

クラフト紙筒懸吊試験法による高安全度 爆薬の安全度試験

(昭和34年5月22日 受理)

吉田正・赤羽周作・田中雅夫・松本栄・戸辺雅行

資源技術試験所

I 緒 言

さきに本誌において「クラフト紙筒による懸吊試験法」について述べ、炭酸爆薬に対する安全度試験の成績を報告したが、その後、数種の高安全度爆薬について試験を行ったので、これについて報告する。

ここで云う高安全度爆薬とは、検定試験のガスおよび炭じんに対する白砲試験で、900g不引火、または同等以上の安全度を有すると考えられる爆薬を意味するものであるが、900gといった多量の爆薬を用いて行うことは、白砲の損傷が大であり、又口元からの空間が著しく短くなり、これの引火に対する影響等も考えられる。それらの点から好ましくないと考え、現在では600g以下で検定を行っているため、以前に900g合格としたものと同等の安全度を有する爆薬もすべて600g合格としている。一方、近來炭酸の深部開発が進むにつれて、安全発破の見地から、高安全度爆薬の需要も高まっており、高安全度であることを示す尺度としての試験法制定の必要性が痛感されている。

高安全度の試験法には上述の理由から考えても、現在の正起爆による白砲試験よりも少量で行い得る、より厳格な試験法を定めるべき必要がある。現在までのこの種の試験方法としては、溝切白砲によるもの、白砲逆起爆によるもの等があり、溝切白砲を用いる場合も、小型坑道によるもの、大型坑道によるもの、angle mortar shot法等種々の方法が外国で行われ、我が国でもさかんに研究されている。これらの研究は夫々の特色を有しているが、何れが最も優秀であるとの結論はまだなく、我が国の高安全度爆薬に対してのまとまった比較資料がない。

我々は、どの試験法を検定試験法又は補助試験法とすべきかを決定するには、その前にまず、各種試験方法による数多くの試験を行い、比較検討して見ること

が望ましいと考えている。そこで我々はクラフト紙筒を用いた方法で参考資料を提供したいと考えて実験を行った。

クラフト紙筒による懸吊試験方法については、前報において、試験要領、クラフト紙筒使用の理由、および実験例から、(1) 反対起爆型、中間起爆型による起爆方法では、正起爆型より引火率は高い。(2) 紙筒の厚さは、2, 4, 6, 8mmと変化させた範囲では厚さの増加につれて引火率は下る。(3) 薬端から紙筒の口までの空間距離の影響については、正起爆型では明らかではないが、反対起爆型では距離の増加につれて引火率は上昇する。(ただし従来使用してきた紙筒は長さ65cmであるため、口元の距りを50cm以上といった距離をとることが出来なかつたので、これは一応その範囲内での結果である)、(4) 薬径の小なるものは引火率が低い、こと等を述べ結論として、予備的な試験の結果はクラフト紙筒の使用目的は達せられ、懸吊試験法の一改良型と考え得ること、正起爆型、反対起爆型のいずれの方法によるとしても、200g前後の薬量で行うことを目標にして行きたいこと等をのべた。今回の試験においてもこのような考え方を基本として行った。

II 試験要領

今回の試験においては、クラフト紙筒による坑道内懸吊を主体として、白砲試験、坑道外懸吊(クラフト紙筒に装薬し、白砲と同じ位置から爆発室中のガスに射ち込む方法)、半円クラフト紙筒による懸吊試験、掘置試験等を比較検討する為に行つて見たが、坑道外懸吊以下の試験については、試験方法検討の目的に対して未だ満足すべき成績を得るに至らず、実験回数も僅かで、報告の域に達していない。これらについての問題説明は今後の研究課題として考えている。従つて本報ではクラフト紙筒による坑道内懸吊試験と比較の為に行つた白砲試験についてのみ報告する。

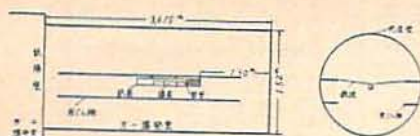


図 1

正常起爆



反対起爆



図 2

試験方法の概要は、前報と同様で、当試験所の保土ヶ谷実験所の爆発試験坑道を用い、図1に示すごとく中心に坑道に平行に懸吊した。第一爆発室には $9 \pm 0.3\%$ のメタン空気混合物を入れその中で起爆した。使用したメタンガスは大多喜の天然ガスである。2図はクラフト紙筒への装薬形式である。

白砲試験は砲腔の長さ60cm、直径55mmの短い白砲を使用し、他の条件は同じであるが、クラフト紙筒は坑道内で坑道に平行に懸吊したのに対し、白砲の場合は坑道外にて坑道軸に 3° の角度をもっている点に僅かではあるが差がある。

爆薬試料は各メーカーより提供願った。高安全度といわれるものA~Iの各種で、このうちA~FはEq.Sタイプの爆薬、G.H.I.は安全被筒付爆薬である。この芯薬は検定600g合格の爆薬である。他に比較のため使用したカーリットおよび硝薬はいずれも600g合格の品である。

白砲試験は古くから各国で検定試験法として採用されてきているが、それにもかかわらず、この種の安全度試験には今尚多くの問題が残されている。温度、湿度、爆薬の経時変化、その他種々の因子が相互に作用

しており、温度変化の影響は案外少く、湿度は影響が可成り大きいといった程度のことは経験的にもわかっているが、数値的に補正する程のデータは有しておらず、又条件を一定にする方法もとり得ないため、成績に常にある程度バラツキは不可抗力である。今回の実験についても数カ月の期間に渡って行つたため、温度、湿度も大幅にバラツキを示しており、実験結果も後述のE.E'は同じ爆薬にもかかわらず50gほどの差があるようにバラツキを示している。坑道壁には食塩等の粒子が附着しており、雨降りの後等には水滴が一ぱいについているような状態になるが、これは衝撃波の反射、干渉による坑道壁での引火を阻害するものと思われ、湿度計等のような数値には表はれないが影響は極めて大きい。この様なことを出来る限り除くために、実験開始の前に別に裸薬包の懸吊によつて引火をさせるといった方法などを用いているが、それでも幾分影響は残っている。

実験手段の一つの方法として英国の文献⁷⁾を参考としたUp and down methodを採用した。この実験例は第1表のとおりである。我々の経験によると、例えば同一薬量の試験においても、最初の日には殆んど引火しないのに、別の日に一回引火がおこると次々と引火を続けるといったことは稀ではなく、データの信頼性に疑問を持たざる可い場合があり、なやまされるが多かつた。実験例は特に明らかに傾向を示しており、150gの3回の不引火はすべて100gの不引火後のUpの場合におこり、100gの2回の引火は逆にdownの場合におこっている。他の例もこれ程極端でないとしてもやはりこの様な傾向は十分認められる。この方法を採用することにより、不引点は必ず引火後に行つた結果の点でこれを単にこのg数だけで数回又は10回試験して不引火点とする場合よりも厳格な試験結果であると思う。このUp and down methodについては更に研究すべき点があるとしても、ただ手

第 1 表

薬量 (g)	第 1 日	第 2 日	引火率
200	E	E	3/3
150	n	E	6/9
100	E	n	2/9
75	n	n	0/2

2) Safety in mines Research Establishment Research Report No. 47

第2表 実験結果

抗道内懸吊, 正起爆

薬種	紙筒の厚さ (mm)	薬量 (g)	225		337.5		450		備考
			10	30	10	30	10		
硝安爆薬	6	6	0/2	0/1	2/2	2/2	1/1		爆速: 4,000~4,500m/sec 弾道振子のフレ
A硝ダイ	4	4						0/3	爆速: 3,000~3,600m/sec 弾道振子のフレ
	6	6			0/2		1/4	0/4	
B硝ダイ	4	4						0/3	弾道振子のフレ
	6	6			0/2		0/4	0/4	

順として採用して見たが、この方がデータの信頼性が
大である 信ずる。したがって我々はなるべくこの方
法を用い実験するようにした。

III 実験結果

3-1 クラフト紙筒懸吊の正起爆型による実験結果

正起爆型の実験結果は第2表に示す。口元の空間距
離の影響は正起爆型においては未だ明確ではないが、
従来使用してきた紙筒が長さ 85cm で込物が 20cm 程
必要であるために、この場合のように装填薬量が多く
450g も装填することになると 10cm しかとることが
出来ない。従つて同一条件にするために、100g 又は
112.5g 薬包の 2本, 又は 3本についても 10cm にした
実験を行った。この表から見ると、硝安爆薬の場合に
は 225g 前後に不引火量があり、高安全度爆薬の A硝
ダイ, B硝ダイでは、A硝ダイが 6mm パイプで 1回
の引火が見られたが、逆にうすい 4mm パイプで 5回
不引火であったことから、このデータの信頼性は少く
A, B の間に差があるとは認められないと思う。これ
以上の薬量での実験はパイプの長いものを用いない以
上不可能であり、また先に述べたような我々の考えか
らこれ以上薬量を増加させることはあまり好ましくな
いことから、高安全度爆薬に関する限り、正起爆型に
よる実験は不適當であるとの結論に達した。尚長いパ
イプを用いて口元空間をより以上増加させた場合につ
いては別に機会を求めて実験をする予定である。

3-2 クラフト紙筒懸吊の反対起爆型による実験結果

反対起爆型では 200g 前後でとの希望に大体合致し
た成績が得られた。条件は全て同一で、薬端から紙筒
孔までの空間距離は 30cm とした。試料爆薬は Eq. S

タイプと安全被筒は爆薬である。

第3表 実験結果

抗道内懸吊, 反対起爆, 紙筒の厚さ: 6mm 薬端から
口元までの距離: 30cm

薬種	薬量 (g)						
	100	150	170	200	225	250	300
A		0/1	1/4	3/5	3/4		
B		0/1	1/3		1/1		
C	0/0	1/6		4/9		3/6	2/2
E	0/2	2/8		5/7		2/2	
E'		0/2		1/7		5/10	3/3
F	0/1	0/6		6/9		3/3	

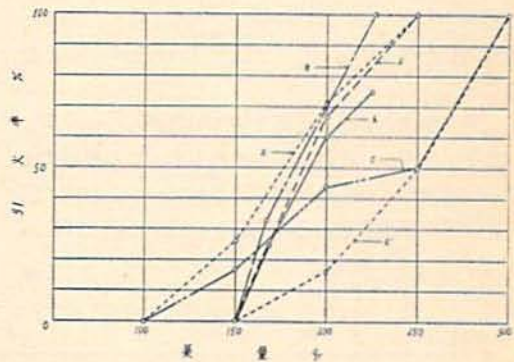


図 3

Eq. S タイプの爆薬 5種類 A, B, C, E, F および E'
による結果は第3表および図3に示す。ここで E' は
Eと同じ爆薬であつて、入荷および試験期間の異つた
ものである。Cは直径が小さく 30mmで、他はすべて
32mmである。

第4表 実験結果

坑道内懸吊, 反対起爆, 紙筒の厚さ: 6mm, 薬端から口元までの距離: 30cm

種 薬	薬量 (g)				
	75	100	150	200	250
G	0/1 (100)	1/7 (133)	6/7 (190)	2/2 (265)	
H		0/2 (133)	3/8 (190)	6/7 (265)	1/1 (330)
I		0/2 (145)	3/8 (217)	6/7 (290)	1/1 (360)

註 薬量は芯薬の薬量を示し, ()内は安被を含めた薬量を示す。

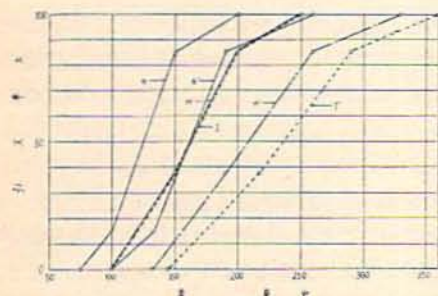


図 4

G, H, I の 3 種は安被付爆薬で, この実験結果は第 4 表および図 4 に示す。これらの芯薬は 600g 検定合格の爆薬で, 薬包 1 本当りの薬量は 100g, 薬径は 29mm である。安被は爆薬としての外径は 32mm, 安被の重量は 1 本当り, G, H が 33g, I が 45g で, G は側面のみが安被剤におおわれているが, H, I は底部も完全に被はれている。

第5表 実験結果

坑道内懸吊, 反対起爆, 紙筒の厚さ: 6mm, 薬端から口元までの距離: 30cm

薬種	薬量 (g)					
	75	80	100	112.5	150	170
硝安爆薬		1/2		2/5	3/3	3/3
カーリット	0/3		3/10		6/6	

第 5 表および図 5 は参考のため, 手もとにあつた硝安爆薬, カーリットについて行つた実験の結果である。又安全伝爆薬による結果は 500g で 5 回, 600g で

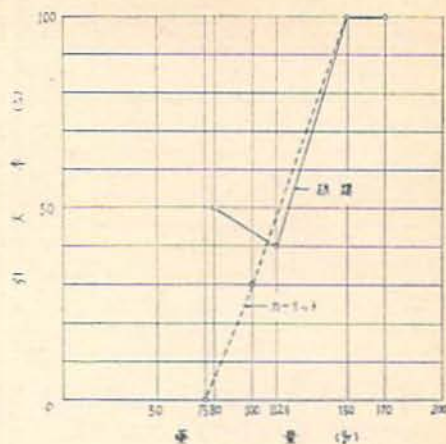


図 5

1 回いづれも不引火であつた。

以上の 3 つの表からは直ちに限界を求めることは勿論出来ないが, 一応の傾向を認めることは出来る。

Eq. S タイプの爆薬は 100~150g に不引火点, 250~300g に完爆点を有する一定の範囲内に含まれており, 同等の安全度を有していると考えられる。E, E' は同じ爆薬であるが不引火点も完爆点も 50g の差がある。これは上述のとおり多くの因子によることが考えられ, この程度のバラツキは珍らしいことではない。この例の示すことから, 本試験の 5 種類の爆薬の比較を云々することは不可能である。カーブの傾斜は大體同じであるが, C はやや傾斜している。C は僅かではある薬径が細いので, これが原因したものか, あるいは偶然の結果であるかは不明である。薬径の影響は存在しており, 細いほど引火しにくいことは以前の研究から考えられるが, 一方これに反比例して薬長が長くなるための影響も考えられ, 詳細な検討をする必要もあり, 今後続けて行きたいと考えている。

安被付爆薬 3 種のうちでは G が高い引火率を示しているが, 芯薬の威力も一番強く, 又安被剤が側面のみで底部にないことがこのような反対起爆型の実験においては影響していると考えられる結果である。

Eq. S 爆薬と安被付爆薬を一応比較するためのグラフを図 6 に示す。この場合安被付爆薬については, 芯薬のみを爆薬と考えるか, 安被をも含めたものを爆薬と考えるべきかに問題が残っているが, 一応芯薬の薬量のみの場合を G, 安被を含めた全薬量をとつた場合を G' とした二通りのグラフを表はした。この両者はいづれも外径は 32mm であるとしても, 安被付爆薬は芯薬のみ考えれば薬径は 29mm で, 逆に薬長が長くな

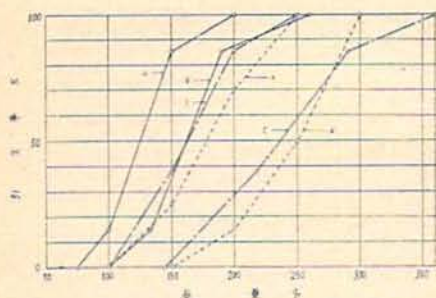


図 6

つて、側面に抵抗のある状態にあり、使用目的、使用方法にもおのづから差があるべきもので、それらを併せた上で検討すべきもので、このような種類の実験結果から両者の優劣を論ずることは勿論不可能であるが本実験の成績のみについて見ても、両者の差は実験誤差の程度で差があると認めることは出来ない。しかし、いづれも 600g 合格の硝安爆薬、カーリット等のグループと比較すれば明らかに高い不引火量を示しており高安全度爆薬としてある範囲内の安全度のグループに含まれ得るといえる。

3.3 白砲試験による実験結果

参考のために D 爆薬について白砲試験を行ったが、この結果は第 6 表に示す。試料の関係で他の爆薬については行っていないが D 爆薬も、A、B 等と同様の安全度を有するものである。

第 6 表 実験結果

白砲、孔長：60cm、反対起爆

薬種	薬量(g)			
	75	100	150	200
薬端から口元までの距離	51	47	39	31
D	0/2	2/9	6/9	3/3

第 7 表 実験結果

坑道内懸吊、反対起爆、紙筒の厚さ：6mm、薬端から口元までの距離：30cm

薬種	薬径(mm)	薬長(cm)	薬量(g)	引火率	備考	一般懸吊* 不引火量(g)
安全伝爆薬	32	11.1	300	0/2		-
500号硝ダイ(安被なし)	32	13.0	200	3/5		200
500号硝ダイ(安被付)	32 (29)	16.0	200	1/5	弱い着火	400
安被付新特硝ダイ	32 (29)	17.0	200	4/5		130~150

日本油脂 K.K. の実験資料

白砲試験と坑道内懸吊試験との間には明らかに差があるが、白砲による引火は殆んど縦方向の因子によるのに対して、坑道内懸吊の場合には横方向の因子が大きく作用している点に著しい特長を有している。この両者との関連を求めるために、クラフト紙筒に装薬して白砲の砲腔と同じ位置に懸吊して発射する坑道外懸吊と称する方法についても実験を始めたが、検討の余地が可成りあるため、今後の研究にゆづつた。

3.4 日本油脂 K.K. 武豊工場における実験結果

上記の実験に先だつて、一昨春秋、日本油脂武豊工場、同社の爆発試験坑道を使用して実験を行ったので、その成績を参考のために掲げる。実験に使用した試験坑道は当試験所の坑道より幾分小型で、爆発室の径 1.20m、長さ 2.70m である。その実験結果は第 7 表に示す。表のうち一般懸吊不引火量は日本油脂 K.K. の資料によるものである。

安全伝爆薬は 300g でも不引火であつたが、これは当然本実験に使用した他の高安全度爆薬とは使用目的から考えても同一グループとして取扱うべきものではなく、安全度にも明確に差があることは考えられる。

坑道試験、特にこのような懸吊試験においては坑道の径の差違が引火率に大きく影響することは明らかに知られていることで、当所の試験坑道による実験と直接比較することは出来ないが、この成績から 200g 前後で実験を行い得る確信を得て、その後行つた上述の試験を行うについてのよりどころを見いだした点で有意義な実験であつた。

IV 結 論

クラフト紙筒による懸吊試験を主体にして、ほぼ同程度の安全度を有する各種の高安全度爆薬に対し、安全度を比較するための試験を行った結果、(1) 正起爆型では 450g 前後、反対起爆型では 100~150g に不引火点、反対起爆型では 250~300g に完爆点が存在し、この種の高安全度爆薬に対しては本試験方法は正起爆

型は不適當で反対起爆型が好ましいこと。(2) 安被付爆薬には薬径、安被の形状の影響等に検討すべき点があるが、安被付爆薬と Eq. S 爆薬との間にも差は認められず、いずれも 600 g 程度の通常の炭酸爆薬との間には明確に差の認められる高安全度グループと称し得られる範囲に含まれるという結果を得た。

他の二三の方法については今後研究を進めて行きたい。

最後に試料を提供していただいた各火薬会社に謝意を表します。

文 献

- 1) 工業火薬協会誌18巻4号 p. 299.
- 2) Safety in Mines Research Establishment Research Report No. 47. (1952) p. 14.

Gallery test of safer mining explosives charged in a craft-paper pipe.

by T. Yoshida, S. Akaba, M. Tanaka,
S. Matsumoto, and M. Tobe.

The establishment of the official permissibility test for safer explosives is desired.

We have used craft-paper pipes as containers for these explosives suspended in a gallery in the atmosphere of 9 ± 0.3 percent methane-air mixture.

Five brands of Eq. S explosives and three brands of sheathed explosives have been tested by this testing procedure. Some of them were resulted no ignition by a 900 g charged official cannon test, and another explosives have equivalent safeties.

In suspended shots the explosives were charged in craft-paper pipes of 55mm in inner diameter, 850mm in length and 6mm

thick. The distance between a muzzle of pipe and an end of explosive train was 300mm. Results are as follows.

- (1) In the direct initiation, their limit charges are 450 g or more. A length of a pipe is insufficient in this method.
- (2) In the inverse initiation their limit charges are 100 or 150g and 100 percent ignition charge is 250 or 300 g.
- (3) The ignition probability is undoubtedly lower than that of ordinary permissible explosives.
- (4) The difference in safety between Eq. S explosives and sheathed explosives is not remarkable.