

非火薬破砕材の中硬岩への適用性と振動抑制効果について

愛知県 正会員 藤原 英 鹿島建設(株) 正会員 横尾 敦
鹿島建設(株) 正会員 竹市 篤史 鹿島建設(株) 正会員 ○日野 博之

岩古谷トンネルは、愛知県北設楽郡設楽町と東栄町を結ぶ国道 473 号設楽バイパスのうち、全長 1,287m の道路トンネルである。坑口部から一軸圧縮強度が 100MPa 以上の岩石であるにもかかわらず、小土被りで民家が近接しているため、火薬消費許可が下りない状況であった。そこで、火薬消費許可を必要としない非火薬破砕材を用いることにより効率的に突破することができたので、その威力などの効果及び近隣への振動影響などの実績について報告する。

1. はじめに

坑口部は閑静な谷底部に立地しており、小土被り部（2 D 以下）が 140m 程度連続し、10 軒程度の民家が近接している（写真－1）。このため、発注時より掘削開始から 210m 区間は機械掘削とされていた。しかし、坑口部の凝灰角礫岩が想定以上に硬質であり、TD30m より一軸圧縮強度が 50MPa を超え、TD60m 以深は 100 MPa 以上となり、機械掘削が難航した。昼勤のみの施工で 1.2m/日の掘削進捗であったため、大幅に工程が遅延することが予想された。このため、火薬消費許可の必要ない非火薬破砕工法を併用して火薬使用開始までの約 100m 区間を突破することとした。



写真－1 坑口周辺環境

2. 非火薬破砕工法

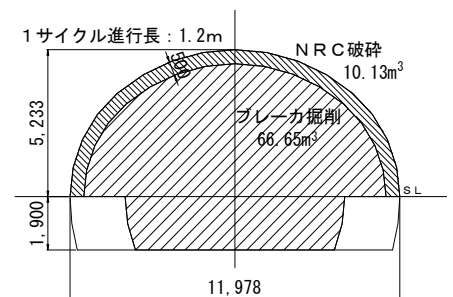
非火薬破砕工法は、市街地等における岩石の破壊や解体工事に伴う旧コンクリート構造物の破砕に、大型ブレーカ等の機械による方法や、制御発破、コンクリート破砕器などの火薬類を用いた工法が、周辺環境の影響に伴う振動騒音の制約から適用できない場合に使用されてきた工法である。破砕機構は薬量の中に含まれるアルミニウムのテルミット反応による膨張圧で対象物を破砕するものである。

非火薬のため、保管や消費に係る許可が必要なく、取扱が簡便である。さらに膨張圧による破砕であるため、爆薬と比較し、低振動で破砕が可能である。作業手順としては火薬による発破工法と類似しており、油圧ドリルジャンボによる削孔、装薬、結線、点火の順で行う。非火薬破砕工法の材料には A：「NRC」と B：「ガンサイザー」（以降 A、B）があり、本現場では 2 種類ともに使用した。

3. 非火薬破砕工法施工実績

3-1 払い部破砕

当初より 3 t ブレーカによる機械掘削では、打撃方向が限られているため、払い回りの掘削に時間を要していた。さらに払い部に関しては、3 t ブレーカを 2 台横並びで作業することが出来ず、1 台のみでの掘削となり効率が低下した。そこで非火薬破砕材 A を払い部で使用した。A には段発があるため、段当たりの薬量を 2.4kg に制限し、振動対策を図った。図－1 に施工要領図を示す。3 t ブレーカ 2 台で払い部を残して掘削後、油圧ドリルジャンボにて削孔、非火薬破砕材 A を装薬、破砕を行った。



図－1 施工要領図

施工実績は、3 t ブレーカ 2 台による芯部掘削は 11.8m³/時間、非火薬破砕材 A の払い部破砕は 10.1m³/時間であった。払い部（10.13m³）は、施工効率が低下するため 3 t ブレーカ 1 台（5.9m³/時間）で行った場合に 2 時間

キーワード 非火薬破砕工法, NRC, ガンサイザー

連絡先 〒460-0004 名古屋市中区新栄町二丁目 14 番地 鹿島建設(株) 中部支店 TEL052-961-8290

以上を要した。したがって、非火薬破砕材 A を払い部に使用することで、1 サイクル 1 時間以上の短縮をすることが出来た。

3-2 芯抜き破砕

掘削が進行し、TD100mから岩盤の強度が 100MPa を超え、亀裂が少ない切羽となった。自由面が無い場合ブレーカによる芯部の掘削に時間を要するようになり、非火薬破砕工法による芯抜き破砕を実施した。このときは民家からの距離が離れ、破砕材による振動騒音値が低減していたため、計算上では段当たりの薬量を 8 kg まで上げられることが出来た。このためイニシエーターに瞬発を使用した。

芯抜き方法は図-2 に示す V カット方式で、破砕材は孔穴の奥に十分な薬量を装薬するために太径の 1000g を使用した。結果として芯抜き破砕を行うことが出来たが、火薬による発破と比較して破壊力が小さいため、削孔角度、間隔が大きくなると、破砕が失敗することもあり見られた。

3-3 使用量実績

表-1 に非火薬破砕材 A、B の使用量の実績を示す。比較のため火薬の使用が可能になった直後の 30m 区間の m^3 当たりの薬量の実績も示す。非火薬破砕工法の m^3 当たりの薬量は、A で $1.68kg/m^3$ 、B で $1.37kg/m^3$ であり、火薬の実績 $0.85kg/m^3$ と比較して威力が小さいことがわかる。

3-4 振動測定結果

非火薬破砕材 A、B を使用して破砕を行った際に、掘削の進捗に合わせて計測位置を変えながら振動測定計測を行った。振動規制値の設定として、火薬学会が発破振動の管理値として提言している、昼間の規制値の 79dB を適用し管理を行った。はじめに試験破砕を行い、火薬の発破振動の予測式を用いて、振動レベル、変位速度の測定結果より発破係数 (K 値) を算出したところ 79 となった。算出された K 値を用いて、切羽で破砕の都度、振動レベルを測定し、その測定結果より K 値を見直ししながら薬量の調整を行い、施工を進めた。表-2、図-3 に火薬の実績を含めた m^3 当たりの薬量と K 値の関係を示す。非火薬破砕工法の K 値は火薬の K 値と比較して 10 分の 1 程度となった。

表-2 使用量実績

		m^3 当たりの薬量	K 値
		kg/m^3	-
NRC	芯抜き	1.76	36
	払い	1.66	42
ガンサイザー	芯抜き	1.35	95
	払い	1.41	55
火薬	芯抜き	0.85	808
	払い		536

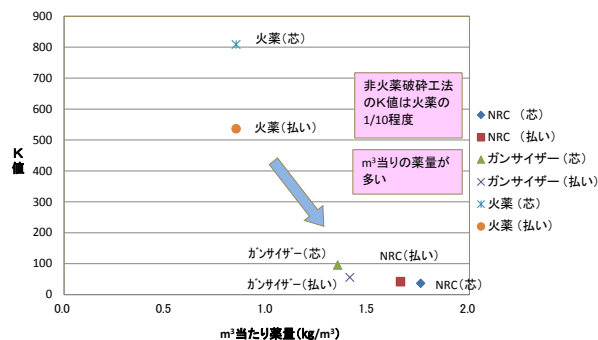


図-3 各工法の m^3 当たりの薬量と K 値

非火薬破砕材 A は B と比較して K 値が小さいが、威力が小さいため m^3 当たりの薬量が多くなる傾向にあるので、振動低減の検討に際しては注意が必要である。

なお、非火薬破砕材 A、B とともに芯抜きと払いの K 値に差が無いため、芯抜きに有効利用できる可能性がある。

4. 考察

非火薬破砕材を用いて、坑口部の中硬岩を効率的に掘削することが出来た。また K 値の比較では火薬の 10 分の 1 程度であり、威力は低いものの振動制御を実現できた。中硬岩で振動を制御したい場合に、芯抜き掘削で K 値が低くなる傾向が得られているため、振動抑制に有効に活用できる可能性がある。

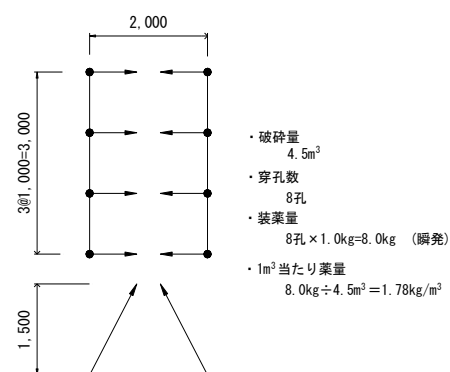


図-2 芯抜き方法

表-1 使用量実績

		実施回数	総薬量	m^3 当たりの薬量
		回	kg	kg/m^3
非火薬破砕材 A	全体	59	799.8	1.68
	芯抜き	10	76.6	1.76
	払い	49	723.2	1.66
非火薬破砕材 B	全体	13	166.5	1.37
	芯抜き	7	88.5	1.35
	払い	6	78.0	1.41
火薬				0.85