

炭鉱爆薬によるノイマン効果について

吉田 正・赤羽 周作・田中 雅夫・松本 栄\*

I. 緒 論

ノイマン効果は軍用として徹甲弾<sup>1)</sup>のような鋼板貫徹用として知られているが、戦後工業用として、平鈎の栓抜き、スクラップ鉄板の切断、石油のケーシング中での利用や鉱山の小割発破等に使用されることは知られて居り、岩石状態に左右されるので実用的には未だ疑問があるといわれている。<sup>2)</sup>

外尾氏のライナーに関する実験報告<sup>3)</sup>があるが、その中にソ連は金属鉱山において使用されたと報じている。

われわれは、一部石炭鉱山においても、この種の爆薬を使用し度いとの要望があると聞くので、検定爆薬の寸度形状と安全度の関係とも関連するために、その爆発状況や安全度を検討するために次の実験を行った。

実験項目としては、次のようなもので、石炭鉱山内で使用されるとすればノイマン効果の特性から考えて爆速、薬径、等にも制限されて来る。

- (1) ガス安全度試験
- (2) アルゴンフラッシュ光源による爆発陰影写真
- (3) 鉛ブロック試験
- (4) 鉄円筒試験
- (5) アルミ板試験
- (6) プラストメーター試験等

使用ライナーと試験薬包については、ライナー材質は一般に金属が用いられるが、この実験では山幸K.K製ユリヤ樹脂のもので、ここでは、図1(B)に示すような  $l=46\text{mm}$ ,  $\phi 20\text{mm}$ , 厚さ  $1\text{mm}$  その頂点は、 $r=4\text{mm}$  である。

試験薬包については、白梅ダイでは、薬包を削がし一端にライナーを挿入したが、粉体爆薬では、底部に装着後完全包装が出来ないので初めから図1-(A)の底部に薄紙をはり、薬包中に入れて装薬した後、爆薬粉を填めて、工作誤差の少ないようにした。これにより凹部空間に爆薬粉が入らないようにした。

斯様な仕事を現場でやることは、その数量、保安、取扱から考えて、余り好ましくないように考える。

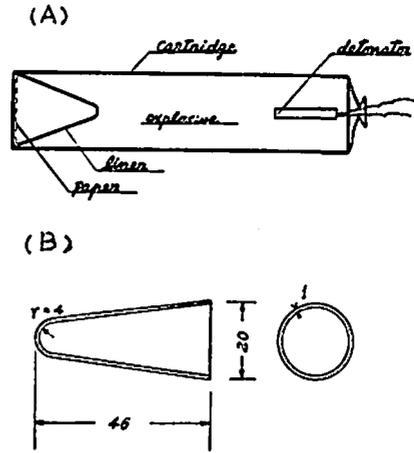


図 1

II. ガス安全度試験

ライナー付薬包は、その破碎機構から、底部軸方向に衝撃波、爆轟波の合力を生じ、ライナー材の粉砕飛行と共に強力な破碎をするといわれている。

そのために、次の二項目によつて安全度試験を行なった。

- (1) 小型臼砲による反対起爆型試験
- (2) クラフト紙筒による坑道間懸吊試験

II-1. 小型臼砲による反対起爆型安全度試験

小型臼砲は孔長  $60\text{cm}$  で、特殊形状薬包で貫通発破を考慮して、反対起爆型とし、図2-(A)に示めす

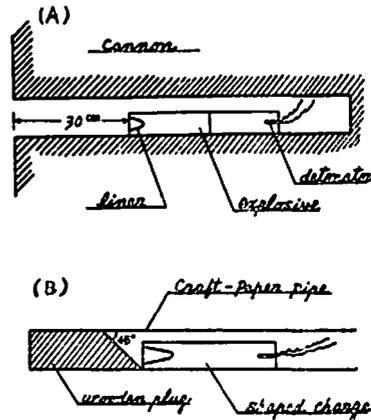


図 2

昭和37年7月24日受領  
\* 炭田技術試験所第6部 東京都北区浮間町

ような装てんをして9% CH<sub>4</sub> 中に発射した。

その結果は次のようである。

i) 試験爆薬：白梅ダイナマイト φ30mm

種別	薬量	100gr	150gr	225gr
平底(普通)薬包		0/4	2/2	1/1
ライナー付薬包		1/4	2/2	—

ii) 試験爆薬：3号新緑硝爆 (φ30mm)

種別	薬量	80gr	100gr
平底(普通)薬包		3/6	2/5
ライナー付薬包		2/6	2/4

### II-2 クラフト紙筒による坑道内懸吊試験

図2-(B)に示めすような装てんを行ない、一部側面に抵抗はあるが、底部の45°に切った木柱に衝撃波反射をして側面方向の影響について検討した。クラフト紙筒による懸吊試験様式は既に報告<sup>4)</sup>したので省略するが、紙筒は厚さ6mm, dia. 55mm, 口元空間は30cmとして懸吊場所は保土ヶ谷試験坑道の坑道中心上におき、坑道口に向つて9% CH<sub>4</sub> 中において起爆する。

爆薬試料はφ30mm 3号新緑硝爆を使用した。

試験結果は、次の通りである。

種別	薬量	150gr	200gr	250gr	300gr
平底(普通)薬包		0/4	4/11	5/6	2/2
ライナー薬包		0/2	2/11	4/4	—

以上の両試験の結果から見て実験回数は少ないが、安全度においては著しい差異は認められない。しかし、現状においては、各種爆薬に対して検討する時間

i) ライナー附薬包の時

Delay length & time		進行距離	爆発生成ガス			衝撃波		
			軸方向	球面方面	側面方向	球面前面	軸45°方向	側面方向
cm	μs	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
100	149		5.4	1.6	10.9	5.4	5.7	9.2
120	179		7.7	3.1	13.6	7.8	9.1	14.3
140	209		15.3	6.7	18.2	11.2	12.5	18.8
160	239		18.6	6.9	20.3	13.7	16.7	23.2
200	298		27.0	10.8	26.2	18.1	21.2	28.3

ii) 普通薬包の時

Delay length & time		進行距離	爆発生成ガス			衝撃波		
			軸方向	球面前面	側方向	球面前面	軸45°方向	側方向
cm	μs	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
100	149		10.2	4.5	10.3	10.2	8.4	11.5
120	179		12.5	5.9	14.2	13.2	11.4	15.6
160	239		19.9	9.5	22.6	19.9	16.8	23.0
200	298		24.7	12.5	24.7	25.6	22.1	28.0

をもたないし、急速に飛散するライナー材についても材質は多種であるので、爆薬薬包形状の観点から、ライナーを付した爆薬包を検定する方式をとるべきものとする。

これらの試験の前に粉状爆薬の薬包の底部を開きライナーを付する爆薬包を作つて行なつたが試験成績はバラツキを生じ成績整理判定は出来ないので前述の試料薬包作成の方式をとつた。

### III. Argon フラッシュ光源による陰影写真

ライナー付爆薬包と普通薬包の爆発現象を比較検討するために、Arフラッシュ<sup>5)</sup>を使用し陰影写真をとり導爆線の長さによるおくれをかえて、衝撃波、ガスの進展状況を解析した。図3はそれらの衝撃波、ガス

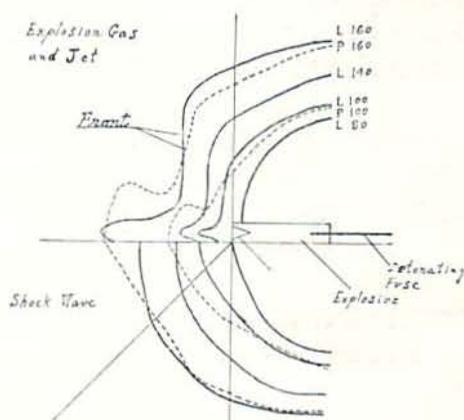


図 3

進展のコンタである。これらの delay time による距離を求めると次表の如くなる。表中の球面前面とは図3の“front”をいう。

これらから、ガスと衝撃波の速度を計算すると、図4、図5の如くなる。

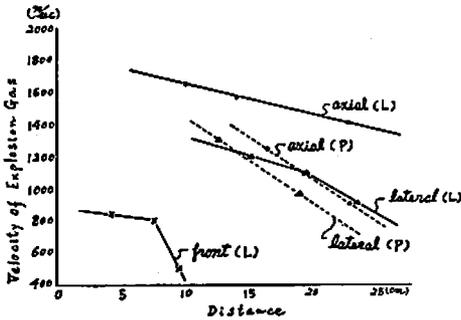


図4

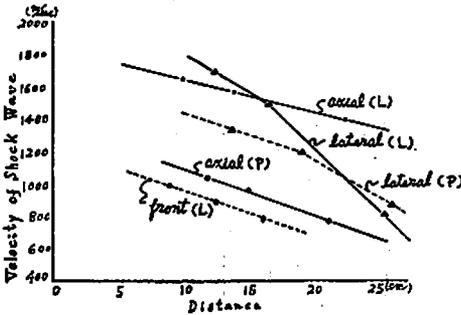


図5

厚さ 1.0mm の亜鉛引鉄板をL型として、その上に薬包を置き両種薬包の爆発比較写真をとった。図6、図7はその爆発写真である。



図6 ライナー薬包爆発陰影写真



図7 普通薬包爆発陰影写真

これらの結果は(1)ライナー付薬包は底部付近では、衝撃波面は球面波であるが、底部中心軸上にはジェット突出をなす。普通薬包の底面から出た波と側面

に出た波は合成波面となつて進む。(2)ライナー付薬包のガス進展は薬包軸上にジェット状になるのに対して普通薬包は球面状進展である。(3)それらの平均速度を見ると、ライナー付薬包の軸方向の速度は衝撃波、ガス速度共普通薬包のそれらに比し減速がおそい。軸から45°の方向の平均速度は、ライナー付薬包の方がおそい。(4)亜鉛引鉄板上の両爆薬の爆発状況は、破碎後ガスが進展すると考えて隅の所は普通薬包の方が速く破碎作用をしている。

#### IV. 鉛ブロック試験

鉛ブロック試験は、一般のライナー付爆薬においても行われる試験であるが、炭酸爆薬の場合とペントリットの場合について比較した。その結果は爆速の小さい炭酸爆薬は軸方向の貫徹性は見られるが、ペントリットに比して小である。測定比較値は次に掲げる。

(i) ペントリット薬包と3号新緑薬包による直立薬包の比較値

測定箇所	薬種 様式		3号新緑A		3号新緑B	
	L	P	L	P	L	P
Wmm	32.6	41.3	28.7	35.3	28.6	40.2
Dmm	23.2	13.0	19.3	6.5	18.8	9.6

この表の3号新緑A、Bは、夫々工場製薬包を用いたものと試験的に薬包を作つたものとの比較で、図8は変形略図である。

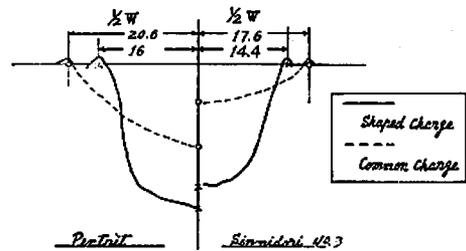


図8

L: ライナー付薬包, P: 普通の平底薬包

W: 図8に示めす上部変形径, D: 同図の如く変形の深さ(mm)

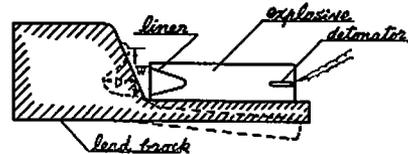


図9

更に、図9に示めすようなブロックについて3号新緑で変形試験を行なつた時の結果を次表に示めす。これは横臥試験である。

測定値	3号新緑	
	ライナー付	普通平底
Wmm	28.8	39.5
Dmm	16.2	5.5
Smm	5.8	6.7

以上の実験測定値から、平底の普通薬包は接触表面においてはライナーより大であり、変形の深さにおいては、ライナー薬包が大で、軸方向貫徹力は大であることは認められる。

#### V. 鉄円筒試験

鉄円筒中心に径  $\phi 25\text{mm}$ 、又は  $\phi 30\text{mm}$ 、深さ 30mm、又は 60mm の孔を作り、一部側面が被覆された状態で、ライナー付薬包の威力試験を行なつた。図10は変形略図である。

図10による測定箇所についての結果は次表に示めすが、孔口部径および変形は平底普通薬包の方が大となり、孔中央部、孔底部径においても側面変形は平底普通薬包の方が大である。

孔底面に対しては、ライナー付薬包がその特長を示めすが、平底普通薬包による場合は変形が殆んど見られない。ヘキソゲンの時は3号新緑に比して大である。

測定箇所	薬包種	ヘキソゲン (ライナー付)	3号新緑	
			ライナー付	平底
$\phi 30\text{mm}$ , $L=60\text{mm}$	$S_1$	36.3	32.0	32.8
	$S_2$	33.1	30.9	32.6
	$S_3$	33.7	32.2	34.5
	H	63.0	61.4	62.0
	W	11.9	11.8	—
	D	15.2	11.5	—
	$\phi 35\text{mm}$ , $L=30\text{mm}$	$S_1$	31.7	26.7
$S_2$		28.4	26.1	27.0
$S_3$		28.6	26.9	27.9
H		33.4	31.6	32.2
W		11.9	10.8	—
D		9.6	4.4	—

#### VI. Al-板試験

鉛ブロック試験は、衝撃波破碎とガス圧が変形に寄与しているが、材料的に経費、手数がかかるので簡単な厚さ 1mm の Al 板を図11の如く切り、これに爆薬

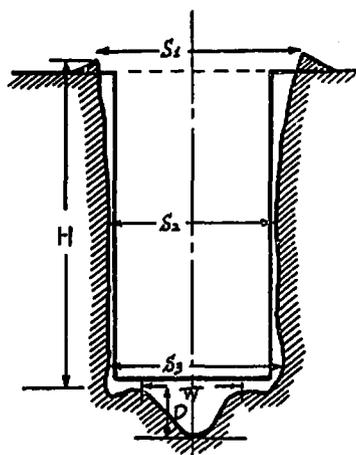


図 10

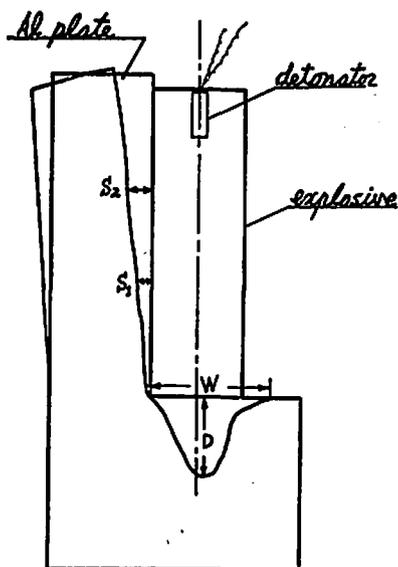


図 11

を装着して、密閉ガス圧の影響を少なくして試験を行なつた。その変形状況も図11に示めす。その測定箇所における測定値を次の表に示めす。

以上の測定結果から見て、前項試験と同様、明らかにライナー効果は  $D$  が深く、 $W$  は小で軸方向の貫徹力を示めす。白梅ダイナマイトの  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $\theta$  が、他の爆薬と反対に出ているのは、その附近の雷管の影響も考えられる。

即ち密閉度によるガス圧が影響する前の第一段階においては、一般に、ライナー付薬包の方が平底薬包に比し大なる力を持ち、側面的には、平底薬包の方が  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $\theta$  は大である。従つて、側面への破碎変形はライナー薬包は平底薬包に劣る。

爆薬種類	薬量 (g) 薬径(mm)	仮比重	W(mm)		D (mm)		S <sub>1</sub> (mm)		S <sub>2</sub> (mm)		θ	
			L	P	L	P	L	P	L	P	L	P
3号新緑	100 φ28	0.9	28	38	22.5	8	4.5	11	13	13.5	3.0	3.5
白梅ダイ	100 φ25	1.5	23	29.5	13	4.8	6.5	4	14	6.5	9.0	3.0
コンポジション B	90 φ28	0.65	32.5	40	18	8.5	7.5	11.8	11.5	15.5	2.5	4.3
ヘキソゲン	90 φ28	1.0	34	41	25.5	9	8.5	1.1	14	14	2.5	3.5

Ⅶ. プラストメーター試験

ライナー付薬包を図12に示めすように空間に吊し、その周囲の一定距離の数箇所にプラストメーターをおき鉛板変形を測定した。

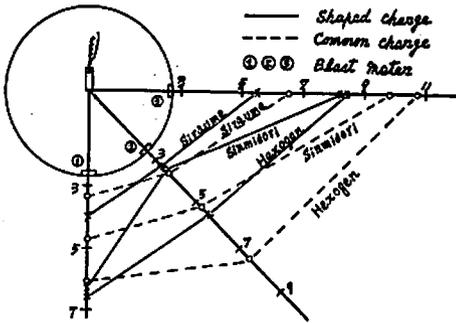


図 12

測定箇所は、(1) 軸方向、(2) 軸に45°、(3) 90°の方向とし、薬包底から、プラストメーターまでの距離360mm、薬包は 70gr、薬長 9.3~14cm とした。これらの実験結果は次表に示めす。

爆薬名	位置 型 薬型 mm	(1) 薬間方向					
		(2) 45°		(3) 90°			
		L	P	L	P	L	P
3号新緑	28	5.14	4.86	3.61	5.20	8.31	9.80
白梅ダイ	25	4.00	4.00	3.50	3.57	5.50	6.53
ヘキソゲン	28	6.60	6.06	5.56	7.48	8.30	10.76

× L: ライナー付薬包, P: 平底普通薬包

以上の結果は図示すると図12の如くなるが、軸方向に対しては鉛板上にライナー材の破砕片の衝突の痕がみられる。45°、90°の方向では他の試験の時と同様に平底薬包の方が大きい値を示めす。この場合もライナー付薬包は底部側面方向には余力は作用しない。

爆速の大なるものは、変形度も大である。

Ⅷ. 結 論

炭酸爆薬包にライナーを付けた場合の各種検討の結果から、次の如く結論する。

(1) ガス安全度試験の結果からは実験回数も少なく、明らかな差異は表われなかつた。ここではユレア樹脂製のライナーを使用した。ライナーの形状、材質も性能安全度に関連することも考えられるので、差なり特殊形状薬包のものとして、ライナーを付した爆薬に対して検定試験を行なうべきものとする。

(2) 性能試験からは炭酸爆薬成分からなるため、ペントリット、ヘキソゲン等に比し爆速も小であることから、軸方向の変形、破砕力もそれらに比して劣ることは認められる。

(3) 木試験からは坑道掘進の際の孔尻を残さず、掘進効果を上げるであろうという確認は得られなかつた。

実際の発破の時、岩石性質(節理、硬さ、亀裂等)に大いに関連をもつであろう。

(4) 瞬間写真により、衝撃波ガスの進展状況を明らかにし、性能試験と比較考察することが出来た。

これらの試験に対して、爆薬試料を提供された日本カーリットK.K. 旭化成工業K.K.に謝意を表する。

(昭和36年および昭和37年工業火薬協会春季研究発表会に(その一)、(その二)、として講演)

文 献

- 1) Melvin, A. Cook, The Science of High Explosives.
- 2) H. P. Tardiff, "The Shaped charge" Explosivstoffe, August, 1959.
- 3) 外尾善次郎「成型爆薬による岩石の一次および二次破砕に関する2,3の実験」石灰石 第63号
- 4) 吉田, 赤羽, 田中, 松本, 戸辺「クラフト紙筒による安全度爆薬の安全度試験」工火協誌, Vol. 18, No. 4, p. 16.
- 5) H. C. Grimshaw "Argon flash Unit" Research, Report, No. 32, S. M. R. E. (1951)

## Study of Neumann Effect in Coal Mines Explosives

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

Neumann effect has been applied to military shot or industrial blasting in metal mines.

Japanese coal mine engineers hope to apply it to the blasting in gassy coal mines.

We made some experiments on safety and properties of Neumann effect by using a cartridge containing ingredients of coal mine explosives.

From these testing we get the following conclusions.

1) The safety for gas is important for coal mine explosives, but we cannot find difference between the shaped charge (dia. 30mm) and the common cartridge by gallery test

Thinking the shape or material of liner and blasting effect, the shaped charge should be treated by the official test of permissible explosives, as one of special types of cart-

ridges.

2) The axial and lateral effects of penetration or deformation of target show different characteristics from that due to the popular cartridges.

But brisance of shaped charges containing coal mine explosive ingredients is less than that of penthrit or hexogen which have higher rate of detonation.

3) From these results, we cannot get any certification that the drifting effect and the safety may be raised by a shaped charge.

Practically, the blasting effect is relative to the strata, or crack of the rock.

4) By the shadow photograph (light source: Ar-flash unit), we get the velocities of shock wave and gas explosion of shaped charge shown as Figs. 3, 4, and 5.

(Resources Research Institute)

## 大発破に関する実験的研究(II)

—自由面の挙動—

名 和 小太郎・菅 田 博

### 1. 目 的

前の論文<sup>1)</sup>において、われわれは、発破における破壊現象のうち、その爆源極近傍の衝撃波について報告した。この論文においては、爆源近傍にある自由面がどのような挙動をしめすかを報告する。自由面の挙動が発破現象においておおきな意味をもっていることは、経験的によく知られている。この点に関するはつきりとした情報をつかむことは、それゆえ、発破のより効果的な説明のためにのぞましいわけである。

研究方法としては、前論文におけると同様に、発破

時の自由面の挙動について、現象的な記載をおこなうにとどめることにした。この点に対してはつきりとした機構があたえられていない現在においては、あらかじめ何等かの機構を仮定しこれによつて機構を解析することが、その機構で説明できない現象をすてることになるからである。

この論文では、自由面での挙動のうち、自由面がはがれて運動しはじめる時刻を報告することにする。

研究の対象としては、今回も大発破をえらんだ。前報告にものべたように、大発破においては、岩石の割目などの局部的影響を、ちいさいものとして無視することができるからである。

昭和37年8月1日受理

\* 旭化成工業技術研究所 東京都板橋区志村中台町