

VI-146

ANFOを用いた硬岩トンネルの合理的発破技術の開発

ハザマ土木本部 ○正会員 河邊 信之 正会員 鈴木 雅行
 ハザマ広島支店 馬場 裕 桐原 章浩
 上林 凡人

1. はじめに

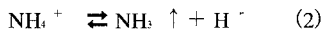
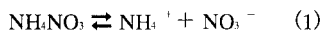
ANFO爆薬は日本国内のトンネル現場で標準的に用いられている含水爆薬と比べて材料単価が安価であることから、その採用は建設コスト低減の観点から有用である。しかし、山岳トンネルでの適用にあたっては、発破後の後ガス（ NO_x 、 CO_x ）量が多いこと、装薬時に吹付けコンクリートのリバウンドと反応してアンモニアガス（ NH_3 ）が発生すること等問題が多い。今回、ANFO爆薬を山岳トンネルに適用するにあたってこれらの問題点を解決する目的で、アンモニアの発生を低減させるためANFO爆薬を酸でコーティングしたコーティングANFO爆薬、ANFO爆薬をフィルムパックしたピースANFO爆薬の現場実験を行い、山岳トンネルでのANFO爆薬の適用性を確認した。本文は、実際の山岳トンネルで適用した現場実験結果と、それに基づく適用性について報告するものである。

2. コーティングANFO爆薬とピースANFO爆薬の概要

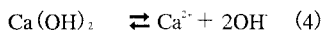
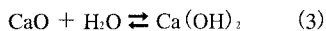
① コーティングANFO爆薬

ANFO爆薬の装填方法は、専用装填機械による孔内へのエア吹込み方式が一般的である。この場合、孔内から吹きこぼれたANFO爆薬の硝酸アンモニウムと吹付けコンクリートのリバウンド中のセメント成分が反応してアンモニアガスが発生する。

ANFO爆薬中の硝酸アンモニウムの反応



セメント成分中の酸化カルシウムの反応



したがって、硝酸アンモニウムと酸化カルシウムが接触すると強アルカリである水酸化カルシウムの影響を受け、上記(2)式の平衡が右側に移動しアンモニアガスが発生する。したがって、ANFO爆薬自体に酸を10%程度混入し、この反応を抑制したコーティングANFO爆薬を適用した。

② ピースANFO爆薬

ピースANFO爆薬は、通常のANFO爆薬をフィルムパックしたもので、形状は薬口径φ40mm、重量200gである。装薬は、通常山岳トンネルでの発破掘削と同様に人力による装薬となる。ANFO爆薬をフィルムパックで保護することにより、吹付けコンクリートとの接触を防ぎ装薬時のアンモニア発生が抑制できる。

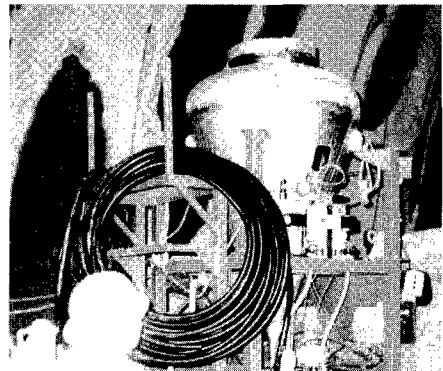


写真-1 ANFO爆薬装填機

表-1 爆薬比較表

爆薬種類		含水爆薬	ANFO爆薬
状態		膠質	顆粒
比重		1.2~1.3	0.8~0.9
爆速	(m/s)	5,200~5,800	約3,000
後ガス	CO (m ³ /kg)	1.5~2.0 × 10 ⁻³	6.0~10 × 10 ⁻³
	NO _x (m ³ /kg)	0.5~1.5 × 10 ⁻³	6.5~10 × 10 ⁻³

キーワード：山岳トンネル、発破掘削、ANFO爆薬、アンモニア、後ガス

連絡先：東京都港区北青山2-5-8（TEL 03-3423-1801, FAX 03-3405-1854）

3. 実験概要

① トンネル概要

現場実験を行ったトンネルは、中国地方の道路2車線トンネル（掘削断面積 70m^2 ）である。地質は広島型花崗岩が主体であり、非常に硬質である。試験を実施した箇所の地山等級はB級と良好であり、湧水はほとんどみられない。試験施工した位置は坑口から約700m付近であり、発破後の後ガス濃度に影響を及ぼす現場の換気条件は $1000\text{m}^3/\text{min}$ 送風機による送込み方式と $1,500\text{m}^3/\text{min}$ の送風機による吸出し方式を併用している。掘削は、地山状況が良好であることから全断面工法による掘削を行っている。

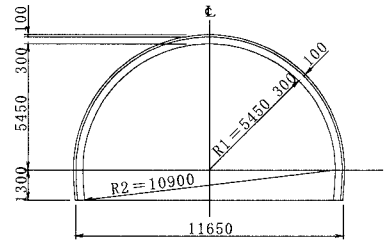


図-2 実験トンネル断面図

② 実験内容

上記のピースANFO爆薬、コーティングANFO爆薬、および比較のための含水爆薬、標準ANFO爆薬について試験発破を実施し、山岳トンネルでの適用性を確認した。適用性評価に関しての項目については装薬時のアンモニアガス濃度、発破後の後ガス濃度測定（ NO_x 、 CO_x ）により評価することとした。

4. 実験結果

① 装薬時のアンモニア濃度

図-3に装薬時のアンモニアガス発生濃度を示す。通常のANFO爆薬による最大アンモニアガス発生濃度は80ppm程度と非常に高いが、コーティングANFO爆薬、ピースANFO爆薬ともアンモニアガス濃度を抑制できることがわかった。特に、ピースANFO爆薬はほとんど発生しておらず、含水爆薬と同様に扱えることがわかった。

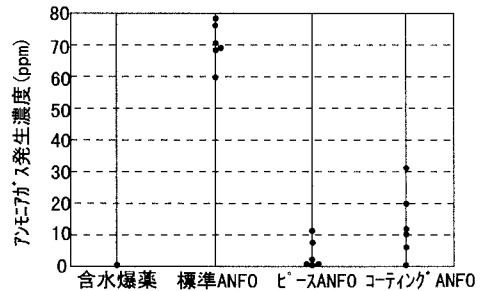


図-3 アンモニア最大発生濃度測定結果

② 後ガス濃度（ NO_x 、 CO_x ）

図-4に発破後の後ガス濃度を示す。ANFOの後ガス発生量は含水爆薬と比べ5～10倍程度といわれているため、ANFO爆薬を採用した場合の場合の後ガス発生濃度は含水爆薬と比べ高くなっている。ただし、時間の経過とともに換気により濃度の希釈がすすんでおり、発破後10分程度でほぼ許容値以下となっている。ANFO爆薬を採用する場合、含水爆薬に比べ多少換気時間がかかるが、大きく影響をおよぼさないことがわかった。

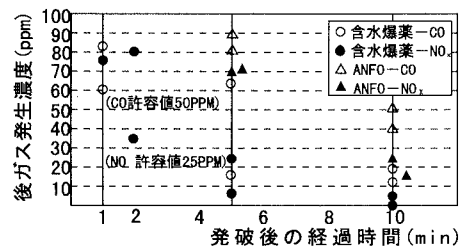


図-4 後ガス発生濃度測定結果

5. あとがき

通常のANFO爆薬を改良したコーティングANFO爆薬、ピースANFO爆薬の現場実験を適用し、ANFO爆薬の山岳トンネルへの適用性を確認した。その結果、特に装薬時のアンモニアガスの発生や発破後の後ガスに関しては顕著な問題とならず対処可能であることがわかり、山岳トンネルへのANFO爆薬の適用が十分可能であることがわかった。

今回、実験にあたっては、ANFO爆薬による削孔数の減少効果、機械装填によるサイクル短縮等の合理化施工も見据えて現場実験を行ったが、実験回数が少なかったこと、作業員が不慣れであったことから十分なデータを得ることができなかった。今後、適用現場を増やすことにより合理化施工も含め合理的発破技術の確立をはかり、報告していく予定である。