状況であった。発破以外の対策としてはブレーカ掘削の継続、静的破砕剤による岩破碎、割岩工法の 3 工法が候補に挙げられた。表-1 に示すように工期、工費、施工実績により比較検討した結果、ブレーカ掘削では工期がかかりすぎ、静的破砕剤はトンネル掘削での実績が少ないことから割岩工法の採用に至った。



写真-1 坑口周辺状況（現状）

表-1 工法比較検討

	工期	工費	施工実績	総合評価
ブレーカ掘削	×	△	◎	△
静的破砕剤による岩破碎	△	×	△	×
割岩工法	◎	◎	△	◎

※ 本表は当工事で出現した硬質地山を基に比較検討を実施

3. 割岩工法（FON工法）の概要

割岩工法には、①自由面（スリット）形成→②割岩孔の穿孔→③割岩（一次破碎）→④破碎（二次破碎）の 4 段階の工程があり、自由面の形成では汎用のドリルジャンボを使用するなど経済的に優れる FON 工法を、割岩穿孔ではドリルジャンボ、割岩では油圧くさび、破碎では油圧ブレーカを採用した。

FON 工法（Fast Onside & Non-Pareil method）とは、単一孔を連続的に穿孔することにより、割岩に必要な自由面を形成する工法である。この連続孔の穿孔は S A B ロッド（Spining Anti-Bend Rod）をドリルジャンボに取り付け、隣接する既設孔に S A B ロッドを挿入し、新たな孔を既設孔の隣に平行に穿孔する。写真-2 に S A B ロッドの装着状況、写真-3 に連続孔の穿孔状況を示す。

キーワード トンネル掘削, 割岩, FON工法, 割岩孔, 連続孔

連絡先 〒784-0046 高知県安芸市下山 564 TEL 0887-35-8535



写真-2 SABロッドの装着状況



写真-3 連続孔の穿孔状況

割岩には割岩装置をバックホウに取り付けた割岩機（ビッグー）を使用した。ドリルジャンボで穿孔した割岩孔に2枚のウェッジライナーを挿入し、その間に油圧ジャッキでくさびを押し込むことにより割岩した。写真-4に割岩装置、写真-5に割岩状況を示す。

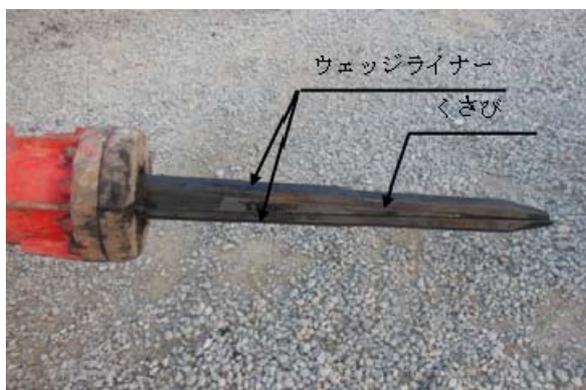


写真-4 割岩装置



写真-5 割岩状況

4. 割岩掘削の施工実績

本トンネルでは坑口部のDⅢ区間において、割岩工法による掘削を25サイクル実施した。実施のサイクルタイムの平均値と標準積算（FON工法協会標準積算準拠）におけるサイクルタイムを表-2に示す。

表-2 割岩工法のサイクルタイム

	マーキング (測量) 時間min	割岩孔穿孔			連続孔穿孔			一次 破砕 (ヒッカー) 時間min	二次 破砕 (ブレーカ) 時間min	ずり出し 時間min	一次吹付 時間min	支保工 建込 時間min	金網設置 時間min	二次吹付 時間min	三次吹付 時間min	ロックルト 打設時間 min	サイクルタイム min
		全穿孔 時間min	孔数	穿孔速度 孔/min	全穿孔 時間min	孔数	穿孔速度 孔/min										
施工実績	33	577	249	0.4	122	47	0.4	307	126	99	24	38	23	70	51	35	1505
標準積算	40	174	192	1.1	251	569	2.3	260	115	77	—	50	25	70	—	60	1122

※ 施工実績は実施工25サイクルの平均値、標準積算はFON工法協会標準積算準拠

今回、割岩工法適用区間の平均サイクルタイムがFON工法協会の標準積算の約1.3倍となり、工期、工費ともに想定を上回った。これは割岩孔、連続孔の穿孔速度がそれぞれ協会歩掛りの約1/3、約1/6となり削孔時間が増加したことに加え、ビット消費量が協会歩掛りの約2倍になったためである。この要因は、掘削対象地山となった礫岩は、圧縮強度についてはFON工法協会の歩掛りの適用範囲内（100MN/m²以上の地山に対応）であるが、岩片が非常に硬質で削り難いという特徴にあったと考えられる。

5. おわりに

本工事において、割岩工法はブレーカ掘削が困難な硬質岩盤に対して発破工法が使えない場合の掘削工法として有効であることが確認できた。但しこの工法の採用に際して留意すべき点は、施工事例が少ないことと、時間を要する工法であることから工期への影響が大きいことである。したがって、掘削対象地山と穿孔速度やビット消費量の関係を岩強度のみならず岩種別に把握し、多様な地山に応じた実績データの収集と分析が必要であると考えられる。