

Studies on the Granular Explosives (2nd Report)

On the AN-FO Blasting Agents (2)

by Ichirō Itō, Yoshikazu Wakazono, Chūgorō Satō,
Takehiko Yasu and Sadao Umeda

Using the AN-FO 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 AN-FO blasting agents for each bore hole.

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

AN-FO 爆薬に関する研究 (第1報)

—性能試験結果について—

吉田 正・赤羽 周作・田中 雅夫・松本 栄*

1. ま え が き

1955年に米国の Lee と Akre が硝安に少量のカーボンブラック、微粉炭等の炭素系物質を混合した爆薬の特許をとり、Akremite¹⁾と名付けた。これは現場で簡単に混合製造され、その低コストのために大口径の発破に適用されるようになり、石炭の露天掘、石灰石、頁岩の採掘等に、ポリエチレンの袋に入れて、または直接の流し込みの方法によつて次第に広く使用されるようになった。その後硝安の鋭感剤としては固体のカーボンブラック等よりは、液体の燃料油が混合の均一性、混合時間、価格、発破効果等の点ですぐれているので、これが使用されるようになった。燃料油としては種々の液体燃料が使用できるが、価格、安全度、粘度等を考慮して、現在では主としてディーゼル油、軽油が使用されている。硝安は始めは粉状、結晶状、肥料用の粒状のもの等が用いられていたが、カナダの Consolidated Mining & Smelting Co. で作られたプリルという多孔質の小球状の硝安が、吸油性も良く、貯蔵中の固化もなく、装てん機による装てんにも適しており、発破効果も良いので主に使用されてい

る。これは硝安(Ammonium Nitrate)と燃料油(Fuel Oil)の混合による爆薬であるので、AN-FO 爆薬、硝油爆薬等(法規上では硝安、油剤混合爆薬)と呼ばれている。

AN-FO 爆薬は始めは大口径、露天掘の発破にのみ使用されてきたが、硝安、界面活性剤、混合、装てん、起爆法等の技術的進歩にもなつて1958年頃よりスウェーデン、アメリカ、カナダにおいて小口径、坑内使用の試験が始められてきた²⁾。AN-FO爆薬の適用範囲は次第に増加しており、アメリカ、カナダの爆薬使用量の中でAN-FO爆薬の占める割合は近年大幅に増加している³⁾。

わが国においては、昭和37年に鉱工業技術補助金を受け、日本鉱業協会と石灰石鉱業協会とが協同してAN-FO爆薬の鉱山における発破試験を代表的な6鉱山で行ない⁴⁾、一方産業火薬会においても研究を報告し⁵⁾、昭和38年に日本産業火薬会と日本鉱業協会の協同のAN-FO爆薬調査団が欧米に派遣されて、各国の使用および法規上の取扱状況の調査を行なつた⁶⁾。

昭和38年5月に鉱山保安局、鉱山局および軽工業局より工業技術院長宛の依頼にもとづき、工業技術院よ

*資源技術試験所 東京都北区浮間町

り特別研究促進費を与えられて、東京工業試験所および当試験所において、AN-FO 爆薬について、各種性能および取扱上の安全性について試験を行なった³⁾。本報告はその中、次の項目について行なった研究結果についてまとめたものである。

- (1) 発火点試験
- (2) 雷管起爆試験
- (3) 後ガス測定試験
- (4) 耐火感度試験
- (5) 装てん時に発生する静電気試験
- (6) 装てん時の霧状飛散物の着火試験

2. 実験試料

AN-FO 爆薬は 硝安の粒度、粉砕度、燃料油の品質、およびその混合比等各種条件によつて変化するので、硝安、燃料油の種類については、鉱山保安局、鉱山局、および軽工業局の指定した下記のものを使用した。混合比は AN : FO = 94 : 6 を標準として、必要と考へた場合、他の混合比のものについても試験を行なった。なお発火点試験、後ガス測定試験については、比較試料として、硝安を主剤とした炭鉱用爆薬、新 2 号硝安爆薬を使用した。

(a) 硝 安

硝安の種類	外 観	水分 (%)	製造工場
粉 状 (SF)	白 色 微 粉 状	0.14~0.18	住友化学 新 居 浜
粒 状 (MR)	白 色 粒 状	0.18~0.21	三菱化成 黒 崎
ポーラス状 (SP)	白 色 多孔質粒状	0.12~0.17	住友化学 新 居 浜

硝安の種類	粒度分布 (タイラメッシュ) (%)					
	~8	~10	~16	~20	20~	~32
粉 状 (SF)						1.3
粒 状 (MR)		7.0	55.9	32.3	4.8	
ポーラス状 (PS)	2.4	42.6	44.9			6.9

硝安の種類	粒度分布 (タイラメッシュ) (%)				
	~48	48~	~60	~100	100~
粉 状 (SF)	5.8		12.4	43.4	37.1
粒 状 (MR)					
ポーラス状 (PS)	1.6	1.1			

(注) 装てん機による装てん後の粒度分布は異つてくるが、とくにポーラス状硝安は著しい。

(b) 燃料油: 日石ディーゼル 2 号軽油

比 重	0.834
引 火 点	73°C
粘 度	3.62 30°C cst
流 動 点	-12.5°C
セ タ ン 価	58
残 留 炭 素	0.02%
硫 黄 分	0.82%

(c) 新 2 号硝安爆薬 (旭化成製)

成分 (%)	性 能
硝 安 77.5	ト ラ ウ ツ ル } 290~310cc 鉛 塔 値 } DNN 7.0 弾 道 振 子 } 68~73mm
澱 粉 2.0	爆 発 速 度 4,500~5,500m/s
木 粉 1.5	爆 発 温 度 2,230°C
食 塩 12.0	火 薬 の 力 7,560kg/cm ²
耐水剤 (外割) 0.2	殉 爆 度 3~4
水 分 0.63	比 重 1.0
	不 燃 感 度 40~50cm
	安 全 度 400g
	比 容 820l/kg
	発 熱 量 790cal/kg

3. 装てん方法

AN-FO 爆薬は、大口徑の場合にはポリエチレン袋入りまたは直接の流し込みによつて使用されるが、小口径の場合には漏斗等による直接の流し込みや薬包の形にして使用するものは稀で、大部分は圧縮空気を用いた装てん機を使用している。装てん機には種々のメーカーによる各種の型があるが、大別すると Venturi の原理によるエゼクタ型と圧気で押出す密閉圧力型とになる。特にエゼクタ型は小型で、ポータブルな利点がある代りに、AN-FO の粒子の装てん速度が速く、静電気、粉砕性等が問題となるので、今回の試験においても静電気試験、霧状飛散物の着火試験については、エゼクタ型のカナダ製のアノローダーと 3 種の国産品を使用して試験を行なった。ただし雷管起爆試験、後ガス測定試験については、装てん機を使用しないで、手装てんによつて行なった。

4. 発火点試験

発火点の測定には、通常定速加熱法と定温加熱法の 2 種類の試験方法が用いられているが、本実験では定温加熱法 (クラブ法) により、夏期と秋期において各種 AN-FO 爆薬および新 2 号硝安爆薬の発火点の値を測定した。なお試験器は同一型式のものであるが、夏期には製造年月の古いものを用い、また秋期には新しい試験器にて行なった。これらの測定結果は Table 1 に示めすように新 2 号硝安爆薬に比して AN-FO 爆

表 1 各種 AN-FO 爆薬の発火点

爆薬種類 (AN-FO 配合)	発火点 (°C)					
	夏期 (8月)	温度 29~31°C 湿度 66~70%		秋期 (9月)	温度 23~25°C 湿度 55~63%	
		a	b		a	b
住友, 粉状硝安 92:8	430	—	380	—	—	
" 94:6	435	—	375	—	—	
" 96:4	435	—	375	—	—	
三菱, 粒状硝安 94:6	420	—	380	—	—	
新 2 号 硝 安 爆 薬	355	320	340	320	—	

薬は高い発火点を示めた。以上の試験結果から、AN-FO 爆薬の夏期と秋期における測定値に大きな温度差が見られるが、主に硝安の吸湿性に起因する外気条件（温度、湿度）の影響と考えられる。依つて外気条件と AN-FO 爆薬の発火点 a との関係について目下試験検討中である。表中の発火点は試料投入後 1~1.5 秒で発火した温度を示めし、b は試料投入後 4 秒で発火した温度を示めす。ただし AN-FO 爆薬は分解、発煙するのみで発火しない。

5. 雷管起爆試験（密閉鉄管試験）

この試験を行なうにあたり、AN-FO 配合後とくに防湿処置をほどこさない状態で起爆感度と経時変化の関係について粉状硝安 (SF) と 2 号軽油配合 (94:6) の試料を用いて予備試験を行なつた。その結果は Fig. 1 に示めす。この結果から、本試験においては AN-FO 配合後 3~4 時間経過した試料を Fig. 2 のように鋼管中に手装てん（装てん比重 0.9~1.0）し、その一端に 6 号雷管を装入して起爆に要する最少雷管本数を求めた。

なお、この試験に際し完爆、半爆、不爆の基準は鋼管の破壊状況から写真に示めすように判定したが、半爆とは雷管周辺の AN-FO 爆薬は殉爆しているが、伝爆せず管体の破壊も不完全なものをいう。この試験結果は Table 2 に示めす通りである。Table 2 の試験結果から梅雨期と酷暑期に行なつた試験の結果に大きな差が見られる。この理由は硝安の含有水分および AN-FO 爆薬の装てん比重は殆んど同じであるので、温度、湿度、薬温等の試験条件によるものと考えられるが、雷管起爆感度による硝安の種類、軽油量の比較としては、両期の結果とも同様な傾向が出ている。

AN-FO の標準配合 (94:6) について見ると、粉状硝安 (SF) の方が粒状硝安 (MR) よりも雷管起爆感度が高い。すなわち少ない雷管数で完爆している。

完爆点 (粉状 (SF) 4~6本
粒状 (MR) 7~10本

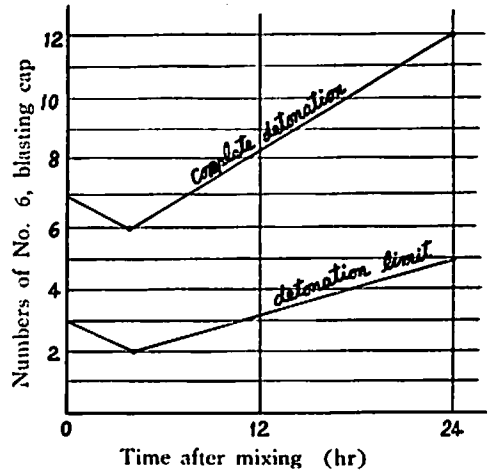


Fig. 1 Detonating Sensibility of AN-FO.

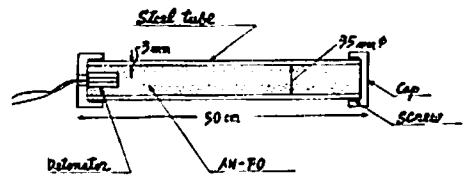


Fig. 2 Steel Tube Test for Detonating Sensibility



Photo. 1

軽油分の多い場合 (91:9) は粉状、粒状とも起爆感度が低下し、とくに粒状硝安では 19 本（鋼管に入る最大数）でも完爆しない。

Condition	Kind of AN	AN-FO mixing ratio	Numbers of detonator																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Rainy season Temperature 22-32°C Humidity 67-84%	SF	97:3																			
	MR																				
	SF	94:6																			
	MR																				
	SF	91:9																			
	MR																				
Hot Season Temperature 30-37°C Humidity 43-68%	SF	97:3																			
	MR																				
	SF	94:6																			
	MR																				
	SF	91:9																			
	MR																				

Table 2 Results of detonating sensibility test

完爆点 (粉状 (SF) 8~12本
粒状 (MR) 19本以上)

軽油分の少ない場合 (97:3) は、一例を除いて標準配合より起爆感度が高く、とくに酷暑期における試験では雷管1本で完爆した例もあった。

完爆点 (粉状 (SF) 2~8本
粒状 (MR) 3~5本)

総合的に見て、粉状硝安配合の AN-FO 爆薬は、粒状硝安配合のものより雷管起爆感度が高い。すなわち少ない雷管数で完爆する。

なお、この試験は密閉鉄管試験であるから開放状態における起爆試験結果とは異なる。

6. 後ガス測定試験

Fig 3 に示めすような日本油脂武豊工場の後ガス試験装置を使用して試験を行なった。コンクリートのブロック (Fig. 4) に AN-FO 爆薬 200g を装てんし

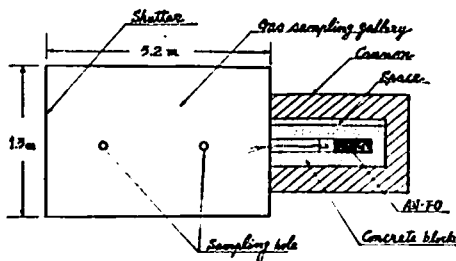


Fig. 3 Testing apparatus for toxic gas

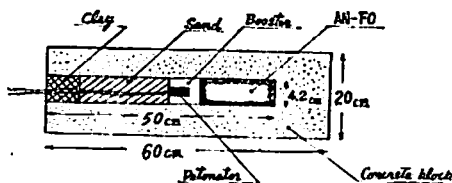


Fig. 4 Loading procedure of AN-FO in the concrete block

桐級ダイナマイト 75g をプースターとして起爆する。発破直後坑道をシャッターによつて密閉し、後ガスをガス捕集坑道に拡散させ、均一にして、ガス採取孔より CO および NO₂ 用捕集瓶に各 2 個づつ後ガスを採取し分析する。

CO の分析は I₂O₅ によつて生成する I₂ をチオ硫酸ソーダで滴定して求め、NO₂ は改良 グリースロミジン試薬による発色法で比色定量する。

また同時に北川式検知管により CO および NO₂ を測定した。試験結果を Table 3 に示めす。AN-FO 爆薬の配合比と CO₂ ガス量の関係をプロットしたのが Fig. 5 であり、同じように配合比と NO₂ ガス量の関係をプロットしたのが Fig. 6 である。比較のために 3 号桐ダイナマイトによるデータの中から最大値と最小値を点線で示めしている。

後ガス測定試験の結果を総合すると次のごとくである。

(1) 一般爆薬の酸素バランスの場合と同様に AN-FO 爆薬の軽油の量が増加すると CO ガスが增加し、NO₂ ガスは減少する。なお不完爆の場合に NO₂ ガスの量が減少しているのは、残薬が多く、爆発反応にあづかる硝安が少ないのに 1/kg で計算しているため、この値は比較にならない。またこの場合には強いアンモニア臭が出る。

(2) 新 2 号硝爆は薬包のまま普通に装填した場合と、裸薬を AN-FO 爆薬のように密装してプースターで起爆した場合を比較すると、NO₂ は後者の方が多く、これは包装紙を除いたための酸素バランスの変化によるものと考えられる。

(3) AN-FO 爆薬と新 2 号硝爆の値を比較すると、CO ガスはほぼ同程度とも見られるが、NO₂ ガスは AN-FO 爆薬の方が多量に (約 2 倍) 発生している。

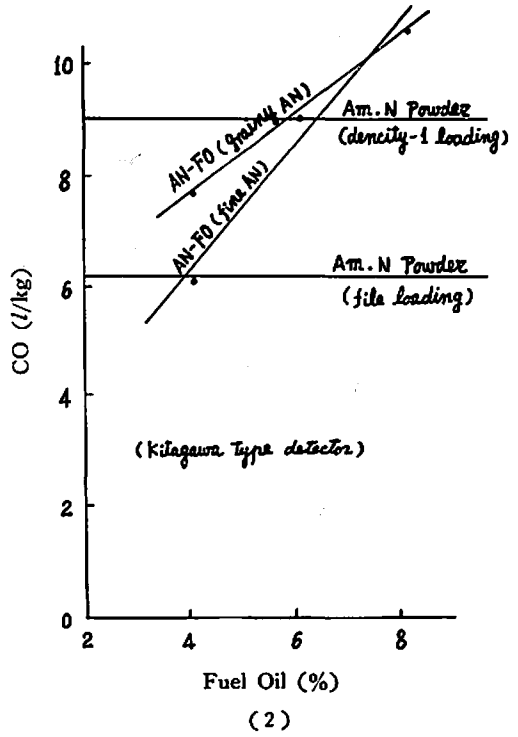
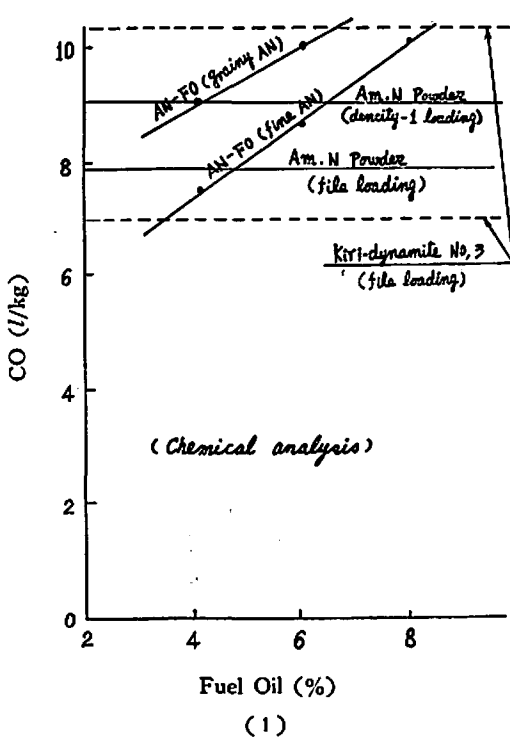


Fig. 5 CO-Volum vs Fuel Oil %

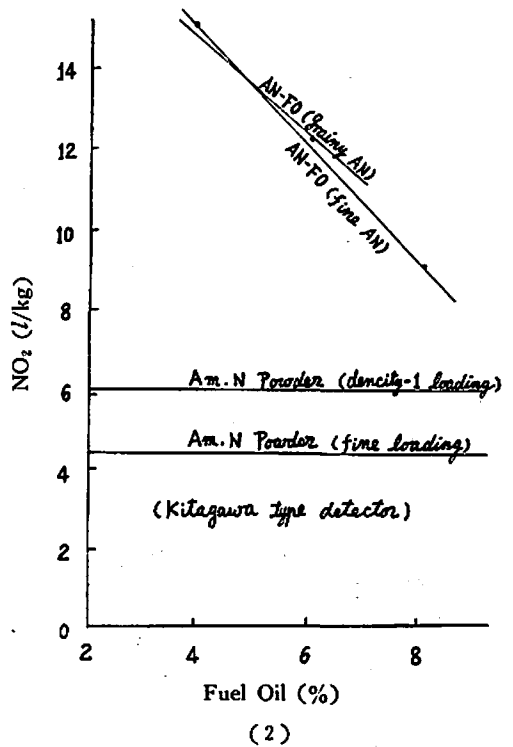
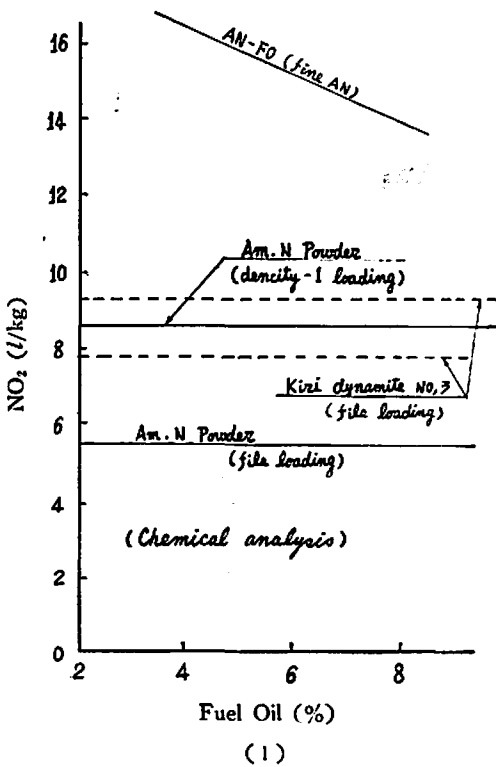


Fig. 6 NO₂ volum vs Fuel oil content of AN-FO

表3 後ガス測定結果

薬種	配合	薬量 (g)		装てん 比重	CO (l/kg)		NO ₂ (l/kg)		備考
		AN-FO	ブ ス タ ー		五 酸 化 ヨ ー ド 法	北川式 検知管	グ リ ー ス ロ ミ ジ ン 法	北川式 検知管	
粉状硝安 (SF)	96:4	200	特 制 ダ イ 75	0.90	9.01 8.15	6.06	6.85 6.57	4.55	不完燃, 残薬あり アンモニヤ臭
	"	"	"	"	6.94 6.66	4.55	16.37 16.64	13.65	完 燃
	"	"	3号桐ダイ 75	0.92	7.77 7.69	6.06	14.68 13.59	15.17	完 燃
	94:6	"	"	0.90	7.53 7.54	7.58	7.75 7.99	4.55	不完燃, 残薬飛散 アンモニヤ臭
	"	"	"	0.85	8.67 8.65	9.10	15.31 14.73	10.62	完 燃
	92:8	"	特 制 ダ イ 75	0.90	10.41 10.41	10.62	14.48 13.62	9.10	完 燃
"	"	"	3号桐ダイ 75	0.90	9.88 9.87	10.62	9.34 8.86	4.55	残薬少し アンモニヤ臭
粒状硝安 (MP)	96:4	"	"	0.77	9.03 8.97	7.58	14.55 14.32	15.17	弱いアンモニヤ臭
	94:6	"	"	0.92	9.99 -	7.58	18.15 17.88	12.14	弱いアンモニヤ臭
	92:8	"	"	0.95	9.02 9.70	10.62	7.20 6.68	4.55	不完燃, 残薬あり アンモニヤ臭
硝安爆薬	包装紙の まま普通 装てん	新2号硝燃 275		-	8.00 7.76	6.07	5.39 5.79	4.55	完 燃
	爆薬 密装てん	新2号硝燃 200	3号桐ダイ 75	0.86	9.76 8.25	9.10	9.59 7.49	6.07	完 燃
3号桐 ダイ ナ イ ト	ブ ー ス タ ー だ け の ブ ラ ン ク テ ス ト	-	75	-	7.01 7.45	11.11	7.46 6.17	5.56	完 燃
	包装紙の まま普通 装てん	200	-	-	7.00 9.55 10.42	-	7.73 9.49 8.26	-	参考データ

(4) 化学分析による測定値と北川式検知管による測定値の差異については、実験回数も少なく結論は出し難いが、将来現場的には検知管を使用して行なわねばならないと考えるので、米国における例もあり⁹⁾、この検知管に対する研究も必要である。

7. 耐火感度試験

粉状硝安および粒状硝安による AN-FO 爆薬 (配合比 94:6) 100g を床面に拡げ、これにトーチランプおよびプロパンガスバーナーの焰を吹き当てると、このような開放状況の試験では硝安は熔融、分解を起すが、燃焼せず、焰を取去ると分解を止める。実験回数も少なくこれだけで安全性は論じられないが、粉状、粒状の AN-FO について各々 5 回づつ試験を行ない、何れも同じ結果を得た。

8. 装てん時に発生する静電気試験

8.1 現場試験

秩父セメント三輪鉱山の坑内を使用して、アノローダーおよび二種類の装てんホースを使って装てん時に発生する静電々圧の測定を行なった。装てんホースはカナダ製の半導導性ポリエチレンホースおよび国産の金網入ビニールホースである。圧縮空気圧は 5.0~5.5 kg/cm² で、AN-FO 爆薬は粉状硝安と 2号軽油による配合比 94:6 のものを使用した。電圧測定器には春日電機製 KS-325 型集電式電位測定器を使用している。

- (a) AN-FO を空中に噴出させた場合
- (b) AN-FO を垂直に石灰石に吹きつけた場合
- (c) 坑道内石灰石に作った発破孔に AN-FO を装

てんした場合

(d) 石灰石ブロックの貫通孔に装てんホースを挿入して AN-FO を噴出させた場合

以上の試験を行なったが、その測定値は大きく変動し、発生した静電圧は最高 2.5 kV を示めたが、大部分は 400V 以下であつた。これは梅雨期の雨天日であり、試験条件 (AN-FO の吸湿状況、試験場所の湿度、圧縮空気の湿度、岩石の乾燥度) が静電気の発生、蓄積に大きく影響し、装てん機からの AN-FO の噴出が小塊状となり、連続的に噴出しなかつた。付着した AN-FO の吸湿性のために水溶液状となつて絶縁を悪くすること等によつて、測定値がバラツキかつ低く出たものとする。このような条件では、AN-FO 装てんに伴う静電気の一般性は論じられない。

8.2 実験室試験

現場試験の結果から試験条件を検討の上、アノローダーおよび国産の 3 種類の装てん機と各種の装てんホースを使用して実験室試験を行なった。AN-FO 爆薬には粉状硝安およびポーラス状硝安 (プリル) を使用し、配合比は 94:6 とした。電位測定器は前回のものを用い、これに自記録装置を付けて連続記録した。圧縮空気圧は 5.2~5.5 kg/cm²、湿度 44~53%、できるだけ絶縁を良くして試験を行なった。

(a) 石灰石貫通孔に装てんホースを挿入して AN-FO を噴出させた場合

Fig. 7 に示めす試験方法で石灰石貫通孔の一端か

ら噴出する AN-FO の帯電々圧を測定した。この測定結果は Table 4 に示めす通りであるが、石灰石貫通孔内の装てんホースの先端と測定銅板との距離の差による影響はほとんどないと考えられる。

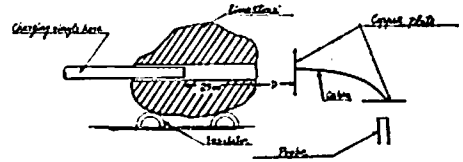


Fig. 7 Testing Procedure for St. Electricity

表 4 石灰石を通して噴出させた場合の測定結果

D	ホース先端から銅板までの距離	最大発生電圧
10 cm	35 cm	1.6 kV
20	45	2.1
30	55	1.4
40	65	1.5

(b) 石灰石発破孔中に AN-FO を装てんした場合
Fig. 7 に示めす試験方法で、石灰石発破孔中に AN-FO 爆薬を装てん機で装入する際に孔底に発生する静電々圧を測定した。この結果は Table 5 の通りである。

表 5 石灰石に装てんした場合の測定結果

NO.	装てん機の種類	装てんホースの材質	装てんホースの長さ	装てんホースの内径	硝安の種類	最大発生電圧	平均発生電圧	連続装てん時間
1	アノローダー	半導体性プラスチック	4.0m	19mm	粉状	1.0kV	0.9kV	30sec
2	"	"	"	"	"	1.1	0.5	60
3	"	"	"	"	"	1.9	1.6	40
4	国産 A	金網入り塩化ビニール	"	18	ポーラス状	1.5	1.0	20
5	"	"	"	"	"	1.2	0.9	30
6	国産 B	針金入り塩化ビニール	"	"	"	1.3	0.9	10

(c) アクリル樹脂製のパイプに AN-FO を装てんした場合

前記の実験 (b) と同じ試験方法で、石灰石の代りに、アクリル樹脂製パイプ (内径 35mm、長さ 1m) を用い完全に絶縁した状態で試験した (Fig. 8)。この測定結果は Table 6 に示めす通りである。

以上の結果から粉状硝安とポーラス状硝安との電圧測定値および装てん時間に大きな差が見られる。この理由は粉状硝安が吸湿した状態にあつたため、装てん

機からの噴出が悪く、連続的に装てんが行なわれなかつたためと考える。

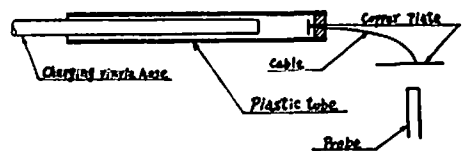


Fig. 8 Testing Procedure for St. Electricity

表 6 アクリルパイプに装着した場合の測定結果

No.	装てん機 の種 類	装てんホースの材質	装てん ホース の長さ	装てん ホース の内径	硝安の種類	最大発生 電 圧	平均発生 電 圧	連 続 装てん 時 間
1	アノローダー	半導性プラスチック	4.0m	19mm	粉 状	2.7kV	2.0kV	60sec
2	"	"	"	"	ボラス状	3.6	2.5	60
3	"	"	4.2	16	"	8.0	7.5	10
4	国産 A	金網入り塩化ビニール	4.0	18	"	8.2	4.0	30
5	"	"	"	"	"	5.5	6.5	10
6	国産 B	針金入り塩化ビニール	"	"	"	7.8	7.0	15
7	"	"	"	"	"	7.5	7.0	10
8	国産 C	帯電防止剤入り塩化ビニール	"	19	"	7.5	6.5	10
9	"	"	15.0	"	"	7.8	6.5	10
10	"	半伝導性ゴム	4.3	"	"	7.1	6.5	10
11	"	"	15.0	"	"	7.8	2.0	10

9. 装てん時の霧状飛散物の着火試験

エゼクク型装てん機によって AN-FO 爆薬の装てん中に発生する霧状飛散物は相当量に達し、とくに坑内作業においてはこの着火性が問題となるので、アノローダーを使用して粉状の AN-FO 爆薬を装てん中に発生する霧状飛散物(軽油ミスト)をビニール袋(容積約 0.3m³)に取り、自動車用点火栓のスパークによる着火試験を行なった。5 回行ない、いずれも不着火であった。この霧は軽油臭を感じるが、圧気中の湿気も霧中の水分として含まれ、着火性は減少するものと考えられる。もちろんこの結果から安全性を判定し難いが、作業時には火気を禁ずることが望ましいと考える。

10. む す び

以上の各試験を総括して次の結果を得た。

(1) 発火点試験

各種の配合の AN-FO 爆薬と硝安爆薬を比較したが、AN-FO 爆薬の発火状況、発煙状況が一般の爆薬の場合と多少異なり、また硝安の吸湿性による影響が大きいので、夏期と秋期の測定値の差が大きく、この点についてさらに試験を行なっている。

(2) 雷管起爆試験

標準配合(94:6)では、粉状硝安で4~6本、粒状硝安で7~10本で起爆する。配合比91:9のものでは、粉状硝安で8~12本、粒状硝安で19本以上で起爆し、鈍感となるが、配合比97:3のものでは、他に比して鋭感であった。実験時の温度、湿度によって起爆本数が変化した。

(3) 後ガス測定試験

一般の爆薬と同様に、AN-FO 爆薬も酸素バランスにより、CO、NO₂の量に変化する。一般爆薬に比して、AN-FO 爆薬は、CO 量はほぼ同じと云えるが、NO₂量は多い。それ故、一般爆薬の発破条件に比して多くの複雑な発破条件を伴う、AN-FO 爆薬による

発破の後ガスには、何らかの保安措置を考慮することが望ましい。

(4) 耐火感度試験

このような開放状況の試験では、トーチランプ、プロパンガスバーナーの焰による、少ない実験回数の結果では、少量の AN-FO 爆薬は、熔融、分解を起すが、燃焼しなかつた。

(5) 装てん時に発生する静電気試験

現場試験は梅雨時の実験のため、試料、実験器具、岩石試料等が湿状を呈し、あまり高電圧は出なかつた。しかし防水処置として使用するポリエチレン袋に装てんした場合の帯電 -2.5kV が最大であった。実験室で行った試験では、普通の絶縁状況においては、石灰石の場合最大 +1.9kV、アクリルパイプの場合最大 +8.2kV であった。装てん時の静電々圧はその装てん薬量と比例すると云われているが¹⁰⁾、大体この程度の静電々圧は考慮すべきであろう。一般に湿度の多い場合には、発生静電圧の降下は早い。そのため口元起爆では静電気は問題がない。これらについては更に研究したい。

(6) 装てん時の霧状飛散物の着火試験

試験回数は5回で少ないが、現場および実験室で行なつた試験では、自動車用点火栓のスパークによって霧状飛散物には着火しなかつた。

これらの試験結果は、期日も制限された中間報告であつて、幾多の問題を残しているので更に研究を継続して行くが、現在 AN-FO 爆薬による金属鉱山の坑内発破が長期の試験研究として行なわれようとしている時、われわれは AN-FO 爆薬による発破が従来の発破に比して多くの発破条件に左右されるものであり、特に日本の風土気候(多湿期、乾燥期の両者を含めて)が坑内、圧気、岩石の温度、硝安および AN-FO の取扱い、更に発破効果に大きく影響する点について、

現場技術者が充分考慮して試験されることを希望し、われわれの研究もこのような方面に重点をおいて進めて行きたい。例えば AN-FO 爆薬の吸湿度と爆速、爆反応等の点であり、冬季における装てん時の静電気発生の問題の点である。

発破保安は常時必ずしも起らないトラブルについても、よく検討して押し進めて行くべきで、簡単な試験結果のみでは判定し難い場合もある。その点では、各鉱山における発破保安の見地に立つて AN-FO 爆薬の適用性に対する長期の試験研究が行なわれてこそ、AN-FO 爆薬による発破技術の進歩があると考えられる。

上記の各試験を行なうにあたって試料を提供して戴いた日本鉱業協会および住友化学 K. K. ならびに試験設備を提供して戴いた日本油脂 K. K. に厚く御礼申し上げる。

文 献

1) Hugh B. Lee and Robert L. Akre, "Blasting

process" U. S. Patent 2,703,528 (1955)
 2) How AN-FO Blasting will Save Money in Your Underground Mine. World Mining, Vol. 15, No. 8. p. 24
 3) I. B. Mackintosh, Progress in Ammonium Nitrate Blasting Mine & Quarry Engineering, Nov. 1963, p. 485
 4) Mineral Industrial Surveys Jan. 4, 1963
 5) 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
 6) 日本産業火薬会「硝油爆薬の性能について」昭和38年5月
 7) 日本産業火薬会「AN-FO 海外調査団報告」昭和38年
 8) 工業技術院「AN-FO 爆薬に関する試験結果」昭和38年11月
 9) Edward J. Murphy, Comparison of Method for Detecting and Analyzing Fumes from Explosives. Report No. 10 International Conference of Directors of Safety in Mines Research, 1962
 10) Richard W. Prugh and Klans G. Rucker, Static-Electricity Hazard in the Pneumatic Loading of Blasting Agents.

Study on AN-FO Explosives. (1)

Tadashi Yosida, Syusaku Akaba, Masao Tanaka, and Sakae Matsumoto.*

The application of AN-FO blasting in underground operations has been hoped in Japan.

The authors have been studying on the property of AN-FO explosives, in order to make safety working standard for the underground blasting, in co-operation with the Government Chemical Industrial Research Institute, Tokyo. Results obtained from preliminary tests are summarized as follows:

(1) Detonating sensibility of AN-FO by the No. 6 detonator is dependent on the particle size (powder or grain) of AN, the loading density of AN-FO in the steel tube, mixture ratio of AN-FO, and climatic testing condition (humidity, temperature) (see Table 2)

(2) Ignition temperature of AN-FO by the Krupp apparatus is higher than of conventional explosives (Table 1)

(3) By the fume testing procedure shown in Fig. 3 and 4, the volume of CO produced from AN-FO shows almost equivalent to that of conventional explosives. but the volume of NO₂ produced from AN-FO is rather larger than that of conventional explosives. (see

Fig. 5 and 6) Therefore, some safety treatment for toxic gases in underground operations should be done.

(4) In the combustion test by the flame at the room temperature, a flat layer of AN-FO (100g) on the wooden plate can be melted or decomposed by the flame of the torch lamp or propane burner, but it does not burn or decompose when the flame is left.

(5) By the testing procedures for static electricity during pneumatic loading operations in laboratory scale, the respective maximum voltages measured within the borehole in small limestone block, or within the plastic tube by the recording apparatus are as follows:

limestone block.....1.9kV
 plastic tube.....8.2kV

This test will be continued.

(6) In the ignition test for mist during pneumatic loading of AN-FO by the plug spark, the mist does not ignite in 5 tests, but it should be prohibited to use fire during the loading.

The authors believe, it is most important to investigate the detonating phenomena of AN-FO in Japanese climatic atmosphere.

* Resource Research Institute.