

凝灰岩地山の山岳トンネルにおける周辺環境を考慮した最適な掘削方法の選定と実施

(株)大林組 正会員 ○後藤 尚貴 伊藤 智治 玉野 達 伊藤 正寛
東日本高速道路(株) 山形工事事務所 宮沢 一雄

1. まえがき

東北中央自動車道は福島県相馬市から山形県を経由して秋田県横手市に至る高規格幹線道路である。本工事は、現在施工中の南陽高畠 IC～山形上山 IC 間のうち、山形県南陽市川樋地先から山形県上市中山地先までの延長 998 m のトンネルを構築するものである(図-1)。

本トンネルの地質は、新第三紀中新世の火山礫凝灰岩を主体としている(図-2)。設計段階では、岩強度が概ね 20N/mm^2 以下と推定され、NATM 工法の上半先進ショートベンチ工法の機械掘削方式が採用されていた。しかしながら、トンネル延長 300m 付近から岩強度が 20N/mm^2 を超え、一部には 40N/mm^2 を超える凝灰岩が出現し、自由断面掘削機による掘削が困難になった。掘削工程の遅延は開通時期の遅延につながるため、発注者より工程遅延を最小限にするように求められた。そこで、現状の地山条件に最適な掘削方式(発破併用機械掘削方式)を選定し、掘削工程の遅延を最小限に抑えた。

本稿では、発破による周辺環境への影響を把握し、最適な掘削方法の選定とその実施結果を報告する。

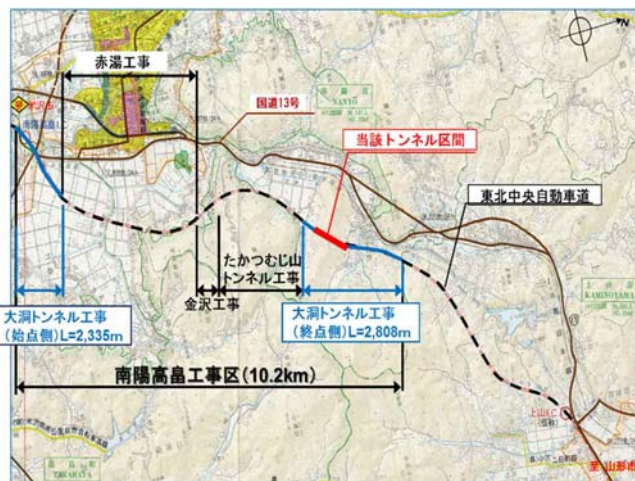


図-1 当該工区位置図

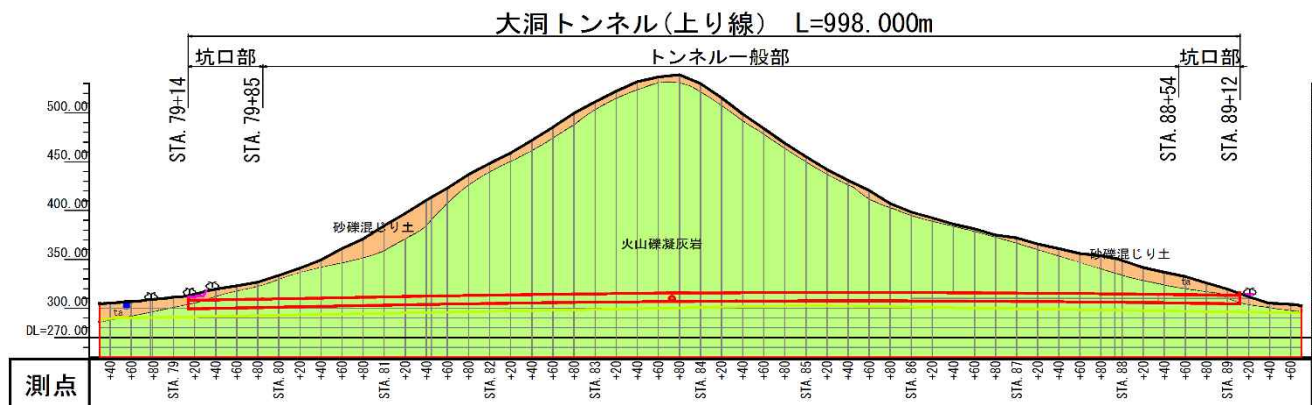


図-2 地質縦断面図

2. 周辺環境を考慮した最適な掘削方法の選定と実施

硬質で亀裂が少ない凝灰岩出現し自由断面掘削機による掘削が困難になったため、掘削方式の変更を検討した。まず、自由断面掘削機の仕様変更を検討したが、大出力の機械が希少で、かつ大掛かりな電気設備の入替えなどかなりの時間を有するため不採用とした。そこで、現状の設備で使用可能な発破による掘削を採用した。

発破による掘削を採用する際に坑口から 108m 地点に民家が存在し、発破騒音等の配慮が必要であった(図-3)。騒音対策の防音扉は 1 基のみすぐに準備ができたが、複数基準備するには、数か月を要することから、防音扉を 1 基のみの対策で民家 A との敷地境界にて騒音測定を行い、火薬学会が定めた目標値内(騒音 70dB, 低周波騒音 100dB, 振動 64dB)に収まる装薬量を試験発破にて選定した。

キーワード 工期短縮, 凝灰岩地質, 発破併用機械掘削方式

連絡先 〒999-2171 山形県東置賜郡高畠町大字石岡 563 大洞トンネル工事事務所 TEL 0238-49-7298

試験発破は、発破パターンは装薬量に制限があるため、通常の『①上半断面全体を破碎するパターン』と、掘削自由面を作ることを目的とした『②芯抜きに重点を置いた発破パターン』の2種類を用意した。そして、それぞれのパターンにて装薬量を変化させた発破を行った。

環境測定結果を表-1に示す。この結果より、装薬量が48.6 kgまでならば、騒音、振動、低周波騒音がすべて火薬学会の目標値内に収まることが確認できた。

次に、発破のゆるみ効果を考慮した掘削方式の選定を行うために、掘削パターンを以下の4パターンを設定し、各掘削サイクルを比較することによって掘削方式を選定した。

掘削パターン①：機械掘削方式

掘削パターン②：発破併用機械掘削方式(発破パターン①)

掘削パターン③：発破併用機械掘削方式(発破パターン②)

掘削パターン④：発破掘削方式

表-2に各掘削パターンとサイクルタイムの結果を示す。掘削パターン②、③は、発破掘削での掘削長は短いが、発破による緩み効果と掘削自由面の形成により、掘削パターン①と比べて掘削パターン②で15%、掘削パターン③で25%の掘削効率が向上している。また、掘削パターン③は、発破による破碎土量や自由面が増えたことで、掘削パターン②より掘削効率が向上したと考えられる。

掘削パターン④の油圧ブレーカによる掘削については、岩盤の亀裂が少ないため破碎に時間を要する状況で、サイクルタイムの遅延が顕著であったため掘削途中から自由断面掘削機を併用して行った。

以上より、掘削のサイクルタイムから判断すると掘削パターン③が最も効率的な掘削方式であり、残りのCⅡ区間の掘削方式として採用した。

発破併用機械掘削方式の継続的な対策効果を検証するため、2週間に1度程度その他の掘削方式による掘削を実施しサイクルタイムの比較を行った。その結果を図-4に示す。発破併用機械掘削方式は、その他の掘削方式と比べると各支保パターンでの標準的なサイクルタイムまで改善されており、その対策効果を確認することができた。

3. あとがき

硬質で亀裂の少ない凝灰岩地質のトンネル掘削において、発破併用機械掘削方式が有効であると確認できた。本報告の事例が、地質が類似したトンネル現場の参考になれば幸いである。

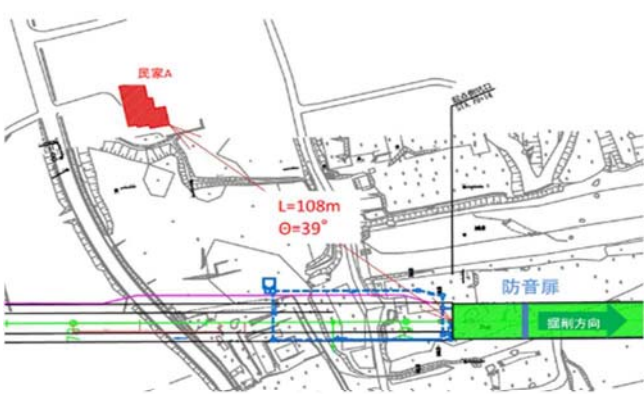


図-3 坑口付近

表-1 環境測定結果と発破パターン

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目
発破パターン	①	①	①	②	②	②
総装薬量	48.6	55.2	50.4	50.4	48.6	48.6
計測位置						
目標値(dB)	A	A	A	A	A	A
騒音	70	54	64	65	67	64
低周波	100	64	105	106	104	97
振動	64	38	36	36	-	-

①	②
上半断面全体を破碎	芯抜きに重点を置いた破碎

表-2 掘削パターンとサイクルタイム

掘削パターン①(単位:分)			STA.82+18.0	STA.82+19.2	STA.82+20.4	Ave	評価
掘削①	機械掘削	自由断面掘削機	300	240	265	268	基準
掘削②	-	-	-	-	-	-	
合計			300	240	265	268	
掘削パターン②(単位:分)			STA.82+56.4	STA.82+57.6	STA.82+58.8	Ave	○
掘削①	発破掘削	発破パターン①	120	90	75	95	
掘削②	機械掘削	自由断面掘削機	90	100	210	133	
合計			210	190	285	228	◎
掘削パターン③(単位:分)			STA.82+61.2	STA.82+62.4	STA.82+63.6	Ave	
掘削①	発破掘削	発破パターン②	65	60	90	72	x
掘削②	機械掘削	自由断面掘削機	150	130	105	128	
合計			215	190	195	200	
掘削パターン④(単位:分)			STA.82+69.6			Ave	x
掘削①	発破掘削	発破パターン②	65			65	
掘削②	機械掘削	油圧ブレーカ	350			350	
合計			415			415	

※ ブレーカ掘削上半右半分で120分を超えたため、自由断面掘削機と併用

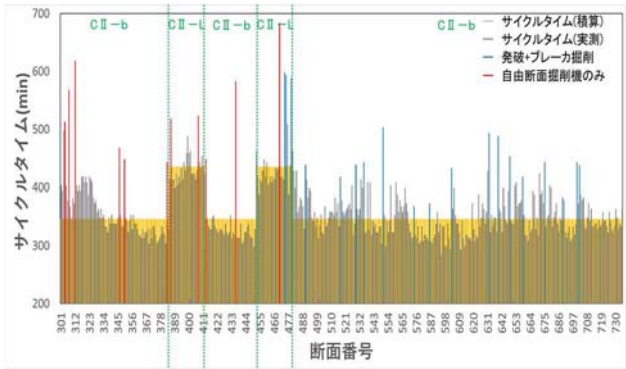


図-4 サイクルタイム