

クラフト紙筒を使用したガス安全度 (懸吊) 試験法について

(昭和32年6月28日 受理)

吉田 正・赤羽周作・田中雅夫・松本 栄・戸辺雅行

(資源技術試験所第6部)

〔I〕 緒 言

炭酸爆薬の安全度試験法は大別して臼砲試験と懸吊試験及び溝切臼砲試験と分類されるが、この中更に多少部分的に変った附属装置又は器具を使用した各種試験法がある。本試験法は、従来の懸吊試験法では安全度の低い爆薬に対しては非常に少量の爆薬を懸吊して試験されるので、実際現場で装填される200gr以上の爆薬列に対しては、多少実際と分離した傾向があり、又懸吊試験法は坑道の壁面が非常にガス引火に影響すると云はれる点、又一方安全度の高い爆薬に対しては、坑道内に懸吊される時長い棒状爆薬列となりそれで不完爆のまま飛散することもあると云はれる点からクラフト紙筒を使用し、この中に爆薬を装填し、紙筒中にて完爆させたいと考へて、クラフト紙筒を使用する懸吊試験法を検討し、その実験例について考察した。

〔II〕 試験要領

本試験法は資源技術試験所保土ヶ谷実験所における爆発試験坑道¹⁾において行はれた。〔Fig. 1〕の如く爆発試験坑道の爆発室の中心に両炭じん棚から径2mmの鉄線で、爆薬の装填された紙筒(実験目的によつて多少異なる)をこれに結び一般に坑道軸に平行中心部に固定した。

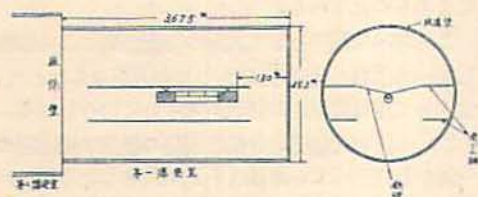


Fig. 1

クラフト紙筒は内径55mm及び35mmの二種、

厚さは2, 4, 6, 8mmの各種、紙筒の長さは何れも85cmであり、このために軸に平行に懸吊することは容易である。

臼砲側の隔壁鋼板(即ち底板)から爆薬列の一端までは、その底面の引火に対する影響を考へて、大体1.3mを基準とした。

〔III〕 クラフト紙筒を使用した理由

(a) 一般に炭酸爆薬の懸吊試験を行ふ場合、その周囲をパラフィン紙等で巻くことにより、不引火極量を増加し、反対に爆薬包に裂け目を作ることにより、不引火極量を減ずることは知られている。また、爆薬安全被筒の引火防止を考へる場合、高温爆発生成ガスとメタンガスの直接接衝を防ぐ物理的要素と消滅滅熱効果をなす化学的要素とに分けられるが、これと同様クラフト紙筒で被覆されることに依り、一応物理的の要素を含むものと考へた。

(b) 懸吊試験は臼砲試験法と異なり、特に衝撃波の坑道壁への衝突、反射による干渉や坑道壁の大小が引火に影響することは、Bernard Lewis, Guether Von Elbe²⁾氏、又英国のElwyn Jones³⁾氏が述べる所であつて斯様な爆薬列が外面を被はれることに依り、衝撃波の多少の減衰、高温ガスのパイプ破碎後の噴出、爆発の際の爆薬の飛散粒子の抑制等が、爆発の瞬間からパイプ破碎の時間のおくれにより影響をもつてであろうと考へた。H. C. Grimshaw⁴⁾氏の報告には安全被筒を爆薬の半周囲に附して瞬間爆発写真をとつてゐるが、この場合も同様なことが考へられる。

勿論斯様な厚さ2, 4, 6, 8mmの紙筒を通過した衝撃波も引火に影響するであろうことは当然であるが、従来法の場合100grで引火するものも200~300gr程度の爆薬で実験することとなり、この方が実験は正確度が良いと考へた。一方安全度の高い爆薬に対しても不爆粒子の飛散が或程度防げるであろう。

(c) これらの紙筒を利用することにより、適当な爆薬を撰択し、爆薬包を装填した紙筒を軸として軸方向の引火効果、側面方向の引火効果を考へることが出来る。勿論の場合爆薬の引火過程は両者が綜合して起ると考へられるが、不引火量は薬径(25~32mm)、薬量を適当に調整して考へるに便利である。

[IV] 実験例-I 正起爆型, 反対起爆型, 中間起爆型について

これらの起爆様式は [Fig. 2] に示す様に紙筒中に爆薬を装填した場合を云ふのであつてこれは紙筒と発破孔の場合を同様な起爆様式としたものを正起爆型と考へた。他も同様である。

この場合、正起爆型の様なものは主として側面方向の引火因子が大きく影響すると考へられるがここでは何れの場合も一端は開口として、軸方向の影響を考へることとした。

これらの実験結果は [表 1, 2, 3] [Fig. 3, 4, 5, 6] に示すが、正起爆型の場合は、一般の白砲試験の発破様式であり、反対起爆型は白砲試験でも非常に安全度は低いが、この場合の結果でも正起爆型は安全度が高く、反対起爆型では著しく引火率は高い。この場合起爆から伝爆の方向は抗道を基準として反対になるので試験状況を等しくするために正起爆型の懸吊方法をかへて実験したが、これについては後に述べる。

その表中の [D] とは [Fig. 2] に示す様に爆薬列の一端から開口端までの距離で、一般に白砲試験で口元迄一杯に装填する場合は引火し難いと云はれる点を考慮して行はれた。

これらの結果から考へると、

(1) 正起爆型は明らかに反対起爆型、中間起爆型に比して安全度は高い。そして、口元からの距離 [D] の変化に関しても余り影響がないが、反対起爆型については距離 [D] の増加で引火率が增大する。この理

表1 φ30mm 2号新緑カーリット(200g)による実験結果

起爆法	紙筒厚 (mm)	爆薬端から紙筒口までの距離 (D cm)						
		-3	0	5	10	20	30	40
正起爆	4	1/5	0/4	—	2/9	1/9	2/9	2/9
	6	—	0/8	0/3	0/3	0/3	0/3	0/3
	8	—	0/4	—	0/4	0/4	—	0/4
反起爆	4	4/4	2/7	2/3	3/3	—	4/4	3/7
	6	—	0/4	—	4/5	5/5	1/1	2/2
	8	—	0/4	0/2	1/5	3/5	4/5	4/6

表2 φ32mm 硝ダイ (225g) による実験結果

起爆法	紙筒厚 (mm)	爆薬端から紙筒口までの距離 (D cm)				
		0	10	20	30	40
正起爆	4	—	—	—	—	0/2
	6	—	—	0/4	—	0/3
反起爆	6	0/3	5/10	6/10	4/5	—
	8	0/1	0/1	0/5	3/4	3/3

表3 新硝ダイによる中間起爆型の引火率

薬径及び薬量	紙筒厚 (mm)	爆薬端から紙筒口までの距離 [D cm]			
		10	20	30	40
φ32mm 337.5g (112.5×3)	6	4/6	4/6	—	—
	8	1/6	3/6	—	—
φ32mm 225g (112.5×2)	6	1/5	3/6	2/2	—
	8	0/5	3/5	2/2	—
φ25mm 225g (75×3)	6	0/5	2/5	—	—
	8	—	—	—	—
φ32mm m112.5g 反対起爆	8	—	1/5	2/5	—
φ32mm 225g 2本反対起爆	8	—	4/5	—	—

由は本実験から決定することは早いかもしれないが、爆薬末端部の爆発状況、紙筒内での衝撃波の反射進行の状況、爆発ガスの紙筒口からの噴出状況の差異によるものと考へる。

こう考へる因子として次節の伝爆方向による影響も考へる必要を生ずる。即ちこの差異がみられれば、主として開口部附近の原因が大きいと考へられる。

(2) 反対起爆型、中間起爆型の場合は爆薬列の一端から口元までの距離 [D] が大きくなるにつれて引火率が上昇する。

(3) 中間起爆型とは [Fig. 2] に示す様に口元から第二薬包に雷管を附して底部に向けて起爆す

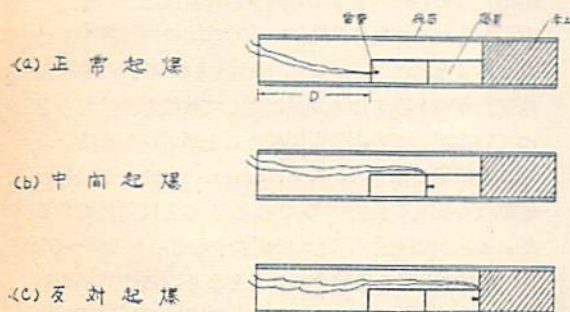


Fig. 2

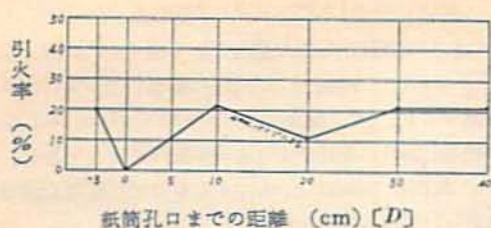


Fig. 3

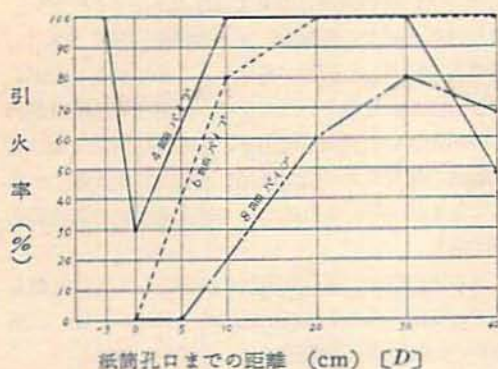


Fig. 4

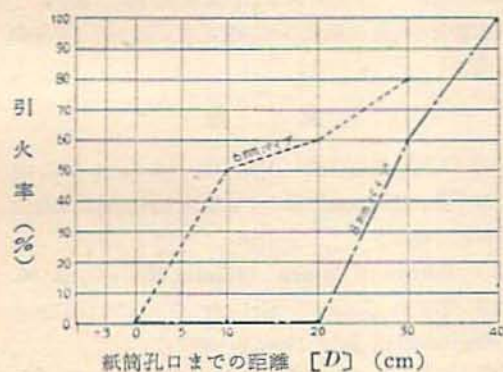


Fig. 5

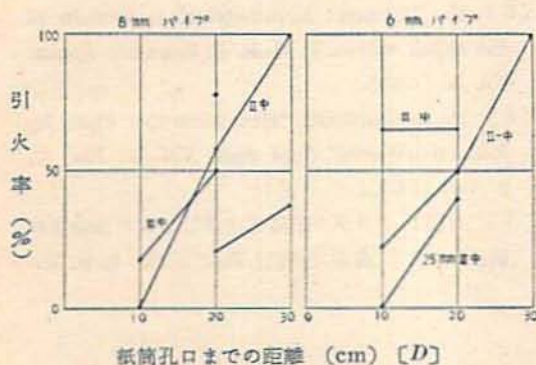


Fig. 6

るのであるから第一薬包は口元に向って伝爆することとなり、一種の反対起爆型であり、第二薬包、第三薬包は正起爆型となるから、第一薬包の口元に対する影響は当然出るもので、反対起爆型と同様な傾向な傾向が〔表3〕及び〔Fig. 6〕に見られる。

(4) 紙筒の厚さ(2, 4, 6, 8mmの範囲では)の増加につれて引火率が下る。これは側面方向の引火因子が、これらの三つの型の何れにも影響をもつと云ふことを示す。〔表1, 2, 3〕

(5) 紙筒の径による影響については、 $\phi 35\text{mm}$ 、 $\phi 55\text{mm}$ ではあまり差異が見られないが、爆薬の薬包径が30mmと32mmでは引火率は後者が大である。〔表4〕〔表3, Fig. 6〕,

(6) これらの実験結果から見て正起爆型は主として側面的引火因子が影響し、反対起爆型では次の実験例Ⅱの結果と考へて軸方向の引火因子が大と考へられる。

表4 反対起爆型、硝ダイ 225g による
実験結果 (紙筒厚さ 6mm)

紙筒径	状況	紙筒口から爆薬端までの距離 (D cm)		
		10	20	30
$\phi 35\text{mm}$		3/6	—	4/7
$\phi 55\text{mm}$		5/10	6/10	4/5

〔V〕 実験例-Ⅱ 伝爆の方向性について

英国及び米国では白砲から打ち出された衝撃波は坑道壁及び白砲側の底鋼板のために坑道軸心線に focus (焦点) が出来ることにより引火することも述べられている²⁾。これが、正起爆型と反対起爆型の引火率の非常に大きな差異の一因子として入るかどうかについて、正起爆型の場合の懸吊方法を反対として、即ち、伝爆の方向は反対起爆型と同じとし実験した。懸吊方法は〔Fig. 7〕でその結果は〔表5〕に示す。この結果を見ると本坑道において30mm新緑カーリット 200~300gr位では、その伝爆方向による差異は表はれなかつた。

即ち前項で述べた正起爆型と反対起爆型の結果の引火率の差異は側面方向の因子は同じとして、その反射による焦点が出来るとか、又は干渉のみの単独の影響は表はれなかつたということである。但し両者の伝爆の方向は同じとしたが、正起爆型では伝爆の先端に込物があり反対起爆型は開口であるので、ここに差異が出ることになる。しかも開口端の〔D〕が増加すると

引火率が上ることは、軸方向の引火因子の影響が大であることを示す。

表5 正起爆型による伝爆方向の影響について
φ30mm 2号新緑カーリット 100g 薬包

薬量	懸吊方法 紙筒厚	従来懸吊様式 (cm)				その反対懸吊 (cm)	
		10	20	30	20	30	
200g	4mm	2/9	1/9	2/9	0/10	—	1/10
	6	0/3	0/3	0/3	0/3	—	0/5
300g	6	—	1/5	—	—	1/5	—
	8	0/5	0/5	—	—	0/5	—

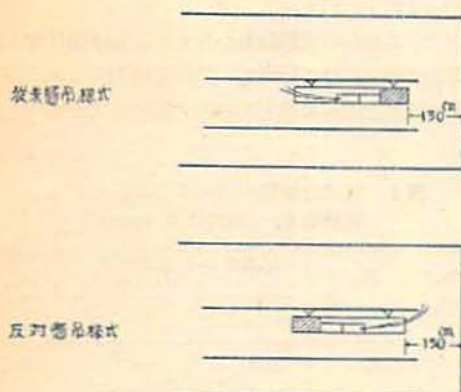


Fig. 7

[VI] 結 論

上に述べた結果は此等の実験を行う前に予備的な概括実験⁷⁾の後に行われたものでクラフト紙筒の使用の目的は充分達せられて居ると考えられ、懸吊試験法の改良型と考へられる。

即ち従来の白砲による400gr不引火極量のもは従来の懸吊試験では100gr前後のものであるが、これを200gr前後で行うことにより、同系統の爆薬の比較安全度試験が行はれる。高安全度の部類に属する爆薬と称されるものについても実験中である。

吾々としては、正起爆型、反起爆型何れの方法をとるとしても200gr前後で実験を行い、二薬包として伝爆試験も考へた現場使用の薬包に近い量で行うことを目標としている。そして爆薬列は従来法よりも、坑道中心軸に平行に且正確に固定されることが出来る

し、正起爆型では不発爆薬粉の飛散は防ぎ得る。

これらの実験から得た結果としては(イ)紙筒の厚さ2~8mmの程度では紙筒厚の増加につれて引火率は減少する。(ロ)爆薬径の25~30~32mmのものは従来と同じに薬径の小なものが安全度は大である。(ハ)紙筒径35mmと55mmのもので反爆対起型では著しい差異が認められない。

第V項の実験例Iから30mm新緑200~300grの程度では爆薬の伝爆方向による差異が認められない。これは側面壁での衝撃波、ガスの状況は同じであり、衝撃波の反対した影響があるかどうかを検討したが、著しい差異がないということは、反対起爆型の口元の影響が大きい引火因子であり、その口元附近における衝撃波の波型ガスの噴出状況が重要な引火因子があることを示すが、これについては尚光学的の研究が必要である。

尚本試験法は、懸吊試験法の一部として行はれたもので、将来クラフト紙筒は坑道外(白砲の位置)に懸吊し、白砲試験との関連について考究したい。

終りに本実験に試料を提供して協力戴いた旭化成KK、日本カーリットKKに深く謝意を表します。

(本報告中一部は昭和30年32度工業火薬会研究発表会に発表)

文 献

- (1) 工業火薬協会誌, Vol. 13, No. 2, p. 113, 山家「資源技術試験所保土ヶ谷実験所新設爆薬試験坑道設計概要」
- (2) Bureau of Mines. Bulletin No. 489, p. 56.
- (3) Elwyn Jones: "Gallery Test," Colliery Engineering July 1954. p. 295.
- (4) 同上, p. 296. 及び H. C. Grimshaw; S. M. R. E. Research Report No. 32, (1951).
- (5) H. Titmann: Symmetrical Reflection of the shock waves. S. M. R. E. Research Report No. 73 (1953).
- (6) D. B. Gawthrop "How Blow Out shots by Reflected Waves" Coal Age, Vol. 38 No. 12, p. 414. (1933).
- (7) 吉田:「クラフト紙筒を使用したガス安全度試験について」『保安と採鉱』Vol. 1, No. 8, p. 32.

Suspension Test of Permissible Explosives charged in A Craft-Paper Pipe

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

A craft-paper pipe of 35 or 55mm in diameter, 850mm in length and 2, 4, 6 or 8mm in thickness has been used as a container of a permissible explosive suspended in a gallery. As one see in Fig. 2, a, c and b, a direct-, inverse-, or intermediate-shot of a cartridge train of 200-300 gram is fired to see if it ignites the methane-air mixture. (cf. Fig. 7) Results obtained:

1) The limit charge quantity for ignition of the gas mixture increases in comparison with the case of suspension test using a bare cartridge.

2) A more exact comparison with the similar explosives can be made under various conditions of the diameter and thickness of the pipe as well as the weight of the charge.

3) The ignition probability decreases

as the thickness of the pipe increases from 2 to 8mm and as the charge diameter decreases from 32 to 30 or to 25mm, the safety for methane ignition increases.

4) Generally, the direct-shot is safer for methane ignition than other types are. In case of a direct-shot, the ignition of methane may be mainly caused by a lateral effect (hot gas or shock wave or its collision with wall), while in case of a inverse-shot, the ignition seems to occur in the muzzle space by an axial effect. And in case of a intermediate-shot, as the front cartridge is shot inversely the situation is rather similar to the inverseshot type.

5) In case of a inverse-shot, the diameter of the pipe, 35 or 55mm, gives no appreciable difference.

(Resources Research Institute)

吊し爆発によるメタン着火に就て

(昭和32年7月1日 受理)

大 川 禎 三

(旭化成工業延岡工場)

1. 緒 言

爆薬の爆発によるメタン・空気混合ガスの点火の主な因子としては、①火焰、②生成ガスの残余反応、③灼熱粒子、④衝撃波等があげられている。

本報では円筒形鉄製容器内で、吊し爆発方式での各種炭鉱用爆薬によるメタン空気混合ガスの着火の状況を毎秒5000齣程度の高速度撮影をして得られた写真より、着火が主として如何なる因子によるものであるかを考察した結果に就て報告する。

2. 実験方法

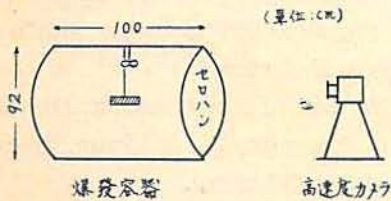


図1 実験装置

2.1 装 置

図1に示したように直径92cm、長さ100cm、厚さ10mmの鉄製容器の中央に爆薬を吊し、容器の一端は透明セロハン紙で閉め、爆発によるメタン着火の状況を福原式16mm高速度カメラで毎秒5000齣程度で撮影した。

容器には攪拌用ファンがあり、メタンガス濃度は9.0%附近に調節した。メタンは千葉県大多喜のボンベ入りのものを使用した。

2.2 爆 薬

(1) 使用した爆薬は白梅ダイナマイト、硝安爆薬、L・D硝安ダイナマイト及び日油製二号特硝安ダイナマイトである。薬量は予備実験により、この装置での着火限界薬量を求めてその附近の薬量及び更に多量のものに就ても実験した。

(2) 使用爆薬の形状は球状或いは棒状で、被覆は夫々の包装紙で行った。棒状のものは径32mmの普

通の紙筒入りである。

(3) 棒状のものの吊し方向は垂直に吊した場合と薬の長軸と容器の長軸とを一致せしめて水平に吊つた場合とがある。これらはその都度記入した。

3. 実験結果

1) 白梅ダイナマイト

この装置では白梅40gでは不着火、50g以上で着火する。50g(球状)、60g(棒状)、75g(棒状)、90g棒状での着火状況を撮影した。それらの内50g(球状、4500齣/秒)及び60g(棒状、4500齣/秒)の着火状況を写真に示した。

2) 硝安爆薬

70g(球状、5000齣/秒)での着火状況を写真に示した。

3) 日油製二号特硝安ダイナマイト

224g(棒状112g×2本、横に抱かせたもの、容器の長軸と薬軸とを一致せしめて水平懸垂、4750齣/秒)の着火状況を写真に示した。

4) LD硝安ダイナマイト

160g(棒状80g×2本、横に抱かせたもの、容器の長軸と薬軸とを一致せしめて水平懸垂、5200齣/秒)の着火状況を写真に示した。

4. 実験結果の考察

このような円筒容器での吊し爆発での点火の因子としては図2に示すように、(1)火焰或いは灼熱粒子、(2)器壁における反射衝撃波、(3)反射集中衝撃波、(4)爆轟生成ガスの膨脹によるメタン・空気混合ガスの断熱圧縮、(5)棒状装薬では図示するようなポケット部分での火焰、衝撃波の干渉、(6)その他これらの諸因子の相互作用が考えられる。

この実験で得られた結果では主としてどのような因子で着火が起つているのであろうか。以下写真の着火の状況より考察することとする。勿論この写真では衝撃反面は不明で、着火というもフィルムに感光せる焰より判定せるものである。