

Vibrations Due to Blasting and Their Effects on Structures

by K. Nawa

The present paper deals with vibrations in blasting and their effects on structures. The results are as follows:

- (1) The frequency and the duration of vibrations in blasting differ from those of earthquake.
- (2) In blasting, earthquake damage scale is not applicable as damage-causing criteria of vibrations.
- (3) The effects of vibrations in damaging structures are determined by the amplitude of the particle velocity.
- (4) The damage of structures appears in case that the amplitude of vibrations is over 1-2 kine.

(Asahi Chemical Industry Co. Ltd., Sakanoichi Plant)

AN-FO 爆薬に関する研究(第2報)

性能試験結果について(その2)

吉田 正・赤羽 周作

田中 雅夫・松本 栄*

1. まえがき

先に鉾山保安局、鉾山局および軽工業局よりの依頼にもとづいて行なった、発火点をはじめとする6項目についての試験結果については、第1報¹⁾において報告した。AN-FO 爆薬については内外ともすでに極めて多くの研究報告が見られ、その利点を認めるとともに実施面でも急激に伸長の勢いを示している。しかしながら未だ多くの研究の余地が残されているものと思われる。とくに AN-FO 用のブリル硝安の製造については、わが国の歴史はいまだ浅いのが実状であり、製品の生産増加に従って急速に改良が進みつつあると見られる。一方装てん機についても今なお改良の過程にあるようであるが、われわれは新しく試作された各種装てん機についてのテストを行ない性能を比較する一方、高速度撮影によつて装てん状況の解析を試み

た。さらに AN-FO 爆薬の爆速については影響する因子が極めて多く、短時日にそのすべてを解析することは不可能であり、とくに前述のように硝安の性状がまだ必ずしも安定してない現状においては結論を求めることはできなかつたが、一応いくつかの因子を取り上げて検討を加えた。

また AN-FO 爆薬に導火線を用いたところが、立ち消えのおそれがあるとのことから導火線の耐油性についても検討を加えた。以上の3項目についての結果を報告する。

2. 実験試料

硝安は主としてS社の白色多孔質粒状のブリル硝安を用い、一部M社のブリル硝安を用いた。その粒度分布についての測定は、Table 1, Fig. 1 のとおりであり、同一会社の製品についても各ロットごと、各袋ごとに若干の相違が認められた。

燃料油は前報¹⁾と同じ成分の日本石油製ディーゼル

昭和39年11月4日受理

* 資源技術試験所 東京都北区浮間町

2号軽油を使用した。

AN-FOの混合比はすべてAN:FO=94:6で行な

Table 1

S社ブリル

試料	粒 度 (タイラメッシュ)					全体の中で 8 ϕ ~16 ϕ の 占める割合
	~ 8	8~10	10~16	16~32	32~	
A	2.4%	42.6%	44.9%	6.9%	2.7%	87.5%
B	1.5	21.6	76.5	0.8	—	97.7
B'	2.6	37.0	58.9	1.5	—	95.9
C	2.1	27.0	54.4	8.6	7.9	81.4

注 A, B, C は入手時期の異なる。すなわち製造ロットの違うもの。B, B' は同一ロットで袋の異なるもの。

M社ブリル

試 料	粒 度 (タイラメッシュ)			
	~16	16~32	32~65	65 ~
D	78.0 %	13.0 %	6.8 %	2.2 %

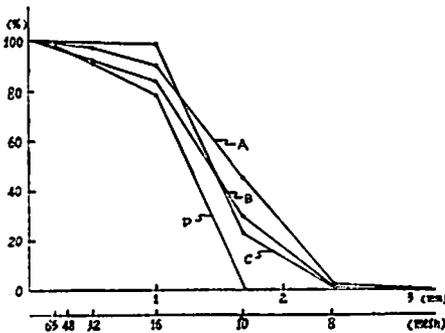


Fig. 1 Grain grade for each sample of prilled AN (Before loading)

つた。混合方法は毎回3~5kgを取り、相当量の油を入れて手によつて混合した。混合の均一性を見るために、軽油は赤色油溶性の染料によつて着色して使用した。

爆速試験には、ブースターとして径22mmのコンポジションB10gと20gのもの、および径25mmの黒カーリット50g薬包を使用した。

3. 装てん機の性能試験

AN-FO爆薬は、初期においては露天堀の大孔径の下向孔にポリエチレン袋のままあるいは直接流し込む方法で使用されてきたが、次第に発展して小孔径の水平孔や上向孔に圧縮空気を利用してつめる装てん機が種々開発されて、広く利用されるようになった。これらの装てん機は大別してエゼクター型とプレッシャー型となり、前者はVenturiの原理により、ノズルから圧気を噴出させた時生ずる吸引力を利用してAN-FO爆薬を装てんするもので、比較的小孔径用で、装てん機は軽量、携帯型で連続的に装てんできる。後者は密閉器中のAN-FO爆薬を圧気で押し出して装てんする機式のもので、比較的大孔径、長孔用で、装てん機も重く、容量も大きく、定置して使用する。

両者の内で国内の使用に、より適していると考えられるエゼクター型の装てん機について、カナダ製のアノローダーと、国産の4種類の装てん機(T.M.N.F.社製)の初期製品についてその性能の比較試験を行なった。

試験に使用した装てん機の型式をまとめるとTable 2のようになる。

下記の装てん機を使用して、装てん能力、装てん比重、硝安の粉碎性を測定し、T社とM社の装てん機については高速度カメラを使用して装てん状況を撮影し解析した。硝安はTable 1のS社製ブリル硝安のAを用いた。AN-FOでは粒度分布測定の際に、粘着性

Table 2 各種装てん機の型式

装てん機	アノローダー	T社製	M社製	N社製	F社製	
容 量	16 l	16 l	16 l	17 l	9.5 l	
重 量	5.0 kg	6.0 kg	6.0 kg	4.0 kg	6.0 kg	
材 質	アルミおよびステンレス	アルミおよびステンレス	アルミおよびステンレス	アルミおよびステンレス	アルミおよびステンレス	
形 状	角 型	角 型	角 型	角 型	角 型	
使 用 法	定置, 肩掛け	定置, 肩掛け	定置, 肩掛け	定置, 肩掛け	定置, 肩掛け	
ホ 装 て ん 機	材 質	半電導性 ポリエチレン	金網入り 塩化ビニール	針金入り 塩化ビニール	帯電防止塩化 ビニールまたは 半電導性ゴム	塩化ビニール
	内 径 長 さ	16mm 4.2m	18mm 5m	18mm 4m	19mm 4m	19mm 3m

のため節分けが不可能となるので硝安だけを使用した。また均一なブリルの装てんを得るためおよび装てんの状況の観察のために、実際の発破孔とは内面の平滑度等の点で異なるが、一端を閉じた、内径 33mm, 長

さ 1m の透明アクリル樹脂製パイプを発破孔とみなしてこれに装てんした。パイプの長さに限度があるので装てん能力は 10 秒間の薬量を測定して計算した。

この粒度の変化をグラフにしたのが Fig. 2 である。

Table 3 装てん機の装てん能力

装てん機	ホースの材質	ホースの長さ	圧気流量	装てん能力		装てん比重
				g/10sec	kg/min	
アノローダー	半電導性 ポリエチレン	4.2m	0.6m ³ /min	301	1.8	0.89
T社製	金網入り 塩化ビニール	5.0	1.25	519	3.1	0.93
M社製	針金入り 塩化ビニール	4.0	1.25	577	3.4	1.10
N社製	帯電防止 塩化ビニール	4.0	—	728	4.3	0.99
		15.0	—	376	2.2	1.00
	半電導性ゴム	4.3	—	476	2.8	1.05
		15.0	—	198	1.2	1.05
F社製	塩化ビニール	4.0	2.3	565	3.4	1.05

注 装てん能力は発破孔の径と装てんホースの径の割合によって変化する値であるから、上記の値は絶対的なものではなくて一つの比較値である。

Table 4 装てん機による硝安の粉砕度

装てん機	ホースの材質	ホースの長さ	粒度分布 (タイラーメッシュ)					
			~ 8	8 ~ 10	10 ~ 16	16 ~ 32	32 ~ 48	48 ~
アノローダー	半電導性 ポリエチレン	4.2m	2.4%	39.3%	42.6%	9.7%	3.7%	2.3%
T社製	金網入り 塩化ビニール	5.0	1.4	27.5	42.2	16.2	6.9	5.8
M社製	針金入り 塩化ビニール	4.0	0.4	6.5	9.7	31.4	22.8	29.2
N社製	帯電防止 塩化ビニール	4.0	0.7	14.3	25.9	26.8	17.7	14.6
		17.6	15.0	0.8	11.4	24.7	28.5	17.0
	半導性ゴム	4.3	0.8	13.7	23.3	25.2	17.2	19.8
		15.0	0.8	13.8	24.5	16.5	26.5	17.9
F社製	塩化ビニール	4.0	—	6.3	24.9	29.9	38.9	—

上記の結果から装てん能力はホースの内径および長さによって変化する、内径が細く、長くなる程急激に低下しており、エゼクター型の装てん機では比較的短い装てんホースの使用が適している。またホースの材質によっても変化するその内面の摩擦度が影響するよう

である。圧気流量と装てん能力とは必ずしも比例していないのは、装てん機のノズル部分の構造の違い等によるものと考えられる。

装てん比重および硝安の粉砕性は各装てん機によって相当な違いがあり、アノローダーではブリルの破砕

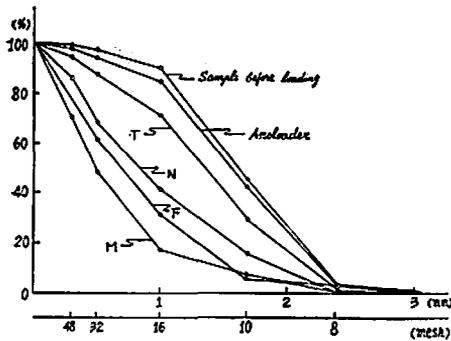


Fig. 2 Crushed grade of Prilled AN after loading by each loader

が最も少なく、ほとんどプリルのままで装てんされており、装てん比重も最も小さい値となっているが、M社製の装てん機では逆にプリルの破碎が最も大きく、粉状の硝安のような状況で装てんされ、装てん比重も1.10という大きな値となっている。T社、N社、F社のものは中間の値を示めている。各種の装てんホースを使用したN社の装てん機について比較すると、装てんホースの材質は装てん比重に影響しているが、粉碎性にはほとんど影響していない。また装てんホースの長さは何れにも影響しない結果となっている。

装てん機によって装てん比重および硝安の粉碎性が大きく異なることは、起爆感度、爆速等に大きな影響があると考えられる。

エゼクター型装てん機による AN-FO 爆薬の発破孔内への装てん状況等を詳細に知るため、T、M両社製の装てん機について16HB型高速度カメラを用いて撮影した。

撮影実験状況は次の通りである。

(i) アクリル樹脂製パイプ中への装てん状況。

発破孔が透明であることを要するため、実際の条件とは異なるが Fig. 5 に示すごとくアクリル樹脂製パイプ(内径33mm、長さ1m)の一端を密閉しその管中に装てんホースを装入して硝安粒子の装てん状況を撮影した。

(ii) 透明ビニール板間における硝安粒子の噴出状況。

装てんホースからの硝安粒子の噴出状況をより詳細に観察するため Fig. 6 に示すごとく厚さ35mmの角材2本の間に透明ビニール板(20×60cm)を両面に張り、長方形の透明箱のようなものを作り、その両端は開放にして一端より装てんホースを装入し、その先端からの硝安粒子の噴出状況を撮影した。

上記撮影実験に際し、写真のコントラストを強めるためバックに黒布を配した。

本実験に用いた16HBカメラの性能は下記の通りである。

- ① 撮影速度 500~10,000 コマ/秒
- ② レンズ H-Topcor 1:18 f:5.8cm
- ③ 回転プリズム 4面体
- ④ 使用フィルム 16mm×30.5m 1巻

撮影方法は被写体からフィルム面までの距離を1mにとり、その側方より撮影し、照明は特に用いず自然光(27,000ルクス)のみで撮影した。

撮影条件は最高速度2,300コマ/秒でコニパンSSSフィルムを用い、レンズはH-Topcor 1:28 f:3.5cmを開放で使用した。

撮影結果の一例は Fig. 3 および Fig. 4 に示すごとくである。

これらの結果からT、M両社の装てん機による装てん状況を比較すると、T社製装てん機の場合は殆ど硝安粒子が粒状のまま装てんされ、M社製装てん機の場合はその殆どが粉状となって装てんされているのが観察される。

装てんホースからの硝安粒子の噴出状況は両者とも同様に断続的で塊状となって噴出し、その噴出量も不均一のようなものである。Fig. 4 に見られるようにM社製装てん機の場合は粉状の塊りが断続的に噴出している。この場合の粉状塊体硝安の噴出間隔は解析の結果約7.0~10.0msである。なお、装てん速度を求めため解析を行なつたが、アクリル樹脂製パイプ中に装てんした場合は粒子の移動をつかむことが困難なため求め得なかつたが、Fig. 6の透明ビニール板間の場合は噴出された塊状硝安の移動距離からその速度を求めた結果32m/secであつた。しかしこの場合は開放状態であるため、実際の発破孔装てんの場合とは異なると考えられる。したがって発破孔中に於ける装てん速度については更に検討を加える考えである。

4. 爆 速

爆速に影響する因子としては、極めて多くのものが考えられる。すなわち、まづ硝安自体の因子として、硝安の組織、粒度、仮比重、吸油率から経時変化、吸湿ならびに固結度がある。AN-FO爆薬についても混合比、混合方法、吸湿度、経時変化がある。さらにプースター量、葉長、葉径、装てん密度、密閉度等があるが、そのうちプースター、装てん方法、葉径、葉長、水分について検討を行なつた。

本実験には第1報と同じく厚さ3mmのJISG 3452の配管用炭素鋼管を用いてこれに装てんし、イオンギャップ法²⁾、またはドートリッシュ法³⁾によって爆速を測定した。岩石内の爆速測定においてドートリッシュ法を行なつたときは短い間隔の孔を正しく穿孔する

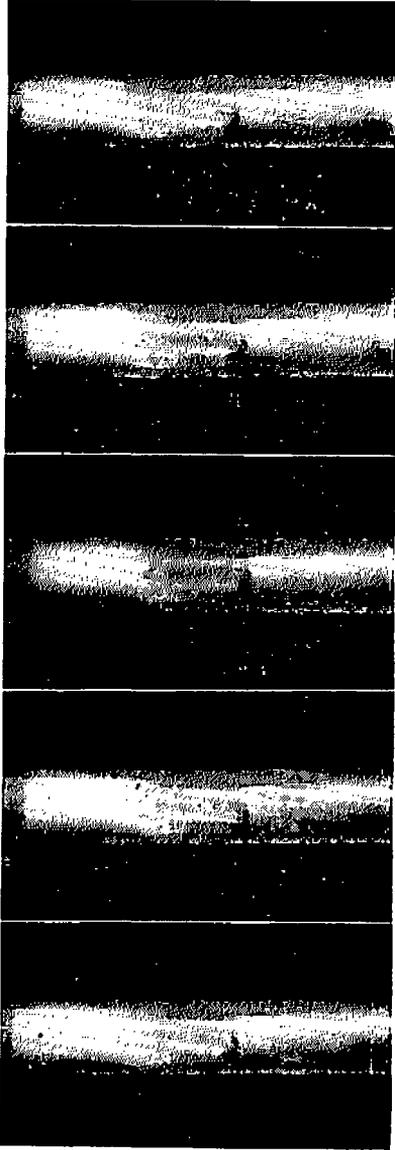


Fig. 3 Loading current of prilled AN in acryl pipe by T-company's loader. 1, 200frames/sec, Time interval between the frames, 10. 7ms.

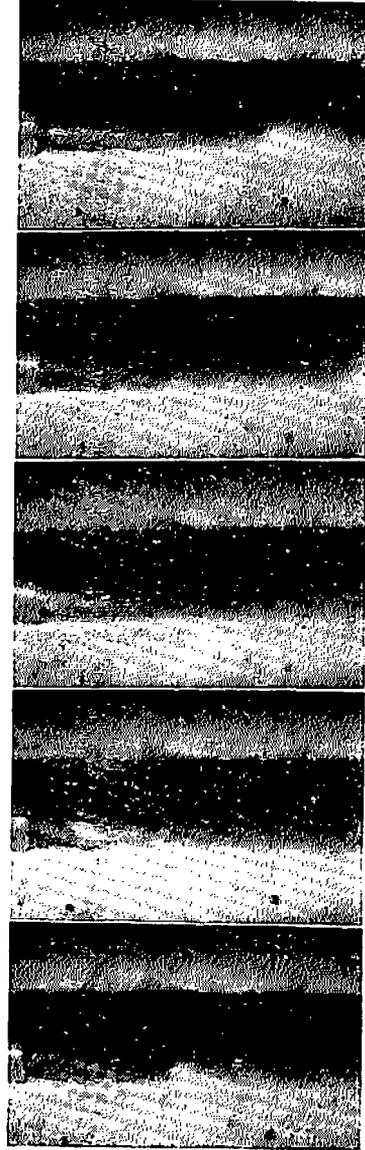


Fig. 4 Scattering of prilled AN in the gap between 2 plates by M-company's loader. 2, 300 frames/sec, Time interval between the frames, 2. 1ms.

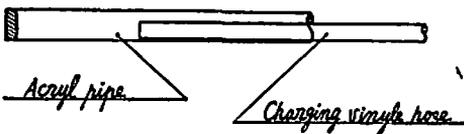


Fig. 5 Loading arrangement in Fig. 3

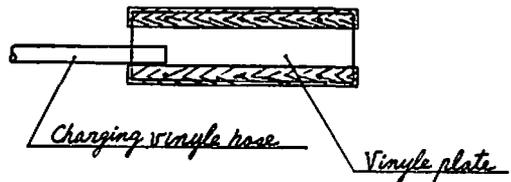


Fig. 6 Loading arrangement in Fig. 4

ことは困難であつたので逆起爆を行ない、導爆線の一端は側方から穿孔してそれを通して AN-FO 爆薬中に装入するが、他端は発破孔の先から AN-FO 中を通して装入し、導爆線の先端間の距離を一定にして測定を行なつた。

なお、パイプの密閉強度を検討する考えで、厚さ 3.5mm、内径 33mm の硬質塩ビ管に装てんした場合の測定を試みたが、鋼管にては雷管のみでも高い完爆

率を示すのに対して、塩ビ管にてはコンポジション B20g でも完爆させることができなかった。

なお本実験は 4~10 月の約半年間に渡つて実施したものでその間温度、湿度にかなりの変化があり、その影響についての検討はできなかったが平均して高温、高湿時に行なつたものが多い。

実験結果は Table 5~Table 10 に示す。

Table 5 硝安の種類と爆速

装てん方法 硝安	T社製装てん機	M社製装てん機	手装てん
S社 プリル	2,620m/sec	3,850m/sec	2,500m/sec
M社 プリル	3,220 "	3,530 "	—

注) 鋼管 (内径35mm), 測定箇所は起爆点より40~50cm。
プースターとしてコンポジション B20g 使用。

Table 6 プースターの有無と爆速

	雷管のみ	コンポジションB20g
A	2,210m/sec	2,100m/sec
B	完爆せず	2,000
C	1,790	2,160
D	1,980	2,430
E	1,890	1,840
F	1,790	1,930
G	2,100	2,260
H	3,330	3,260*

注) A~Hについては薬径、径時変化、薬長等それぞれ異なるが同一条件について比較した、
なおA~Gは鋼管中、Hは岩層中(安山岩)の試験である。

爆速値は 1~5 回の平均値

使用硝安は S社製プリル硝安

* プースターに黒カーリット (25mm) 80g を使用

Table 7 プースターと爆速

装てん寸法 プースター	T社装てん機	M社装てん機
コンポジション B 10g	2,420m/sec	3,430m/sec
" 20g	2,620	3,850
黒カーリット 50g	2,420	3,430

注) 鋼管 (内径 35mm), 測定箇所は起爆点より 40~50cm。
使用硝安は S社プリル硝安

Table 8 薬 径 と 爆 速 (m/sec)

試 料 プースター 起爆点からの距離(mm) 薬 径 (cm)	A				B	
	雷 管 の み		コ ン ポ ジ ョ ン B		黒 カ ー リ ッ ト	
	40	80	40	80	40	80
35	—	—	2,330	—	2,400	2,370
28	1,790	1,890	1,930	1,840	1,940	1,800

注) 使用硝安: S社プリル硝安
装てん方法: 手装てん

Table 9 起爆点からの距離と爆速 (m/sec)

装てん機 プースター(g) 距離 (cm)	T 社 製 装 て ん 機			M 社 製 装 て ん 機		
	Com. B 10	Com. B 20	黒カーリット 50	Com. B 10	Com. B 20	黒カーリット 50
20~30	2,440	2,750	—	—	—	—
30~40	—	—	2,450	3,170	3,750	—
40~50	2,420	2,515	—	—	—	—
50~60	—	—	2,420	3,430	3,790	3,430
60~70	2,470	2,550	—	—	—	—
70~80	—	—	2,500	3,470	—	3,470
80~90	2,395	2,570	—	—	—	—
90~100	—	—	2,570	3,380	3,700	3,660

注) 鋼管(内径 35mm), S内径社プリル硝安を使用

Table 10 水 分 と 爆 速

硝 安 装てん方法 水分(%)	S 社 プ リ ル 硝 安			粉 状 硝 安
	T社製装てん機	M社製装てん機	手装てん	手装てん
0	2,620m/sec	3,850m/sec	2,350m/sec	3,900m/sec
3	—	—	2,150	3,850
5	2,320	3,000	2,100	3,200
7.5	—	—	1,950	不 燃

注) 粉状硝安には住友化学製白色微粉状のものを使用し, その粒度分布は次のようなものである。

~32	32~48	48~60	60~100	100~
1.3%	5.8%	12.4%	43.4%	37.1%

AN-FO 爆薬では種々の点で、粒状硝安、粉状硝安に比べてプリル硝安がよいことは衆知のことであり、そのプリル硝安も急速に進歩し、感度も良好になった。前述のように雷管のみにても完爆するので、この場合についての爆速を比較検討した。全般的に見るとやはり雷管のみに比較してブースターとしてコンポジションB20gを用いたものが高い爆速値を示めしたが、その中にはパラツキの範囲をでないものもあり、逆に平均値においても明らかに逆転した場合もあつた。次にブースターの量であるが、Table 7によるとブースターとしてコンポジションB10gと黒カーリット50gは同等の値を示めし、コンポジションB20gでは幾分高い値を示めした。これから考えて、ブースターの種類および量は重要な因子ではあるが、まづ完爆することが大切であり完爆した後の爆速値には必ずしも影響大ともいえず、水島氏等⁹⁾のいうようにブースター量はむやみと大きくする必要はなく、むしろ挿入方法に注意を払うべきであろう。

装てん方法についてはT社、M社の装てん機を用い、手装てんと比較した。前項にも述べたように装てん機によって、装てん速度と硝安粒子の粉碎度が異つてゐるが、装てん速度の高いM社のものはやはり爆速値が高くなり、T社のものは装てん速度も低く、粉碎度も手装てんに近い値を示めしたが、当然爆速値も手装てんに近い値を示した。

薬径の影響についてはすでに多くの研究報告⁽¹⁾⁻⁽⁶⁾にもあるようにわれわれの実験においても35mmが28mmに比して明確に高い爆速値が得られ、薬径効果の大なることは明らかである。

薬長すなわち起爆点からの距離については今回行なつた1mの鉄管では爆速値とくに差を認めることはできなかつた。

水分は爆速を低下させる。ただし、粉状硝安では影響も大きく7.5%では完爆しなかつたのに対し、プリル硝安では不爆を生ずることはなかつた。なおこの実験ではスプレーで定量の水を噴霧する方法で行なつたが、この場合には7%程度以上では水は下方に分離するため、これ以上の水分については検討を行なわなかつた。

今回の実験を通じて強く感ずることはやはり硝安の性質が最も大きいと思われることで、全般的にパラツキが予想外に大きく、爆速も予想外に低いものがあつた。この原因については十分な解析を行なうことができなかつたが、2,3の原因については次のように考えられる。粒度についてはたまたま多湿時に実験が多かつた関係で各試料についての分布を求めてないが、会社別、ロット別はもちろん袋別でも粒度分布にある程

度の差があり、一回に大量を混合して使用しなかつたため、これが爆速値のパラツキに影響を与えたことが考えられる。とくに粉状の部分が少ないものは明らかに爆速値は小さくなつてゐる。次にパラツキの原因として混合方法が考えられる。

染料の使用、使用前の再攪拌等の注意を払つたが、全体的に見てほぼ同様な混合状態に見えるものでも、各粒子ごとの吸油状況には相当の差があり、これが原因となつたのではないかと思う。また経時変化については、その保存方法によつて可成りの低下をおこすおそれもあるようであり、温度、湿度の影響を十分検討することはできなかつたが当然可成りの影響があつたことは認められる。したがつて一定の爆速値を得るためには貯蔵、混合等には十分注意する必要があると考えられる。

5. 導火線の耐油性

AN-FO 爆薬中の軽油による導火線の燃焼秒時の変化と燃焼中断の発生状況について被覆の異なる3種類の導火線について軽油そのものに対する耐油性と、AN-FOの状態における軽油の影響について試験を行なつた。

供試導火線は次の通りである。

種 類	外 部 被 覆	標準燃焼秒時 (sec)
A	第2種導火線 ビニール	125
B	防水白色塗料	135
C	第3種導火線 ピッチ	140

軽油中の耐油試験として、直径25cm、深さ24cmの円筒型容器中に軽油を満し、その中に長さ110cmの導火線の両端(約10cm)を外に出して浸漬し、一定時間後に取り出してその燃焼秒時を測定した。試験本数は各種、各時間につき2本づつ行なつた。結果はTable 11に示す通りである。

浸漬後の燃焼秒時測定の結果、完全燃焼する場合は標準秒時と全く変りがない。

第2種導火線(B)は軽油中浸漬後約1分程度で防水用ピッチが表面に滲出し、第3種導火線(C)は表面の防水用ピッチが軽油中に溶解する。この溶解したピッチおよび軽油が導火線の芯薬に浸潤し燃焼中断を起すものとする。

次にAN-FO爆薬中の耐油試験として、内径3.5cm、長さ50cmの塩ビ管中に一端をビニールテープでシールした長さ35cmの導火線を管の内壁にそわし真直に装入し、他端約5cmを管外に出してAN-FO

Table 11 軽油中の浸漬時間と燃焼性

導火線 種類	軽油中浸漬時間 (min)							
	1	3	10	30	60	120	240	300
A	—	—	—	—	○	○	○	○
B	○	×	×	×	×	—	—	—
C	×	×	×	×	×	—	—	—

注) ○…完全燃焼, ×…燃焼中断

Table 12 AN-FO 爆薬中の放置時間と燃焼性

導火線 種類	AN-FO 爆薬 硝安の種類	AN-FO 爆薬中の放置時間 (min)								
		10	20	30	40	60	120	150	240	300
B	ポラス状 ブリル硝安	—	—	—	—	○	○	○	○	○
C	"	—	—	—	—	○	○	○	○	○
B	粉状硝安	○	○	△	△	×	×	×	—	—

注) ○…完全燃焼, ×…燃焼中断, △…2本中1本が完全燃焼, 1本が燃焼中断

爆薬を手装填した後、一定時間放置し、その燃焼秒時を測定した。試験本数は上記実験と同様に2本づつ行なった。結果はTable 12 に示す通りである。

燃焼秒時測定の結果、完全燃焼する場合は軽油中の場合と同様に標準秒時との差は認められなかった。

Table 12 の結果からみて、AN-FOの硝安の種類によって燃焼性にいちじるしい差が認められる。これは硝安の吸油性、AN-FO 爆薬と導火線との接触面積および装てん密度の差によるものと考えられる。したがって爆薬用として最適なポラス状硝安は粉状硝安に比して吸油性が良い上に、粒状であるために導火線との接触面積および装てん密度が少ないため、燃焼中断の可能性が減少するものと考えられる。

粉状硝安の AN-FO 爆薬を用いて、その装てん密度と燃焼性について実験を行なった結果、明らかに装てん密度の低い場合には燃焼中断の可能性は減少する。

以上の実験結果から見て AN-FO 爆薬に導火線を使用する場合、多少なりとも軽油との接触はまぬがれず、硝安の種類、配合状態および現場における装てん方法等によつては燃焼中断の可能性が存在すると思わなくてはならない、したがって導火線を用いる場合にはこの点を十分注意し、さらにビニール被覆の導火線を使用することが望ましい。

6. あとがき

今回の実験では各種装てん機の性能の比較と爆速についての検討を行なったが、ブリル硝安、装てん機ともに試作改良の段階にあり、また因子も極めて多いために十分な結論を求めることはばきなかつたが、ある傾向をつかむことはできた。今後はさらに低温、乾燥時における実験をも加えて取扱上の問題点を解決するつもりである。

おわりに今回の実験について適切な指導をいただいた、当所佐々木和郎第6部長、栗原一雄第1課長、試料を提供していただいた、硝安および装てん機メーカー、実験について場所の提供ならびに協力をいただいた、日本セメント西多摩工場、奥多摩工業、甲州碎石の各社に対して厚く御礼を申し上げる。

文 献

- 1) 吉田、赤羽、田中、松本：工業火薬協会誌、25巻、76 (1964)
- 2) 田中一三：工業火薬協会誌、25巻、145 (1964)
- 3) 大久保正八郎、水島容二郎：工業火薬協会誌、25巻、85 (1964)
- 4) 日本鉱業協会、石灰石鉱業協会：AN-FO の鉱山における発破試験、昭和38年3月
- 5) 宮末弘：硝油爆薬の性能、火薬時報、No. 12 p. 10
- 6) 藤原昌史、硝油爆薬の諸性能について、火薬ジャーナル、No. 13 p. 4

Study on AN-FO Explosives (2)

Tadashi Yoshida, Shusaku Akaba,
Masao Tanaka, Sakae Matsumoto*

The authors have studied on the properties of prilled AN, loading property of the loader, and detonation velocity of prilled AN-FO explosives under the conditions of factors described as follows: (1) kinds of prilled AN, (2) loading method of prilled AN-FO explosive, (3) booster, (4) distance from the initiation point, (5) effect of moisture in AN-FO explosive.

In other side, high speed photograph of the loading process of AN in a tube or a gap between 2 plates was taken, and disturbance of oil for the combustion of safety fuse water-proofed by paint was tested, since misfire of the AN-FO blasting has been experienced.

Results obtained from the tests are summarized as follows:

- (1) At present, the physical property of prilled AN which has an effect on the detonation is not constant due to different manufacturing processes. (Fig. 1, 2)
- (2) Since most suitable loading condition of each loader has not yet been made clear, it should be decided by practical blasting test.
- (3) Detonation velocity increases as diameter of steel pipe increases.
- (4) Difference between detonation velocity initiated by Comp. B, and that by NH_4ClO_4 powder is not remarkable.
- (5) No. 6 detonator can initiate the prilled AN-FO explosive in the steel pipe.
- (6) Water content in AN-FO explosive has an effect on sensitivity and detonation velocity, especially in the fine AN-FO explosive.
- (7) To prevent the oil disturbance for combustion of safety fuse, it is better to use the vinyl covered safety fuse in AN-FO blasting.
- (8) In the observation by the high speed photographic method, the velocity of blast of loading in the gap between 2 plates was 32m/sec, but it seems that the loading current of prilled AN in the tube is more complex than that in the gap. (Fig 3, 4, 5, 6)

* Resource Research Institute.