

トンネル掘削における ANFO 爆薬の適用について

ハザマ 土木本部 正会員 鈴木雅行・正会員 河邊信之
 ハザマ・南生・徳澤特定建設共同企業体 正会員 野中博樹・ 若宮 西

1. はじめに

国見トンネルは、鹿児島県南端に位置し、内之浦町と高山町を遮る国見山（標高 886m）の中腹を貫く延長 3,300mの県道トンネルである。主要地山は大隈花崗岩と呼ばれる非常に硬質な地山（ $qu=150MPa$ 程度）で、あるため掘削にあたっては火薬の使用量も非常に多いことが想定された。

このような条件下での掘削にあたっては、通常の含水爆薬では計画爆薬量を大幅に増加するため ANFO 爆薬の適用について検討をおこなった。しかし、ANFO 爆薬をトンネル掘削に適用する際の問題点としては、後ガスとしてアンモニアガスや一酸化炭素ガスが発生するため、掘削サイクルに大きく影響することが考えられた。そこで、数種の装薬パターンを実施し、道路トンネルへの ANFO 爆薬の適用について検討を行った。

2. 発破パターンの検討

当初の発破パターンにおいて芯抜きが起きにくく孔尻が多く残ること、また、当りが出やすいことから発破パターンをVカットの改良、EDD雷管およびSB爆薬の使用により図 1 に示す発破パターンを採用した。その結果について掘削パターン別爆薬使用量を表 1 に示す。このように、通常の発破パターンをより合理的に実施しても当初計画の爆薬量に比較して使用量を低減することはできなかった。そこで、ANFO 爆薬による試験発破を実施した。

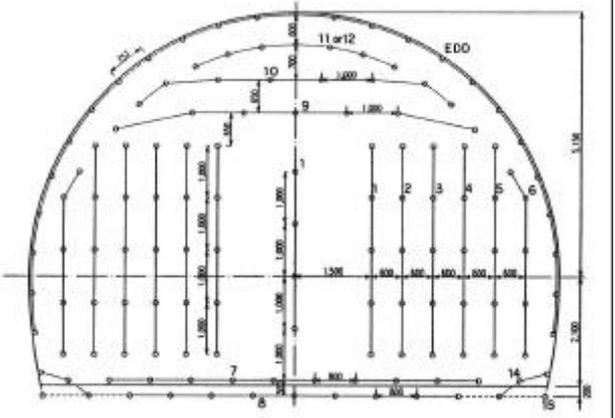


図 - 1 標準発破パターン

3. ANFO 爆薬による試験発破

ANFO 爆薬は顆粒状で発破後の後ガスが悪いため、作業性、作業環境等の側面から試験発破を行い有効な発破パターンを検討した。

使用爆薬：親ダイ、増ダイ含水爆薬（30mm×100g, 30mm×200g）、SB 爆薬（20mm×150g）、増ダイ ANFO 爆薬（40mm×200g ピース品）

穿孔、発破パターン：A：含水爆薬のみ使用（通常発破）、B：親ダイ、芯抜き、踏前、払いに含水爆薬使用、他の増ダイは ANFO 使用、C：親ダイ、踏前、払いに含水爆薬使用、他の増ダイは ANFO 使用、D：ANFO を任意に使用

表 - 2 パターン別爆薬使用実績

掘削パターン	掘削断面 (m ²)	爆薬 (kg/m ³)		雷管 (本/m ²)		備考
		実績	当初計画	実績	当初計画	
DⅢa	77.320	0.79	0.45	1.30	1.07	
DⅠ	64.405	1.21	0.50	1.72	1.40	
CⅡ	63.380	1.38	0.70	2.07	1.92	
CⅠ	63.380	1.45	0.80	2.64	2.26	
CⅠ	63.380	1.27	0.80	2.38	2.26	EDD使用
B	62.363	1.73	1.00	2.79	2.60	"

キーワード：トンネル掘削、ANFO 爆薬、アンモニアガス、一酸化炭素ガス

連絡先：〒107-8658 東京都港区北青山 2-5-8 TEL 03-3423-1801 FAX 03-3405-1854

測定対象ガス：CO₂，CO，

表 - 2 試験発破による後ガス測定結果

NO₂，NOX，アンモニア
ガス

測定位置：切羽から 10
m，高さ 1.5m，トンネル
センター上

測定時間：

発破後 10 分,15 分,20 分
25 分,30 分

4．試験施工の結果

表 - 2 に試験発破による
後ガス測定結果を示す。発
破後の後ガス測定結果によ
ると CO₂，CO，NO₂，NOX，
については ANFO 爆薬を使用
すると発生するものの、
15～20 分で許容濃度以下
になっている。今回の発破
実験ではアンモニア臭が問
題となったが、ANFO 爆薬
の使用量を 1 発破当り
100kg 以下に抑えると発破
直後でも切羽に近づくこと
ができ、10～15 分で許容濃
度以下になることが確認さ
れた。

なお、穿孔は当初は

50mm のビットであったが、穿孔に時間がかかるため 45mm のビットに戻した。ただし、孔荒れがある場合は ANFO 爆薬では十分な装薬ができないため、採用しないこととした。

5．まとめ

試験施工により、次の条件下での発破パターンを今後の発破パターンとして採用することとした。

1 発破の ANFO 爆薬使用量は 80～100kg 程度にする。

湧水箇所および孔荒れ箇所には ANFO 爆薬は使用しない。

なお、本トンネルのトンネルの換気設備については排気 1,500m³/min，送気 1,000m³/min としている。
また、この発破パターンにより当初の計画の爆薬費を低減することができた。

参考文献：

- 1) 鈴木雅行，河邊信之，馬場裕，上林凡人，桐原章浩：ANFO を用いた硬岩トンネルの合理的発破技術の開発，土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集 -146，pp.292～293，1998.10
- 2) 鈴木雅行，河邊信之，馬場裕，桐原章浩：ANFO 爆薬を用いた合理的発破技術の開発とその適用，土木学会トンネル工学研究論文・報告集第 8 巻，1998.11

		A 全含水		B 親. 芯. 踏前含水		C 親. 踏前含水		D ANFO任意	
			1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	
一酸化炭素	10分後	13	192	177	100	110	89	115	
	15分後	0	86	78	34	48	46	68	
	20分後	0	46	44	8	37	35	49	
	25分後	0	29	27	0	15	20	45	
	30分後	0	19	—	—	10	7	—	
二酸化炭素	10分後	—	600	850	550	600	1500	—	
	15分後	—	350	500	400	500	800	1400	
	20分後	—	300	400	—	350	—	500	
	25分後	—	300	—	—	—	—	—	
	30分後	—	—	—	—	—	—	—	
二酸化窒素	10分後	0	6	7	5	5	—	8	
	15分後	0	6	5	4	5	—	—	
	20分後	0	—	—	3.5	4	—	—	
	25分後	0	—	—	—	—	—	—	
	30分後	0	—	—	—	—	—	—	
窒素酸化物	10分後	0	12	15	10	10	—	20	
	15分後	0	—	0	6	7	—	—	
	20分後	0	5	0	3.5	4	—	—	
	25分後	0	2.9	—	—	—	—	—	
	30分後	0	—	—	—	—	—	—	
アンモニア	10分後	9	260以上	—	—	—	40	20	
	15分後	9	260以上	52	32	45	20	12	
	20分後	—	36	40	32	40	13	8	
	25分後	—	36	28	—	35	—	—	
	30分後	—	36	32	—	—	—	—	
孔数(本数)		144	198	151	176	155	141	129	
削孔長(m)		2.7～3.2	3.0～3.4	3.2～3.4	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0	2.7～3.2	
ビット径(mm)		50	50	50	50	45	45	45	
含水薬量(kg)		204.20	141.25	121.85	83.90	74.65	148.65	106.80	
ANFO薬量(kg)		0.00	185.60	169.00	230.00	200.20	40.00	79.00	
総薬量(kg)		204.20	326.85	290.85	313.90	274.85	188.65	185.80	
送風口距離(m)		50	55	60	65	55	60	40	
吸風口距離(m)		90	95	100	105	110	220	120	
発破結果		やや良	良 過装薬	良	やや良 過装薬	良	やや良	良	
突進行長(m)		2.4	2.8	2.9	2.2	2.3	2.2	2.7	
進行率(%)		88.9	93.3	90.6	88.0	92.0	88.0	100.0	
備 考		左肩当たり 有り 換気最良	アンモニア 臭きつい	アンモニア 臭きつい	飛石多し アンモニア 臭きつい	アンモニア 臭きつい	換気やや時 間かかる アンモニア 臭残る	換気良好 孔尻無し アンモニア 臭少ない	