

爆 発 に 関 す る 研 究

(第2報) ANFO による爆破 (1)

若 園 吉 一・佐藤忠五郎・梅 田 貞 夫

STUDIES ON THE EXPLOSION (PART 2): ON THE ANFO BLASTING (1)

By Yoshikazu WAKAZONO, Chugoro SATO and Sadao UMEDA

Synopsis

Using the ANFO blasting agents of the prilled AN which had the properties described in our previous report, we tried the practical blasting by the bench cut method at the dam site consisted of quartz trachyte at Kasabori, Niigata Prefecture, Japan. We used approximately 15kg of the ANFO blasting agents for each bore hole.

Through the practical blasting, we came to the conclusions that the ANFO blasting agents were inferior to ammonium perchlorate explosives (Carlit) in view of the blasting force, and that the ANFO blasting agents were usable and effective only when used in the dry holes.

1. 緒 言

第1報¹⁾において述べた ANFO 爆薬を使用して爆破を行なう場合（以下ANFO 爆破と略称する）は他のダイナマイト、カーリットなどを使用する爆破と比較して次の利点があげられる。

1. 安価である。
2. プリル硝安を使用することによって他の爆薬と比較して爆破効果に大差がない。
3. 硝安と燃料油の混合物であるから取扱が安全である。
4. 薬包の形で使用しなくてもよいから密装填ができる。
5. 粒状であるため装填器を使用して自動的に装填できる。

しかしながら欠点としては次のことがあげられる。

1. 湧水・漏水のある場所では使用できない。
2. 薬包の形で使用しないから高温多湿の所では吸湿しやすい。
3. 装填器を使用するため静電気発生の危険がある。
4. 爆破後のガス（一酸化炭素 CO , 二酸化窒素 NO_2 などの有毒ガス）の発生量が多い。
5. 爆力が劣るので硬岩に対しては使用しにくい。

以上のように長所・短所があるが、値段が安くて、取扱いが簡単な点が短所を補って余りあり、わが国においても ANFO 爆破が行なわれるようになってきた。しかしながら、ダイナマイトのようになかなる場合に対しても使用できるものではなく、現場状況（岩質、湧水の有無、工法その他）、気象条件などによって左右されるものである。

昭和38年8月、新潟県において大規模な ANFO 爆破を行なう機会が得られたので、第1報¹⁾で述べたよ

うなプリルを製造し、現場試験を行なってその実用性を検討した。

2. 試 料

試料のプリルとしては見掛比重が約 0.8 の無機固化防止剤および有機固化防止剤を添加した 2 種のプリルを、それぞれ 50 kg ずつ製造した。また見掛比重約 0.7 の有機固化防止剤を添加したもの 50 kg も準備した。今回の実験を行なった時期 (昭和38年 8 月) には固化防止剤を添加しないプリルは、吸湿性がいちじるしく使用不可能であったので、試料としては固化防止剤を添加したものに限った。これらの試料の性状は Table 1 に示す通りである。(第 1 報¹⁾参照、製品はすべて住友化学のものである)。

Table 1. Samples.

	Samples	Bulk density (g/cc)	Ratio of oil absorption (g/100 gAN)
C—0.8	Coated AN with surfactant	0.833	11.7
D—0.8	Coated AN with kieselguhr	0.813	11.9
C—0.7	Coated AN with surfactant	0.735	16.8

なお、ANFO の混合比は、第 1 報¹⁾と同様すべて AN : FO=94.5 : 5.5 とした。

3. 現 場 状 況

実験場所は新潟県南蒲原郡下田村笠堀ダムの原石山である。現場はすでに坑道発破が行なわれた後で、海拔 260 m と海拔 252.5 m にベンチ盤が造成されていた。今回の実験は、海拔 260 m より海拔 252.5 m までのベンチ (高さ約 7.5 m, 巾約 50 m, 奥行き約 40 m) を利用して行なった。



Photo. 1. The bench for blasting tests.

ベンチを構成している岩石は斜長石英粗面岩で比較的軟らかく、しかも岩盤には節理が多く、ところどころに湧水個所がみられた。なお、爆破時の高速度および常速度カメラ撮影を行ない、装薬孔内での爆速測定をも適宜行なった。(この場合の爆速測定法についてはすでに報告²⁾したのでここでは省略する。) 点火所、指揮所撮影場所、測定場所などの配置図は Fig. 1 に示すとおりである。

4. 起 爆 法

起爆方法には孔口に電気雷管および伝爆薬 (ブースター) を装着する正起爆 column priming と孔底に装着する孔底起爆 bottom priming とがある。また Spencer 社の Technical Data³⁾によれば、ANFO の

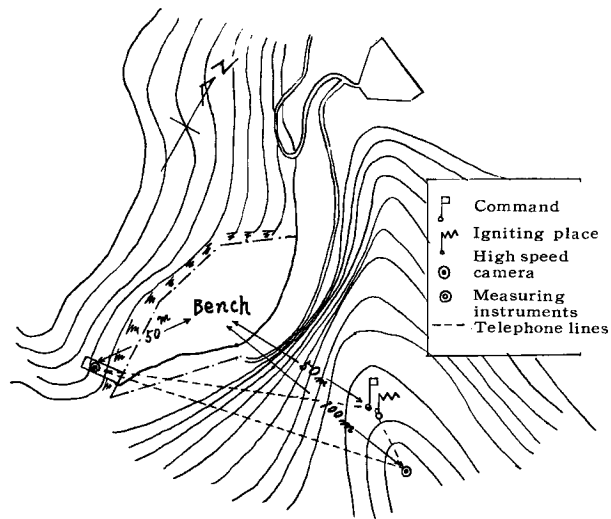


Fig. 1. The map of blasting tests.

使用に際し Fig. 2 に示すように 3～5 インチ口径の装薬孔に対して、途中に伝爆薬としてダイナマイトを挿入している場合もある。

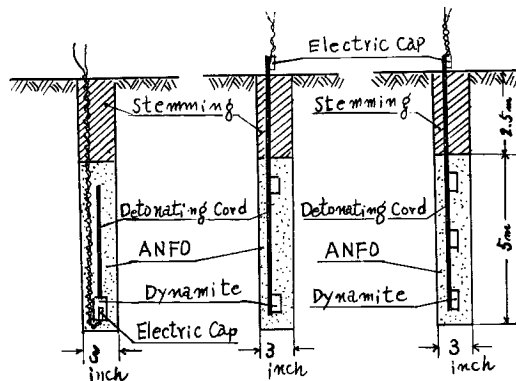


Fig. 2. Spencer's technical data.

今回は Fig. 3 に示すような導爆線使用の孔底起爆法を採用した。なお起爆方法についての詳細な検討は省略する*。

5. 現場実験（ベンチカット）

3. で述べたベンチにおいて、昭和38年8月18日より24日まで、合計8回の爆破実験を行なった。

3 インチクローラードリルを使用して、6～8 m 長、3 インチ径の装薬孔を穿孔した。1 回の実験の孔数は8～16である。装薬量は爆破係数（C）を約0.3として算出し⁴⁾、1 装薬孔につき ANFO 15 kg～18 kg と

* 詳細については、若園吉一、佐藤忠五郎：爆破 付 ANFO 爆薬、昭和40年2月、土木学会監修（鹿島研究所出版会）を参照されたい。

した。

これらの ANFO は漏斗を使用して、装薬孔内に自由落下させ、塩化ビニール製、長さ 10 m の棒によって数回つきかためを行って装填し、その後、ポリエチレン袋入りの砂袋を込物として挿入した。

ベンチカット試験発破の状況および薬量、孔長などの詳細について、その一例を Fig. 3 および Table 2 に示す。

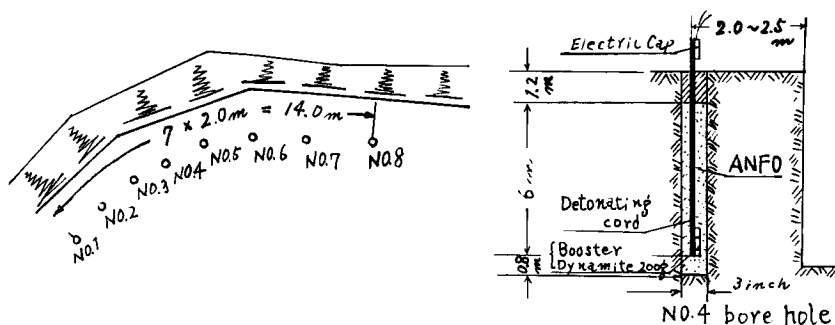


Fig. 3. The position of bore holes.

Table 2. Details of blasting tests.

Sample	Bore hole No.	Depth of bore hole (m)	Depth of water (m)	Weight of loaded ANFO (kg)	Length of loaded ANFO (m)	Position of booster (m)	Weight of dynamite (g)
ANFO C-0.8	1	6.50	0	15	5.50	0.50	200
	2	7.70	0	15	6.00	0.50	200
	3	7.80	0	15	5.80	0.50	200
	4	8.00	0	15	6.00	0.80	200
	5	7.90	0	15	5.90	0.40	200
	6	8.00	0	15	5.50	0.60	200
	7	7.00	0	15	5.00	0.70	200
	8	7.00	0	15	5.20	0.50	200

Fig. 3 に示した実験では、ANFO の総使用 120 kg 量に対し、採石量は約 340 m³ で、1 m³ あたりの使用薬量は 0.35 kg/m³ であった。

一方、D-0.8 および C-0.7 のものについても、1 m³ あたりの使用薬量に大差はなく、いずれの場合も過装薬であったことが認められた。これは原石山を構成している岩質が軟らかくしかも節理が非常に発達しているためと考えられる。なお破砕岩石はベンチカット後小割発破を必要としない程度であった。

6. 高速度撮影

ANFO による爆破状況を高速度カメラを用いて、約 2000 コマ/秒で撮影した。なお、常速度撮影 (60 コマ/秒) も併用した。フィルムはコダクローム、カラーネガフィルムを使用した。実験を行なったベンチには、湧水箇所および水孔が存在しており、これらの水孔には ANFO が使用できないので、黒カーリット (50 mm 径、薬量 300 g) を適宜使用し、ANFO との比較をも兼ねることにした。使用薬量は、1 装薬孔 (3 インチ径、8 m 長) につき ANFO 約 15 kg、黒カーリット 9 kg (30 本) である。

起爆方法は ANFO 場合は Fig. 3 に示した通りであり、ブースターとして、200 g えのきダイナマイ



Photo. 2 0 ms

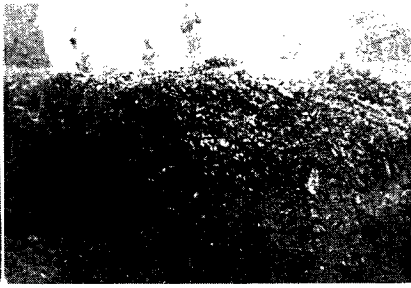


Photo. 6 300 ms



Photo. 3 20 ms



Photo. 7 500 ms

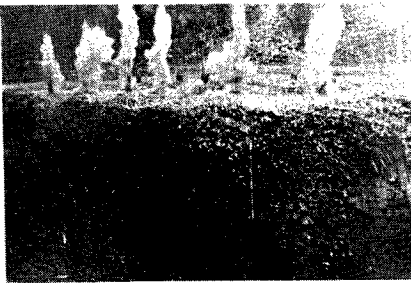


Photo. 4 50 ms



Photo. 8 1500 ms



Photo. 5 100 ms

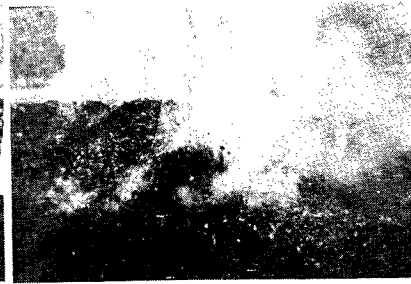


Photo. 9 3000 ms

Photo. 2~Photo. 9. Photographs of blasting by high speed camera.

トを使用し、導爆線によって起爆した。導爆線の起爆は、装薬孔口に装着した電気雷管によった。右側から 2 番目の装薬孔は装薬時に湧水が認められたが、比較のため他の装薬孔と同一条件で装填した。

点火時を 0 秒として、以下 20, 50, 100, 300, 500, 15000 および 3000 ms 後の爆破状況を **Photo. 2~Photo. 9** に示した。これらの写真から湧水個所であった 2 孔目以外はすべて完爆しているものと認められる。

このことから湧水個所における ANFO の使用は避けるべきであり、まして水孔に対しては防水対策を講じない限り、ANFO の使用は不可能であると考えられる。

7. 考察および結言

今回実施した爆破試験の結果から軟岩の爆破に対しては ANFO を使用することが可能であると認められた。この爆破は坑外爆破（ベンチカット）であるから 1. で述べた後ガスの問題⁵⁾については考慮する必要がない。また、3 インチのクローラードリルを使用しているから第 3 報⁶⁾で述べる実用限界薬径（1・ $\frac{1}{4}$ インチ）をはるかに上廻るので、装薬孔内での薬切れのおそれなく ANFO を完爆させることができる。下向孔のため ANFO を自由落下させて装填するから、静電気の発生は無視し得る程度で、装填器を使用する場合に予想されるような危険⁷⁾はない。

伝爆薬は孔径 3 インチの場合には ANFO 装薬量の 1~2% のダイナマイトで差し支えないものと考えられ、導爆線を使用した孔底起爆で完爆することが認められた。またこの試験においては孔長 8 m で良好な結果を得たが、さらに長孔を必要とする場合は、現場試験を行なって起爆方法などを検討しなければならないものとする。なお、ANFO と黒カーリットの爆破効果の比較は岩盤が軟らかいため、ANFO が過装薬となり、両者の差異は顕著に認められなかった。しかし、使用薬量からすれば ANFO 約 15 kg に対して黒カーリットは 9 kg であり、ANFO が爆力の弱いことを示している。

水孔に対しては高速度写真の結果からも明らかなように ANFO は不爆となり使用できない。ベンチカットにおける水孔対策は ANFO 使用上最も重要な問題点であり、湧水、漏水の激しい場所では装薬孔中の水を除くことは困難であり、たとえ ANFO をポリエチレンなどの防水袋に入れて装薬するにしても、比重が 1 以下であるため装填が難しい。水孔に対しては ANFO を使用せず、他の耐水性爆薬を使用することが望ましい。われわれは TNT 粒状爆薬または KSW 爆薬を使用する方針である。これらについては稿を改めて報告する。また、今回の試験は軟岩に対して行なったもので硬岩に対しては今後検討する必要があるものとする。

最後に、現場実験に協力された鹿島建設KK笠堀出張所の各位に厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 若園吉一、北尾盛功：前出。
- 2) 伊藤一郎、若園吉一、佐藤忠五郎、安建比古、梅田貞夫：粒状爆薬に関する研究，工業火薬協会誌，第25巻，第2冊，昭39，63頁
- 3) Spencer Chemical Co. : Use of Prilled Ammonium Nitrate-Fuel Oil Mixture in Stripping, Quarrring and Metal Mining, Technical Data, Sept. 1960.
- 4) 若園吉一、佐藤忠五郎：爆破 6，土木学会誌，第49巻，第1号，昭39.1，34頁
- 5) Hans Ahlman and Jorgen Casper : How Kiruna Learned to Use Ammonium Nitrate-Fuel Oil for Safe Blasting Underground, World Mining, Oct. 1964, pp. 26-31.
- 6) 若園吉一：後出
- 7) J.A. Hurry : How to Combat Static Electricity in Loading AN/FO in Blastholes, Engineering and Mining Journal, Vol. 163, 1962, pp. 90-92.