

膠質ダイナマイトの爆性におよぼす低比重硝安の効果

福山 郁生・吉富 宏彦*

1. 緒 言

昭和25年頃より吾国にも低比重の粉状ダイナマイトが出現し主として採炭用として非常に好評のうちに今日に至っている。

一方膠質ダイナマイトは粉状ダイナマイトに比し製造上、使用上の利点が多い。これらの利点を生かすとともに発破工法の進展にともなう要求を満たすものとして低比重膠質ダイナマイトが出現するに至った。

旭化成ではダイナマイトの原料である硝安を自家製造しており、特に見掛比重0.4~0.5程度の低比重硝安(LD硝安)を製造しているのでこの硝安を混合して比重のみを変えた同一配合の膠質ダイナマイト5種目を試製して爆性試験を行った結果、低比重膠質ダイナマイトは種々の優れた爆性を示すことが確認された。この性質は何れも開放下に於ける完爆性が良いことに起因しており従来の膠質ダイナマイトの殻を破る興味ある性能を示す。本報告では特に薬径による爆速の変化及び感度の点につき実験した結果次の如き結論を得た。

- 1) 極めて細い薬径に至るまで爆速の低下が少ない。
- 2) 砂上殉爆感度は鋭感であるが衝激のみによる感度は鈍感である。

2. 低比重硝安について

ダイナマイトの主原料である硝安も低比重化することにより起爆性及び伝爆性が向上することはすでに福山¹⁾によつて確認されているが本実験に於いてはダイナマイトを低比重化させる手段として、同報告の硝安を使用しているので、その爆発性のデータを再掲す

る。Table 1 は内径 12.5mm, 肉厚 2mm の鋼管内で爆粉雷管により起爆させた時の結果である。

Table 1 の硝安は何れも結晶状態は同じものであり単に充填密度を変えただけで、即ち空気の包蔵量の差により爆発性が異なることを示すものである。

3. 試験爆薬の配合成分

爆薬の比重による爆性変化を試験する為粉状及び膠質、各5種類の試料を試製した。配合組成中の硝安にはLD硝安と通常の工業用硝安(並硝安)を夫々0%, 25%, 50%, 75%, 100%の割合で配合したものを作りその他の組成は全く同一とした。粉状及び膠質の試製爆薬の配合組成をTable 2及び3に示す。

4. 実 験

1) 比重と爆性

Table 2及び3に示した試製爆薬につき殉爆試験、爆速、弾動振子の値を測定した。その結果をまとめてFig.1及びFig.2に示す。

Table 2及び3より一般的傾向として次のことが言える。

- イ. 粉状、膠質ともに類似の傾向にある。
 - ロ. 密閉管内爆速は比重により大した変化は見られない。
 - ハ. 紙筒爆速では比重の小なるものの方がむしろ爆速は大である。
 - ニ. 殉爆試験に於いても比重が低い方が殉爆距離は大となる。
 - ホ. 弾動振子の値は比重が低い程小となる。
- 上記の一般的傾向の特徴と考えられる点は紙筒爆速

Table 1. Loading density of ammonium nitrate and explosibility

Weight of fluminate-chlorate Loading density g/c.c.	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.3g	I. I. I.	I. I.	N. N.			
0.4	E. E. E. E.	E. E.	I. I.			
0.5			E. E.	N. N.	N.	N. N. N.
0.75				I. I.	I.	N. N.
1.0				E. E.	E.	E. E. E.

N ; Non Explosion I ; Incomplete explosion E ; Explosion

昭和36年10月26日受理

* 旭化成火薬工場研究課 延岡市水尻町

Table 2 Composition of the powdery explosives

Constituents Type	N G	Ammonium Nitrate		Others	O. B.
		Low Density	Common		
P 1	5.0%	87.35%	0%	7.65	+3.0
P 2	〃	65.55	21.80	〃	〃
P 3	〃	43.70	43.65	〃	〃
P 4	〃	21.80	65.55	〃	〃
P 5	〃	0	87.35	〃	〃

Table 3. Composition of the gelatine dynamite

Constituents Type	N G	T N T	Ammonium nitrate		Others	O. B
			Low density	Common		
G 1	22.0	3.0	70.8	0	4.2	+3.0
G 2	〃	〃	53.1	17.7	〃	〃
G 3	〃	〃	35.4	35.4	〃	〃
G 4	〃	〃	17.7	53.1	〃	〃
G 5	〃	〃	0	70.8	〃	〃

及び殉爆の如く開放下で行はれる実験では比重が低い程良い結果を得ることである。一方弾動振子値は比重が高い方が良い結果を得ているが、これは試験試料が一定重量 (100g) である為比重の高いもの程薬包体積は小となり、従つて旧胞内に於ける試料重量に対する空隙率が小となる為爆発時の腔内圧力が比重が小なる場合に比して大なる為と思はれる。事実試料重量に対する空隙率を一定にすれば比重の如何に拘らず弾動振子値はほぼ一定の値を示す (詳細は省略する)。

5. 比重と爆性変化の実験考察

比重が低くなると起爆性が向上すると言うことは例示するまでもなく多くの爆発性物質に於いて見られることであるが²⁾一旦起爆された後の種々の爆性について特に比重と爆速の関係は理論的にも何人かの研究者により取扱はれている。しかしながら何れも一般的に言つて比重が大になるに従つて爆速が大になるとするのが通常である。事実供試爆薬が完全爆轟をしたと仮定すれば凡そ理論通りの爆速を示す様であるが、実際の諸試験や使用現場に於いてはしばしば完全爆轟し難い様な諸条件の下で使用されることが多いことに注目しなければならない。従つて理論的に高爆速であるべき爆薬が (或は好条件の下で理論値に近い高爆速を示す爆薬が) 実際の諸試験或は使用現場で必ずしも好結果を得られないことが屢々起る。前述の結果に於いても6号雷管を起爆に使用しかつ開放下に於いては比重が低い方が高い爆速を示していることは低比重のもの

の方が密閉強度が爆速に与える影響が少ないことを示している。これは低比重爆薬の著しい特徴でありこの現象の起る原因は多分爆薬内部に包含されている気泡による影響と推察される。

6. 低比重爆薬に於ける薬径と爆速

低比重と爆薬は開放下に於ける完爆性が優れていることが明瞭になつたので次に薬径の影響につき実験を行つた。試料としては膠質ダイナマイトの G₁ と G₅ を使用し開放下に於ける爆速を試験する為紙筒爆速を電子管式カウンターで測定した結果をFig.3に示す。

Fig.3 よりわかる通り G₁ と G₅ は全く性質の異

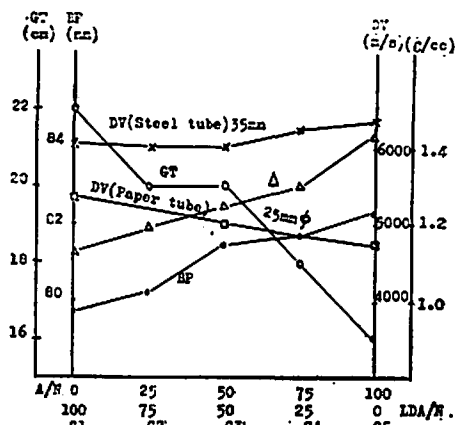


Fig.1 Effects of LDA/N on the properties of gelatine dynamite.

GT ; Distance of gap test.
BP ; Data of ballistic pendulum test.
DV ; Detonation velocity.
Δ ; Density
LDA/N ; Low density ammonium nitrate.

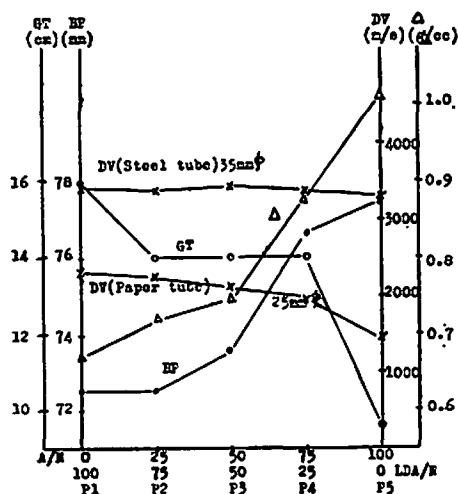


Fig.2 Effects of LDA/N on the properties of powdery dynamite.

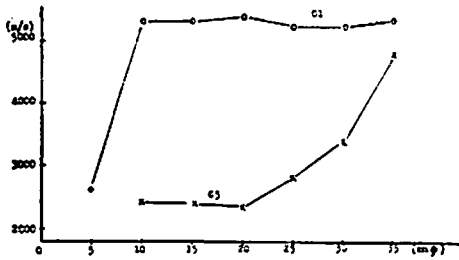


Fig. 3 Detonation velocity (paper envelope) and cartridge diameter of gelatine dynamite.

つた結果が得られる。従来から使用されている代表的なダイナマイトである新桐等は G_5 と類似の配合組成及び比重を有しておりかつ薬径と爆速の関係も G_5 と同様な傾向を示すことは良く知られた所であるが低比重の爆薬（この場合特に低比重膠質ダイナマイト）の Fig. 3 の如き性質は従来あまり知られなかつたものであり異状な爆轟形態を有しているものと思はれる。

7. 低比重爆薬の殉爆特性

砂上殉爆試験も開放下に於ける爆性試験である。低比重膠質ダイナマイトがよい殉爆性を有するのは開放下に於いて完爆する故に励爆能が大であるのか、或は Bowden 等の著書の中にある様に爆薬中に気泡を有しているが故に感度が高いのか（感爆能が大であるのか）或はその相互作用であるかにつき試験した。試験試料としては低比重膠質 G_1 、新桐に近い G_5 、従来から励爆能大で感爆能が小と言はれている新 2 号硝爆 (N/G を含有しないエッチランナー混合により製造する硝爆) 及び感爆能が大であると言はれている桜ダイナマイトを使用した。

Table 4.

Results of the gap test on sand (A)

Primer cartridge	Secondary cartridge	3/3 explosion (cm)	Order
Sakura Dy.	G 1	22	2
G 5	"	18	3
Ammo. explosive	"	28	1
G 1	"	22	2

Table 5.

Results of the gap test on sand (B)

Primer cartridge	Secondary cartridge	3/3 explosion (cm)	Order
G 1	G 1	22	1
"	G 5	16	2
G 5	G 1	18	1
"	G 5	14	2

1) 砂上殉爆試験に於ける励爆能及び感爆能

JIS 通りの試験法で $3/3$ 完爆する距離を以て励爆能及び感爆能を比較した結果を Table 4 及 5 に示す。

Table 4 及び Table 5 より分る通り砂上殉爆に於いては新 2 爆が最も大なる励爆能を示した。低比重 G_1 の方が比高重 G_5 より大なる励爆能を示した。また感爆能に於いても比重の低い方が大であることがわかる。

2) メタルギャップテスト

砂上殉爆試験に於いて励爆能感爆能を支配している因子は大ざっぱに言つて第一薬包の完爆性及第二薬包の感度のみならず衝撃波や飛散粒子や熱放射の影響が考えられる。これら衝撃波以外のもの影響を取除く為の如きメタルギャップテストを行った。

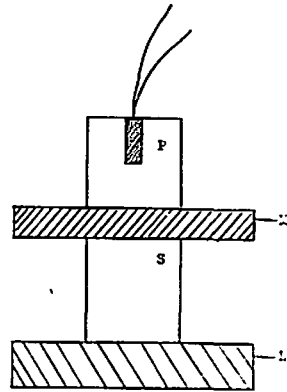


Fig. 4 Testing method of metal gap test.⁹⁾

P; Primer explosive

S; Secondary explosive

M; Metal plate (steel, thickness 9mm)

L; Lead plate (thickness 15mm)

Table 6. Results of the metal gap test

Primer cartridge	Weight of Primer cartridge	Secondary cartridge
G 5	20g	G 5
"	10	Sakura Dy.
"	40	G 1
Ammo. explosive	20	G 5
"	10	Sakura Dy.
"	40	G 1
G 1	10	G 5
"	5	Sakura Dy.
"	20	G 1

Fig. 4 に示すごとく第一薬包と第二薬包の間に厚さ 9mm、70mm 平方の鉄板を置き第二薬包の底には爆発成否判定用の鉛板を置いた。第二薬包の薬量は 30g 一定とし第一薬包の薬量を変化させて第二薬包を殉

爆させ得る限界量を以つて表はした。試料は第一葉包 G_1 , G_5 , 新2爆, 第二葉包には G_1 , G_5 及び桜ダイナマイトを使用した。実験の結果を Table 6 に示した。

Table 6 より 励爆能について見れば G_5 が最大であり G_1 と新2爆は同様である。また感爆能について見れば桜ダイナマイトが最も感度が高く低比重の G_5 が最も鈍感であることがわかる。

3) 落錘感度試験

殉爆試験に於ける感爆能と落錘感度の結果を比較対称する為試料は JIS 法に従い実験は昇降試験法⁶⁾で臨界爆点を求めた。

$n=50$

桜ダイナマイト24.5cm
G_1 (低比重)36.0cm
G_5 (新桐相当品)27.2cm

8. 殉爆についての考察

低比重膠質ダイナマイトが開放下に於いて良い完爆性を有すること、及び微細な気泡を包含していることより考えて励爆能及び感度とも高比重のものに比して高いと考えられた。しかし実験の結果は励爆能は大であるが感爆能は予想とは逆の結果を得た。感度が鈍感であるという点については殉爆及び落錘試験の結果からも言えることで Bowden 等がとなえている如き断熱圧縮による温度上昇よりも衝撃を緩和する様に働らくマイナスの因子の方が大なるものがあると考えられる。また砂上殉爆試験に於いて産業用爆薬の中では新2爆が最も大きい励爆能を有すると言はれていたが、これはあながち開放下に於ける完爆性が良いことによ

るのではなく飛散粒子の影響が大きいものと思はれる。ショックによる殉爆試験の励爆能では低比重膠質は極めて大きく予想通りであつた。

9. 結論

低比重膠質ダイナマイトは密閉度により爆発反応に影響される度合が小である。従つて開放下に於いては比重と爆速の関係は通常言はれている事とは全く逆になり吾々が実験した範囲内の比重では低比重のもの程高爆速を示す。また砂上殉爆試験に於いて大きい殉爆距離を得るのは励爆能が大なる為であり気泡を包含することにより感度も上昇するものと考えられたが実際にはむしろ鈍感になることがわかつた。以上要するに低比重膠質ダイナマイトの特徴とする処は開放下に於ける完爆性が良好なることであり従つて性能試験に於いては殉爆試験、裸爆速、ヘス試験等には予想以上に良い結果を収め、また実用面に於いても発破後ガスが良好である、小割用ハリスケ発破に適している等の特徴がある。

文 献

- 1) 福山：工火，20，119 (1959)。
- 2) 例えば J. Taylor；Detonation in Condensed Explosives. p.94, Table 23.
- 3) F.P. Bowden, A.D. Yoffe；Initiation and Growth of Explosion in Liquids and Solids.
- 4) 佐藤；工火，9，77 (1948)。
- 5) W.R. Marlow, I.C. Skidmore；Proc. Roy. Soc., July 284 (1958)。
- 6) W.J. Dixon, F. J. Massey；Introduction to Statistical Analysis. McGraw-Hill 278 (1951)

Effects of Sensitive Ammonium Nitrate on Explosibility of Gelatine Dynamite

I. Fukuyama; H. Yoshitome

In the previous papers¹⁾ the authors reported the results of studies on the sensitiveness and explosibility of low-density sensitive ammonium nitrate. Table 1 shows the loading density and explosibility of this ammonium nitrate.

We apply these properties of sensitive ammonium nitrate to dynamites. The cartridge density of gelatine dynamite, wherein only common ammonium nitra-

te is used, is usually 1.5g/cc. We actually produce dynamites by using low-density sensitive ammonium nitrate alone or its mixture with common ammonium nitrate with the density ranging from 1.1g/cc to 1.4g/cc. The composition of these gelatine dynamites is shown in Table 3.

The density is 1.1g/cc for G_1 in which all ammonium nitrate is of low-density type and 1.5g/cc for G_5 , in which all ammo-

nium nitrate is of common type. The G_2 , G_3 and G_4 contain different amounts of mixed ammonium nitrate.

The followings are the outlined results of our current research.

1. Because of the effects of sensitive ammonium nitrate, gelatine dynamite detonates easily. The data on gap test on sand, metal gap test are shown in Table 4, 5, and 6, as well as in Fig. 3.

2. Owing to the effects of low-density ammonium nitrate, G_1 dynamite is relatively insensitive unless it is initiated by detonator. In the drop hammer test G_1 registers 36cm and G_5 27cm and in point of the explosibility of the second cartridge as observed in the metal gap test G_1

is less sensitive than G_5 .

3. The ballistic pendulum value is smaller for G_1 than for G_5 . We analyze the cause of this phenomenon. As to the bore hole of ballistic mortar the volume of G_1 is larger than that of G_5 , but G_1 and G_5 are the same in diameter. Therefore G_1 has longer cartridge than G_5 . The vacant space of G_1 is smaller than that of G_5 , and as a result the pressure of G_1 is smaller.

4. We also investigated the explosibilities of powdery dynamites and the same tendency was observed.

Table 2 and Fig. 2 show these results.

1) J. of Ind. Explosives Soc. Japan. Vol. 18, No. 1 (1957), Vol. 20, No. 2 (1959).

ニュース

Straight-Jacketed Molecules

ある科学者は激しく反応する分子に対して確実な被覆 (straight jacket) をすることにより、これをロケット燃料の研究に使えることができるようにした。即ちフィラデルフィアの Frankford Arsenal の Dr. Jack Radell は爆発性の強い "alkyl perchlorate" 分子を尿素の結晶の中の空隙に閉じこめることに成功したのである。

ロケット燃料の酸化剤として、それは効果的であるにも拘らず、その安全性が極めて悪いために、殆んどこれについては研究されていない。危険性というのはこの分子の頭にあたる perchlorate が近くの尾部の alkyl を激しく分解させるし、又この分子は水と爆発的に反応するという性質もあるということである。

尿素で処理したものは水からこれを隔離するし、また近くの分子を攻撃するというような危険性をも除去する。これによつてこの alkyl perchlorate を安全に取扱えるし又火薬やジェット燃料に使うこともできるということである。

alkyl perchlorate を最初につくつたのは Dr. Radell 等であつた。これは爆発性の液体であつた。

しつぽの部の alkyl が最も短いものがショックに最も鋭敏であつた。

この perchlorate をアルコール溶液中で尿素で処理すると urea straight jacket 或いは inclusion compound になる。そしてこうなると液状のものが特徴のある白い針状の塊状物になる。こうなれば少量ではショックに対してそう鋭敏ではなくなる。

5~8 個の炭素の alkyl のついたものが研究された。urea inclusion compound としてはしつぽの長いもの程つくり易い。

alkyl perchlorate をもつ尿素化合物については、X線、赤外線スペクトル等によつて、その化学構造が確認されている。(Chemistry Oct. 1961 P. 3)

(木村清茂)

噴霧式ロケット用絶縁体

Insulation Technology, Inc., Carmichael, Calif, 製。NRL 1126 という商品名で、1時間 40 ポンド噴霧できる。溶剤は使わない。比重 1.9。可撓性で伸び率 25%、熱膠化性。

(Chem & Eng. News Jan. 22, 1962 P. 59)

(木村清茂)