

AN-FO 爆薬の諸試験

大久保 正八郎・水島 容二郎*

本報告は、昭和38年5月に通産省鉱山保安局、鉱山局および軽工業局よりの依頼により AN-FO (硝酸アンモニウムおよび燃料油との混合) 爆薬について、工業技術院試験特別研究促進費をもつて試験を行なった結果を、とりまとめたものである。東京工業試験所が依頼された試験は、次の項目である。

- (1) 衝撃感度試験
- (2) 起爆伝爆性試験
- (3) 摩擦感度試験
- (4) 弾動振子試験
- (5) 跡ガス、熱量、ガス量試験
- (6) 静電気 (スパークによる起爆) 試験

1. 実験試料

硝酸アンモニウムおよび燃料油ならびにその混合比 (AN:FO=94:6) は鉱山保安局、鉱山局および軽工業局の指定によつた。実験結果は下記の実験試料を使用したものである。

(1) 硝酸アンモニウム

硝安	外觀	製造工場
粉状(F)	白色微粉状	住友化学(株)新居浜
粒状(R)	白色粒状	三菱化成(株)黒崎

(2) 燃料油

日石ディーゼル2号軽油

(3) 比較用爆薬

新2号硝爆 (旭化成九検3805号, 38.5.9 製造)

イ. 成分

硝安	77.5%
D N N	7.0
澱粉	2.0
木粉	1.5
食塩	12.0
耐水剤	0.2 (外割)
水分測定	0.63

ロ. 性能 (公表)

トラウズル鉛塩基大量	290~310cc
弾動振子	68~73mm
爆速	4,500~5,500m/s
爆発温度	2,230°C
火薬の力	7,560

殉爆度	3~4倍
比重	1.0
不爆感度	40~50cm
安全度	400g
比容	820l/kg
発熱量	790kcal/kg

II. 実験結果

1. 衝撃感度試験

最初、5kg ハンマーを用いて落槌試験を行なったが、

- (イ) 粒状硝安を用いた AN-FO
- (ロ) 粉状硝安を用いた AN-FO
- (ハ) 比較用新2号硝爆

の3種とも60cmの落高で発火せずこれより高い所では不正確になるので原局の要望により10kgハンマーを急造して試験を行なった。試験条件および結果は次の如くである。

ハンマー重量	10kg
銅柱	12.7φ×12.7mm ショア65度以上
試料	スズ箔包装 ((12.7mmφ)
粉状硝油	0.11~0.14g
粒状硝油	0.16~0.19g
(硝爆)	0.06~0.08g

試験結果 (爆発率および不爆点)

落高 cm	粉状硝油	粒状硝油
45	0/10	—
50	1/30	0/10
55	2/26	0/20
60	5/34	2/20
65	3/10	2/10
不爆点	45~55cm	55~60cm

新2号硝爆不爆点 22~32cm (10kgハンマー)

2. 起爆伝爆試験

下記の如き材料を用いて起爆性、伝爆性をしらべた。

- | | | | |
|----|---|--------|------------------------|
| 外筒 | { | (イ) 鉄管 | 外径 34mm, 内径 27mm のガス管。 |
| | | (ロ) 紙筒 | ダイナマイト用パラフィン紙, 径 30mm |
| | | (ハ) 紙筒 | ハトロ紙, 径 34mm |

昭和39年5月26日受理

* 東京工業試験所第7部 神奈川県平塚市

表1 起爆伝爆試験結果

その1 鉄管によるもの

No.	新筒ダイナマイト			コンボジションB			RDX			PENT		硝安状態	管長	備考
	5g	7g	10g	3g	3g	10g	3g	10g	40g	3g	10g			
1					○							R	15cm	破片はやや大きい
2					○							R		"
3					○							R		"
4				○								F	15cm	破片は細かい
5				○								F		"
6	△											F		
7		△										F		
8	○											R	15cm	破片はやや大きい
9						○						R		"
10		○										R		"
11	○											R		破片は長くて大きい
12	▲											R	50cm	管が 38cm 残った
13			○									R		破片が長くて大きい
14				△								R		管が 14cm 残った
15					○							R		破片は大きいが残っていない
16						▲						R		管が 10cm 残った
26							○					R	15cm	破片はやや大きい
27									○			R		"
32								▲				R	50cm	管が 32cm 残った (ブースターは直挿)
33									▲			R		管が 27cm 残った (")

○:爆 △:半爆 ▲:半伝爆 R:粒状 F:粉状

表2 起爆伝爆試験結果

その2 紙筒によるもの

No.	新筒ダイナマイト			コンボジションB			RDX		PETN		硝安状態	管長	備考	
	5g	7g	10g	3g	5g	10g	3g	10g	3g	10g				
17						○						R	10cm	No. 17~23 はパラフィン紙 ヘス試験用鉛とうを用いたが外筒のないせい もあるが約1mm位しか圧されていない。
18					△							R		
19				△								R		
20			△									R		
21						○						F	10cm	新2号兩棲では 5mm ぐらい縮み、上が径にし て16mm位ひらいた。△はいずれも近くに葉が 散り紙筒底部が残っていた。
22					△							F		
23			△									F		
24						▲						R	50cm	残葉長 37cm, 紙筒 (ハترون紙) ごと残
25						▲						F	50cm	残葉長 35cm, 紙筒 (ハترون紙) ごと残
28							○					R	10cm	No. 28, No. 29 はパラフィン紙 残葉なし、ヘス鉛とうは 0.3mm 位
29									○			R	10cm	
30								▲				R	50cm	いずれもハترون紙 残葉長はいずれも 35cm
31									▲			R	50cm	

○:爆 △:半爆 ▲:半伝爆 R:粒状 F:粉状

- ブー
スター
- (a) 新桐ダイナマイト
 - (b) コンポジションB
(TNT 40% RDX 60%)
 - (c) ヘキソゲン (RDX)
 - (d) ペンスリット (PETN)

装填状況は Fig. 1, 2, 3 の如くである。雷管は 6 号電気雷管 (雷汞爆粉+テトリール) を用いた。

結果は表 1 および表 2 の通りである。

3. 摩擦感度試験

山田式試験機 (120番コランダムピース使用) を用い

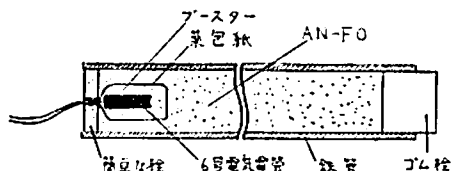


Fig. 1 実験 No. 1~16, 26, 27

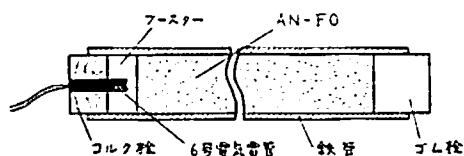


Fig. 2 実験 No. 32, 33 ブースター直填

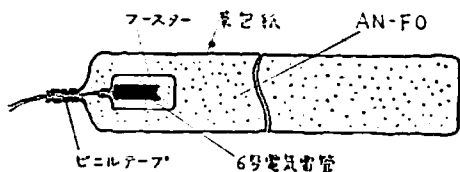


Fig. 3 実験 No. 17~25, 28~31

たが最高値 75kg/cm^2 で 3 種とも発火しなかつた。

4. 弾動振り試験

東工試第 7 部に据付けてある試験機 (振り重量 5.5 t) により測定を行なつた。本機の値を直方の標準機の値に換算するには係数 1.2 をかければよい。尚、完爆させるため、爆薬 95g を木綿製の袋に入れ、その中に RDX 5g をブースターとした 6 号電気雷管を入れ、臼砲の砲身が外筒となるように装填し目的を達した。

結果は次の如くである。

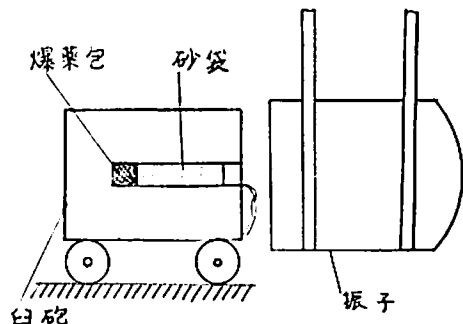


Fig. 4 弾動振り試験機

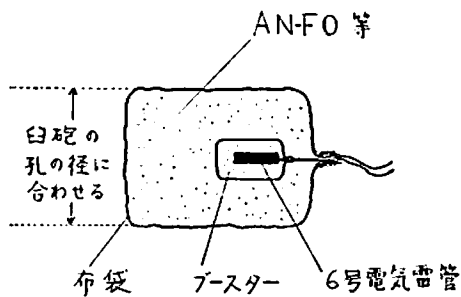


Fig. 5 爆薬包

薬種	状	態	フレの読み	$\times 1.2$	$*(\text{フレの読み}-3.1) \times 1.2$
新 2 号 硝 爆	ブースターなし	100g + 雷管	60.6	72.7	
"	ブースターあり	95g + RDX 5g + 雷管	63.7	76.4	
粒 状 AN-FO	"	"	72.8	87.4	83.6
粉 状 AN-FO	"	"	77.8	93.4	89.6

* (ブースター有)-(ブースター無)= $63.7-60.6=3.1\text{mm}$

この値を RDX 5g によるフレの読みの増加と単純に考えた。

5. 跡ガス、熱量、ガス量試験

測定方法

熱量の測定

内容積 8.4l のボンプ内に試料 5g を吊し、密閉してボンプで 5mmHg の減圧にしたのち、50l の水中に沈めてボンプ内の試料を爆発させる。その際の水温の上昇度を、熱電対で精密に測定し、その結果と、あら

かじめ一定量の安息香酸を完全燃焼させて測定した装置の水当量より爆発熱を計算した。ただし、起爆は 6 号電気雷管により、また PETN 3: 硝安 2 の混合物 5g をブースターとして用いたので、これらの熱量は、別に測定し、実験値より差引いた。すなわち

$$\text{爆発熱 (Cal/kg)} = (\text{装置の水当量} \times \text{水温上昇度} - \text{雷管及びブースターの熱量}) \times 1,000/50$$

試料は、すべて外径 40mm、内径 34mm、長さ 80 mm の銅容器に入れ、図のように雷管およびプースターをつけたら、薄い銅板で上部を押え、その上を乾いた砂で覆った。

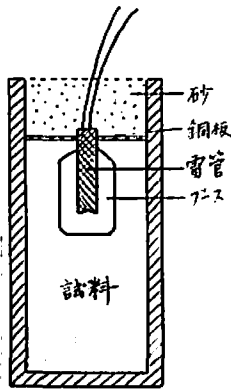


Fig. 6 試料の充填法

ガス量の測定

熱量測定後、内容 150ml のガス捕集瓶をポンプに繋いでガスを採り、この中に硫酸酸性とした過酸化水素の稀薄溶液 50ml を注入し、密栓して約 1hr 振り、窒素の酸化物をこれに吸収させる。次いで吸収液に苛性ソーダ溶液を加えて中和し、湯煎上で蒸発乾固する。残渣を蒸留水で一定量にすずめ、Grieess の試薬を加えて発色させ、一定時間後 NaNO_2 の標準液と比色して NO_2 を定量し、これからガス中の窒素酸化物

の濃度を計算する。

別に 100ml のガスビューレットにポンプ内のガスを採り、ヘンベルの装置を用い、常法により CO_2 、 O_2 、 CO 、 H_2 の分析を行なう。これらの値と、先に求めた窒素酸化物の量および、計算により求めたガス中の水蒸気量を差引いた値を N_2 の量とした。

分析用試料を採取したのち、内容積 30l のガス捕集瓶に水を満たし、ポンプに繋いで、ポンプ内のガスを水と置換しつつ瓶中に移す。ポンプおよび瓶内が大気圧と等しくなったら瓶中のガス量を読み、これにポンプの内容積 8.4l および分析用に採取したガス量を加えて、一応ガス発生量とする。この値を標準状態に換算し、前記のガスの分析値から、各ガスの発生量を求める。燃発により生成した水の量は、試料の組成より、その水素量を計算し、実際に分析により求めたガス中の水素の量を、これより差引いた残りの水素が全部水に変化したと仮定することにより計算した。

なお、こうして求めたガス量には、雷管とプースターの分も入っているわけであるから、これは熱量の場合と同様に、そのガス量とガス組成は、別に測定し、その値を補正した。

測定結果

新 2 号硝安爆薬、AN-FO(粉) および AN-FO(粒) を前記のように銅容器に入れて測定した結果は、表 3 の如くである。

表 3 PETN+硝安をプースターとした場合の熱量とガス量

爆薬名	熱量 Cal/kg	比容 l/kg	CO_2 l/kg	CO l/kg	H_2 l/kg	N_2 l/kg	H_2O l/kg	$\text{NO}+\text{NO}_2$ l/kg
AN-FO (粉)	1,080	995	88.7	10.0	19.2	267.2	603.5	5.9
AN-FO (粒)	1,010	965	83.3	6.4	23.4	252.8	599.3	7.1
新 2 号硝爆	920	810	101.5	1.7	2.9	229.4	471.9	3.0

測定は、各試料につき 3 回行ない熱量はその平均値を、またガス量およびガス組成は、3 回のうちガス量の中間の場合を採って計算した。

熱量および比容とも新 2 号硝安爆薬に比し大きな値が得られたが、 CO および窒素酸化物の発生量もかなり多い。

ところで、この実験のように、試料の 1 割にも当たる多量のプースターを使用すると、このプースターの種

類により、実験結果は、かなり異ってくる。例えば、 RDX 5g をプースターとして使用した場合の結果を表 4 に示す。

この場合もプースターの熱量およびガス量などは、別に測定して実験値から差引いて補正したが、前記の PETN+硝安プースターを使つた場合に比べて、熱量は大きく出る傾向がある。ガス組成は、 CO_2 が多くなり、 CO が少なくなる。表中 CO はいづれも (-)

表 4 RDX をプースターとした場合の熱量とガス量

爆薬名	熱量 Cal/kg	比容 l/kg	CO_2 l/kg	CO l/kg	H_2 l/kg	N_2 l/kg	H_2O l/kg	$\text{NO}+\text{NO}_2$ l/kg
AN-FO (粉)	1,170	994	106.8	-1.6	4.2	260.2	618.8	8.7
新 2 号硝爆	1,050	802	132.2	-17.1	21.8	246.5	453.1	5.4

となつているが、これは、雷管および RDX 5g から発生する CO の方が、試料 50g を爆発させた際の CO の量より多かつたため、酸素バランスの悪い、即ち CO を多量に発生するような爆薬を試料に対し、1割も用いる場合は、ブースター単独のガス量を、ただ機械的に実験値から差引くという補正のやり方は、全く意味が無いと思われる。

装置の関係で、薬量を 50g 以上にすることができなかつたが、このように、試料に対するブースターの量が多い場合は、その影響が強くなり、補正がむづかしく、実験の結果は、実情とかなり違つたものになるおそれが多分にあると考えられる。

6. 静電気（スパークによる起爆）試験

測定装置および方法

東工試式火花感度試験機を使用した。その測定回路の概略を図 7 に示す。図において G が電極間である。ここに試料を図 8 に示すように、塩化ビニール管（内径 5mm、肉厚 1.5mm）に充填し装着し、コンデンサー（C）に充電後、スイッチ（S_w）を入れて通電起爆し、同時に電極間の電流、電圧をそれぞれ分流、分圧器でオシロスコープに撮影記録する。試料が起爆する

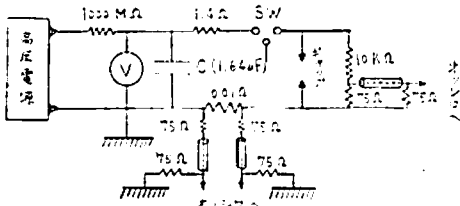


Fig. 7 東工試式火花感度試験機回路図

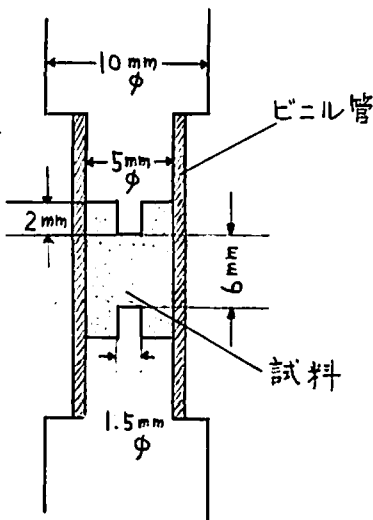


Fig. 8 ギャップ

と、電圧の波形は不爆の場合とは著しく異なつた様相を呈するので¹⁾、通電後その点までの時間の電流、電圧の時間積分値、すなわち $\int e i dt$ をその試料の起爆エネルギーとした。

なお、本測定においては、試料の吸湿に十分注意し、各試料は少なくとも 24 時間以上のデシケーター乾燥を行なつたものを用いた。

測定結果

前記の如くして、各試料の起爆のエネルギーを求めた結果は次表のようである。

薬 種	装 填 比 重	起 爆 の エネルギー (jule)
AN-FO (粒)	0.80	123
AN-FO (粉)	0.80	102
新 2 号 硝 爆	0.62	56

文 献

¹⁾ 中野、田中、日下部；工火誌，24，351（1963）。

III. 総 括

(1) 衝撃感度試験

AN-FO 爆薬は、粒状、粉状共非常に鈍感で一般爆薬に比して取扱上安全である。

(2) 起爆、伝爆性試験

(イ) AN-FO 爆薬は、鉄管等強い外筒に入れると完爆するが、紙筒等弱い外筒に入れた場合、完爆は困難である。

(ロ) ブースターとして、コンポジション B, RDX, ペンスリット等は起爆力が強いが、新桐ダイナマイトは、やや劣る。

(ハ) ブースターの薬量は、唯むやみと大きくしても、起爆効果は大きくならない。

(ニ) ブースターの入れ方は、AN-FO とブースターが一面で接触する様な方法でなく、ブースターを AN-FO で包む様に入れた方が効果がよい。

(ホ) 鉄管による実験は、内径 27mm のもののみで行なつたので、径が小さいために伝爆が中断した場合も考えられ、従つて、薬径を大きくすれば中断も減少するものと考える。

(3) 摩擦感度試験

衝撃感度試験と同様に非常に鈍感で、新 2 号硝爆に比して差がでなかつた。

(4) 弾動振子試験

AN-FO は、完爆さえすれば 84~90mm 級の威力を持つ。

(5) 跡ガス、熱量、ガス量試験

発熱量、発生ガス量は、大で、DNN 10% 入り硝安爆薬に比してややまさる。

跡ガスについては、条件により色々異なるが、本実験において、AN-FO 爆薬は一般爆薬に比して、CO, NO, NO₂ の発生量が多く、それ故 AN-FO 爆薬の跡ガスには何らかの保安措置を考慮することが望ましい。

(6) 静電気(スパークによる起爆)試験

一般爆薬に比して、高いエネルギーを与えないと起爆しない。

〔付記〕本試験のうち、衝撃感度試験については当部飯田稔技官、跡ガス、熱量、ガス量試験については惟野和夫技官、静電気(スパークによる起爆)試験については中野義信技官の協力によった。

Tests of AN-FO Explosive

by Shōhachirō Ohkubo and Yōjirō Mizushima

- (A) Impact Sensitivity Test: Much less sensitive than that of ordinary explosives.
- (B) Initiation and Propagation of detonation Tests: Confinements were very much effective on propagation. Various boosters were tested.
- (C) Friction Sensitivity Test: Much less sensitive. Difference was not found from that of Shin-nigo-Ammon explosives.
- (D) Ballistic Pendulum Tests: Strength was

- found to be 84~90mm.
- (E) Residual Gas, Heat of Explosion, Gas Volume Test: Heat and gas volume were found larger than those of Ammon explosives containing DNN 10%. Carbon monoxide, Nitrogen oxide and Nitrogen dioxide were found richer than that of ordinary explosives.
- (F) Initiation of Static-Spark: Much energy was needed to initiate.

ニュース

非電気式遅延型起爆装置

CILではAN-FO爆薬発破の時生ずる静電気等を防止する非電気式遅延型起爆装置を開発した。オンタリオ州のザドリーにあるファルコンドリッソ、ニッケル鉱山会社はこの新しい起爆装置を試用しているが、爆破費用の大幅な低減が期待できるとのことである。同装置は低強度の導火線に取付けた特殊高度の非電気式点火装置を核心とするものであり、点火装置を孔の中の任意の位置に保つためのプラスチック支持器具がついている。この装置の特長としては安全な孔底発火、圧縮空気で装填されたAN-FO爆薬の分割秒時発火電気式時限装置と同様な遅延発火のできることである。また各孔から出る遅延導火線を幹線に結合するための簡単に能率的なプラスチックジョイントも同時に作られている。

(資源新報 4/23, 木村 真)

一酸化炭素検知器の新製品

一酸化炭素を正確に探知しその含有量を測定する一酸化炭素検知器(米国バックラック社製、品名モ

ノクサー)が近く進和貿易から輸入される。

同器は小型で携帯に便利である。測定方式は従来のような吸収剤の色彩変化の対比法によるものではなく、吸収剤の変色部の長さによつて測定するので、結果は正確にできる。また可動部は電気式でなく、手動式なので可燃性ガスのある場所でも使える。煙、二酸化炭素、メタンその他各種ガスの影響を受けない。用途としては一般用、環境衛生用(公共建物、下水工事等)、産業用(化学工場、鉱業、ガス工場等)があげられる。価格は付属品を含め1台29,000円。(日刊工業 39.2.24)

日本におけるAN-FOの最初からの生産量

		(単位 箱)		
昭和38年	5月	21	昭和38年11月	580
	6月	25	12月	930
	7月	26	39年1月	1,852
	8月	140	2月	1,868
	9月	70	3月	2,851
	10月	121	4月	4,569

日本産業火薬会調(山川)