

クラフト紙筒を使用した安全伝爆薬のガス安全度試験

吉田 正・赤羽周作・田中雅夫・松本 榮・戸辺雅行*

緒 言

安全伝爆薬とは、成分としては、英国における Safety primer, Explosive N. E. 964, 独逸 Bikarbit, 仏蘭西の G.D.C. 16 等のグループに属するもので、爆薬中でも安全度の高い爆薬と考へられる。英国の Eq. S. 爆薬や Safety Primer は 1949 年頃 Taylor¹⁾, Garton 両氏により実験された報告が見られる。

我国においては、昭和27年10月(1953年)日本油脂 K. K. において「安全伝爆薬」が作られ、資源技術試験所九州支所における検定試験に合格した。其の後昭和33年1月(1958年)旭化成 K. K. においても同系統の爆薬が検定合格した。

英国の報告には、発破孔を横切る炭層亀裂に因りガス引火をおこすことがあるとされ、斯様な発破孔には安全伝爆薬を共用することがガス引火の機会を少くし有効であるとしている。斯様な亀裂は Colliery Guardian²⁾によると、下透し追切りの場合に出来ることが多いとしている。我国の炭坑で下透しは少ないから、日本の災害の場合斯様な原因により、ガス引火しているかどうかは明らかでないが、我々は高安全度爆薬の一種として、その性能研究として行われていても良いものと考え。最近の英国の報告には、この種の爆薬に対する報告は見られないが、我国の炭坑のガスの増加する傾向にある現状において、高安全度爆薬の使用も増加すると考へられ、我々の高安全度爆薬の研究の一端として行われた。

I. 試験経過について

a. 実験項目

ここで行われた実験は、安全伝爆薬自体の安全度について検討するものではなく、装填された爆薬列中の一般検定爆薬と安全伝爆薬との配列状況による引火率の変化について行つた。

即ち、ここでは特に、炭層中の発破孔を横切る亀裂と装填爆薬列について考へるので、主として我々が従来行つて来たクラフト紙筒を使用して実験し、これと比較参考試験として、小型臼砲による安全度試験を行つた。

これらの実験を項目として分けると次の通りであ

る。

(A) クラフト紙筒による坑道内懸吊試験

1. 密閉されたクラフト紙筒中における装薬列中の安全伝爆薬の位置の影響
2. クラフト紙筒の側面にスリットを切つた場合の安全伝爆薬の位置の影響

(B) クラフト紙筒による坑道外懸吊試験

クラフト紙筒の一端に木栓スリットを附した場合の安全伝爆薬の位置の影響。

(C) 小型臼砲による比較試験

小型臼砲孔口に木栓スリットを挿入した場合の安全伝爆薬の位置の影響。

b. 試験方法と装置について

クラフト紙筒を使用するガス安全度(懸吊)試験法については詳細は既に前報³⁾において述べたが、もともと本試験法は、発破孔を横切る亀裂と装填爆薬列の関係について、基礎実験を行うためにも考慮されたものであつたので、その亀裂場所(スリット場所)などについては既に一般検定爆薬について検討されたもので⁴⁾安全伝爆薬の配置が安全度に及ぼす影響を検討するには適当であると考へ、かつ今までの結果では、正起爆型で紙筒の込物をした側(発破の場合は孔尻と考へられる側)にスリットがある時、一番引火率は高いことは知られているので⁵⁾この様式により、安全伝爆薬の影響を検討した。

まず、スリットのない場合を検討するために前節に述べる項目(A)-1が行われた。其の後(A)-2スリットを切つた場合について行われた。其の他の試験様式は、何れも前報³⁾に述べた試験方法と同様である。(B)項は、坑道外に懸吊したもので坑道外に爆発保護装置を作り、坑道内における爆薬列の側面引火効果を減ずる様に考へて、臼砲孔と同様水平に懸吊した。小型臼砲による比較試験は、これと対比的に、側面には爆薬は仕事をしないで軸方向にのみ、衝撃波及びガスの噴出を考へたものである。小型臼砲は孔径55mm長さ600mmのものを使用した。

【Fig. 1】は前節の項目と爆薬列の配置状況を示めす。

II. クラフト紙筒を使用する坑道内懸吊試験

a. 密閉された紙筒中に装填された爆薬列中の安全

昭和35年7月26日受理

* 資源技術試験所第6部

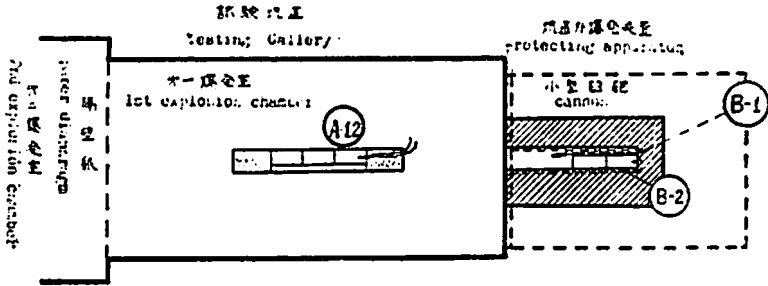


Fig. 1. The Position of cartridge train for each experimental item

伝爆薬の位置が引火に及ぼす影響

ここで述べるものは、クラフト紙筒の両端が密閉されているので、主として側面的引火因子と考へられるものを検することになる。その装填様式は〔Table1〕に示めす様に(a)~(i)まで9種である。

即ち(a)~(d)と(h),(i)は、(c)~(g)までの三種類の安全伝爆薬と一般の検定爆薬との組合せに対して、更に一本(100gr/本)の安全伝爆薬か、又は、検定爆薬を添加したものである。

〔Table 1〕の爆薬装填図に対して下に組合せを示めすが、例へば表中の(a)は雷管起爆側から考へて(f)の爆薬列の末端に安全伝爆薬を附したものであり、又は安全伝爆薬を起爆薬として、これに(e)を加へたものとも考へられる。

- 即ち (a)=安全伝爆薬+(c)
 又は (a)=(f)+安全伝爆薬 である。
 同様に (c)=(g)+安全伝爆薬
 (d)=安全伝爆薬+(g)

Mark	Permissible explosives	Safety primer	Sketch	No. of ignition per trials
a	100gr x 2	100gr x 2		3/5
b	"	"		0/4
c	"	"		2/5
d	"	"		5/5
e	100gr x 2	100gr x 1		2/5
f	"	"		3/5
g	"	"		4/5
h	100gr x 3	100gr x 1		2/2
i	"	"		1/1

Remark : shows a safety primer;
 is a permissible explosives.

Table 1.

(h) = (g) + 検定爆薬

(i) = (f) + 検定爆薬

と考へることが出来る。

更に安全伝爆薬と検定爆薬の配列について見ると、(a)は4本の薬包中、中央の2薬包が検定爆薬である場合、(b)は中央の2薬包が安全伝爆薬である場合、(c),(d)は4薬包中、安全伝爆薬と検定爆薬が交互に配列される場合である。(e),(f)は、2本の検定爆薬が連続して、その何れか的一端に安全伝爆薬がある場合、(g)は2本の検定爆薬の中間に安全伝爆薬がある場合、(h),(i)は、1本の安全伝爆薬が3本の検定爆薬の間にある場合である。

これらの配列と引火率の結果から考へると、[Table 1]によつて見る様に、(a)は4薬包(100gr×4)の中央の2薬包(100gr×2)が検定爆薬で、これは今までの密閉紙筒中に装填された場合には2薬包(φ32mm, 100gr×2)では引火する検定爆薬であるが、この両端に安全伝爆薬を附した時引火抑制の効果はあまり明瞭ではない。

(b)における4薬包中の中央に安全伝爆薬2薬包(100gr×2)が入ると、検定2爆薬の薬包は分離され、引火しなかつた。また(c),(d)を比較すると、両種の爆薬が交互に配置されるが、爆薬列の爆発終端部に検定爆薬のある場合は全部引火し、終端部に安全伝爆薬がおかれる場合には、引火率を減じた。

(e),(f),(g)の2本(100gr×2)の検定爆薬と1本(100gr)の安全伝爆薬による配列の組合せでは、 $\frac{2}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ の引火率であるが、この場合も前述の考へ方によると、(c)は安全伝爆薬が、終端部に加へられて、引火率は下がるが、(d)の場合の様に起爆薬包側に安全伝爆薬が加へられても引火率の減少は見られない。

(h),(i)の場合も(g)又は(f)の爆薬列の爆発終端部に検定爆薬が加へられた型で引火率は上昇する。又(h)は(f)の起爆薬包部に検定爆薬が加へられたものと考えられる。

これらの結果から、(1)2検定爆薬包の中間に2本(100gr×2)の安全伝爆薬が存在するときは引火しない……(b)。

(2)2検定爆薬と1安全伝爆薬の組合せにおいては互いに明確な差異は見られない……(e),(f),(g)の比較。

(3)これに対して2検定爆薬と2安全伝爆薬の組合せの場合の結果を見ると、爆薬の爆発終端部に安全伝爆薬が配置される場合には、引火率を減ずる傾向が認められる……(a),(c),(d)と(g)の比較。

(4)爆薬列の爆発終端部に検定爆薬がある時は、引火率が大きい……(c),(d)の比較、及び(h),(i))。

(5)本試験法によつては、起爆薬包に安全伝爆薬が添加された場合には、明確な影響が見られない……(a),(e),(d)と(g)の比較。

b. 紙筒側面にスリットを切つた場合の安全伝爆薬の位置の影響

ここでは安全伝爆薬とスリットの位置が如何にガス引火に影響するかについて試験した。英国においては、2個の白砲を組合せてスリットを作り試験した例はある。

これは前に述べた様に発破孔を横切る亀裂が可燃性ガスに通ずる場合、発破孔中の装薬の爆発に対して安全であるかどうかを検討したものである。我々はクラフト紙筒を使用して[Table 2]に示す様に密閉型と非密閉型の二種類とし、スリットは何れも5mm×10

Safety Primer Pipe (mm. thick)	100 gr.			mark of type	Sketch
	100gr	150gr	200gr		
unconfined, (one end open with a slit.)	0/1	0/4	1/2	B	
	1/1	3/4	2/2	C	
	—	—	3/3	Cn	
confined, (stamped by sand.) with a slit.	—	0/4	—	B	
	—	—	2/5	Bn	
	—	2/5	—	C	
	—	—	3/5	Cn	

Table 2.

mm とし、装薬の爆発終端部の側に切られた。これを坑道内爆発室に懸吊した。これらの実験結果は〔Table 2〕に示めすが、

(1) 検定爆薬とスリットの間安全伝爆薬 (103 gr) があれば、検定爆薬 150gr では不引火であった……(Type B)。

(2) 安全伝爆薬とスリットの間検定爆薬がある時は引火する……(Type C)。

(3) 非密閉紙筒において、安全伝爆薬がスリットの近くにある時と開口端近くにある場合では前者の方がガス引火しがたい……(Type B)。これは、一般爆薬においても、正起爆型と、反対起爆型では前者がより安全であることは、前報において、確認されている³⁾。

(4) 前節の実験スリットのない場合からも爆薬列の爆発終端部に安全伝爆薬がある時は、引火の機会が少ないが、スリットが存在しても、安全伝爆薬の引火抑制効果が見られる。

(5) ガス引火機構を考へるためには、爆薬列の爆発終端部附近における衝撃波やガスの状況が明らかに

される必要がある。

III. 坑道外懸吊試験と、小型臼砲試験

a. 坑道外懸吊試験による木栓スリット試験

(クラフト紙筒の一端に木栓スリットを付した場合の安全伝爆薬の影響)

さきに「採鉱と保安」⁷⁾ に発表した試験は木栓スリットで行った。この時は爆発室内の懸吊試験で、明確な結論は得られなかったが、ここでは坑道外爆発装置を作り、側面引火効果を少なくして、軸方向における引火効果を検討する様にした。これらの紙筒中の装薬状況及び結果は〔Table 3〕に示めす。即ちスリットを木栓に切り、紙筒の一端に釘付け固定するが、爆薬は安全伝爆薬と検定爆薬の配置とかえて試験された。木栓を使用したのは紙筒ではスリットに奥行がないので多少とも奥行を附する意味もあつた。

〔Table 3〕に示めす配列法の B 型とは、スリットと検定爆薬の間に安全伝爆薬がある場合で、C、C' 型とは、スリットと安全伝爆薬の間に検定爆薬がある場合で、C' 型はとくにスリットと爆薬列の末端の間に空間 10cm をとつた場合である。

No.	Sketch 1	Dimension of slit	C	C' (space 10cm)	B	Sketch 2
I		H = 3cm area = 10.4cm ²	3/3	-	2/6	
		H = 4cm area = 5.2cm ²	5/5	4/5	0/5	
II		slit, 1cm x 4cm area = 4 cm ²	0/5	-	-	
III		H = 4 cm *see note	0/5	3/5	-	
IV	no wooden plug	dia : 55mm area = 23.7cm ²	5/5	3/3	0/7	

Table 3.

実験 No. IV は木栓なしの紙筒内装填の場合であるが、これは紙筒より 30cm の所に爆薬列の末端を置く場合について試験した。これは 2本の爆薬 (安全伝爆薬と検定爆薬) の配置、および坑道の底鋼板から検定爆薬が 30cm に離れた時 40cm 離れた時についての引火の差異を検討したものである。その結果は検定爆薬の距離が 40cm であっても B 型では引火は起さないが、C 型では引火する。これは木栓スリットのみの影響を検討する予備実験として行われたものである。

実験 No. 1, No. 2, No. 3, については、実験 No. 1 で B 型ではスリットの切口面積が大きい時、引火したが、実験全体から見ると、B 型は C 型に比して引火

率は低い。

実験 No. 2 はスリットの切口面積も小さくなっている。

実験 No. 3 については C 型は引火率 $\frac{1}{3}$ で、C' 型は引火率 $\frac{2}{3}$ を示めた。この場合、実験回数は少ないが、爆薬包の末端がスリットを狭くし、発破ガスや紙筒間の爆薬列の側面から出た衝撃波を通過せしめることを妨げる様な現象が起るのではないかと推定される。即ち C' 型は 10cm の空間をとつたことに依り切口面積も大となり、引火率が上昇したものと考へる。

即ち、これらの結果から III-6 で行われた紙筒スリットよりも木栓長の奥行 (10cm) をもつた時のスリッ

トにおいても、そのスリット面積も影響するが、B型の方がC型よりも引火率は低い。言い換えれば、安全伝爆薬が、スリットと検定爆薬の間にある場合は安全伝爆薬の引火抑制効果を明確に示めす。

又本実験から見て検定爆薬が配列上、爆発試験坑道の底鋼板から10cm離れたために引火率が急激に低下するとは考へられない。これらの爆発現象についても更に光学的研究をする必要がある。

b. 小型臼砲（孔長 60cm）試験による安全伝爆薬の位置の影響

前節の実験の参考試験として、小型臼砲により安全伝爆薬の位置の影響について行つた。

実験様式は〔Table 4〕に見る様に、砲腔内において夫々B型、C型について行つたが、木栓の挿入は周囲に固定出来ないので殆んど同径のものを挿入した。

この結果、木栓スリットのない場合については、B

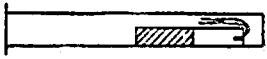

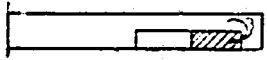



mark of loading type	no. of ignition per trials.	Sketch	Remark
B	0/2		 : Safety primer
C	4/4		 : Permissible explosive
B & C H = 3	0/3		 Wooden plug
B & C H = 4	0/1	ditto	

Table 4.

型は引火をおこさず、C型はすべて引火した。これは前節の坑道外懸吊の紙筒試験と同様な結果となつたが木栓スリットを付した場合には、C型については、引火しなかつた。この両者の相違については、更に坑道外懸吊試験法について研究を要するもので、その理由は明確でない。

Ⅲ-a、Ⅲ-bの実験結果から木栓スリットと検定爆薬の間に安全伝爆薬がある時は、ガス引火抑制の効果のあることは明確に認められる。

我々は、ここでスリットの効果を考へると同時に、安全伝爆薬は検定爆薬に対して、安全被筒的效果をなすと考へる。

結論

これらの実験から我々は次の如く結論する。

(1) 安全伝爆薬はスリット（又は開口端）と、検定爆薬の間に存在すると、ガス引火抑制の効果を有する。

これは丁度メタンガスに対して、検定爆薬に安全被筒を付した場合の様な安全被筒的役割をする。

(2) 第二章第一節の実験から考へて安全伝爆薬が爆薬列の爆発終端部にある場合は、「クラフト紙筒を使用する懸吊試験」では明らかに引火率を減ずることが認められる。

(3) 一方、起爆薬包が安全伝爆薬である時は、そ

の明確な引火抑制効果は、本試験法では認められなかつた。勿論現場発破（正起爆型）で手前に鉄砲になつた様な場合は、口元に安全伝爆薬があれば有効であろうことは考へられる。

(4) 以上行われた実験は、基礎的実験であるが、現場発破においても、スリット又は亀裂が可燃性ガスに通じた場合を考へると、安全伝爆薬がそのスリット部にあることは、有効であることは推論される。

(5) 本試験はクラフト紙筒によるガス安全度試験の適用性の上から考へて適切であつて、従来斯様なスリットに対する研究は少なかつたが、臼砲等に比し、実験経費も安価に、安全伝爆薬の特性を確認したことは収穫であつた。

あとがき

本研究遂行にあたり、実験用試料を提供して頂いた旭化成工業株式会社および日本カーリット株式会社に対して感謝の意を表します。

（昭和34年4月工業火薬協会春季研究発表会において講演）

文 献

- 1) Taylor: Trans. Inst. Min. Eng. (1949) Vol. 109, No. 5, p. 790~804.
- 2) R. E. Greenham: Colliery Guardian (1957) Vol. 194, No. 5,015, p. 494~497.

- 3) 吉田, 外4名, 工火協, Vol. 18, No. 4, p. 14.
 4) 〃 工火協, Vol. 20, No. 3, p. 192.
 5) 吉田, 赤羽, 田中, 採鉱と保安 Vol. 1, No. 8, p. 34.
 6) Shephard & Grinshaw: S.M.R.E. Research

Report (1950) No. 8, p. 33.

- 7) 吉田, 外4名, 採鉱と保安, Vol. 2, No. 3, p. 1~8.
 8) 吉田, 外4名, 採鉱と保安, Vol. 4, No. 4, p. 1~5.

Gallery tests of the composite cartridge train with "Safety primer", charged in the craft-paper pipe

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

The suspended cartridge test using a craft-paper pipe has been investigated and this was applied mainly to the safety test of composite charge with "Safety primer" charged in a craft-paper pipe with a slit (ca 5mm×50mm) at the side or in a wooden plug.

We draw the following conclusions from the test results.

- 1) The "Safety primer" as the terminal cartridge in the confined craft-paper pipe suppresses the gas ignition.
- 2) But, when the "Safety primer" is placed at the priming side of the cartridge train, the suppressive effect for gas-

ignition is not so clear in this testing method. (see Table 1).

- 3) When "Safety primer" is placed between cartridges of permissible explosives and when a slit exists at the side of the pipe, the "Safety primer" shows a remarkable suppressive effect for gas ignition (see Table 2, and 3).
- 4) These results show that the "Safety primer" acts as a sheath for a cartridge of permissible explosives under the suitable arrangement of cartridges in the craft-paper pipe.

(Resources Research Institute, Tokyo)

延時薬に関する研究

(第6報) 延時薬の燃焼伝播速度理論

中原正二*

1. 緒言

延時薬の燃焼反応で気相が大きな役割を持つていることは第3報¹⁾に示したが、われわれはまだその反応の細かい点についてはあまり知っていない。それは色々な反応が同時に又相次いで行なわれているため、それぞれの反応を単独に取出して熱力学的、速度論的に

研究することが困難なこと、各反応には大低固相が関与しているので固体反応特有の困難がつきまとい、均一相反応のようにはゆかないこと、各反応がどの程度の割合で行われているか、その寄与率を求めることが困難なこと等が原因となつている。したがって延時薬の燃焼伝播速度式を純理論的に求めて色々なケースに適合させることは現状では非常にむづかしい。燃焼伝播速度には温度、圧力、仮比重、粒径、粒子の表面状

昭和35年9月1日受理

* 日本化学株式会社折尾作業所研究課