

報 文

雷 汞 雷 管 の 基 礎 的 研 究

(第一報 爆粉量と爆発率との關係)

(昭和24年7月8日受理)

又 木 武 一

(帝國火工品川越工場)

I 緒 言

從來雷汞雷管については、爆粉の壓搾壓力を増加するに従つて、雷管は爆発が困難となり、所謂死壓の現象が現われることが研究されている程度であるので、ここに雷管を構成して居る各部分に關して基礎的な研究を試みた。先づ第一に爆粉量と爆発率との關係を理論的に研究してその實驗を試みた。

II 理論的考察

雷汞雷管は導火線又は綿火薬の火焰で先づ爆粉が爆発し、此の爆発力に因つて添装薬が爆発を起すもので、從來の研究によると他の條件が總て同一の場合爆粉量が多い程爆発率は向上するから、今爆粉の爆発力が爆粉量 (x g) の S 乘に比例するものと考えて確率論から「起爆薬の感度について」参照) 爆発率 (y %) を理論的に計算すると次式が得られる。

$$y = 100 \left[1 - \left\{ 1.68 \left(\frac{x}{a} \right)^S + 1 \right\} \exp \left\{ -1.68 \left(\frac{x}{a} \right)^S \right\} \right] \quad (1)$$

但し a は爆発率 50% の臨界爆粉量を示す。尚 S は試験の條件、火薬の種類等で定まる常數で之を爆發特數と呼ぶ。

(1) の關係は縦軸に y を横軸に x をとつて圖示すると圖 1 に示す様な S 字型の曲線になる。

今 ($x=a$) 點の微分値を求めると

$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=a} = 52.6 \times \frac{S}{a}$$

$$\therefore a \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=a} = 52.6 \times S \quad (2)$$

S が一定の場合には (2) の左邊が一定となる。即ち (1) で示される各曲線上の a 點に於て曲線に引いた切線が y 軸延長上の一定點に集合する事になるから實驗から曲線を求め、臨界爆粉量で切線を引けば y 軸との交點から S の値が求められる。

III 爆粉量と爆発率

上の理論を確めるため爆粉量を変化させて爆発率を

求める。

(a) 試験方法

銅製の六號管に純白色のヘキソゲン (m. p. 199°C) を最初 0.25 g 次に 0.15 g を入れ毎回一箇當り 100~120 kg の壓力で壓搾する。この上に藥量を色々に變化した爆粉を裝填し、更に銅製内管 (長さ 4 mm 孔径 3 mm) を下向に入れて一定壓力で壓搾したものを試料とする。試料は各段階で 20 發以上を使用し導火線で點火爆發させ試験數と爆發數との比率で爆發率を求める。尙導火線は特に太く直徑 6 mm で外側にセラックを塗布した陸式のものを使用した。

(b) 試験成績

爆粉の壓搾壓力を雷管 1 箇當り 35 kg, 50 kg, 100 kg の 3 種類に變化して發火試験を行つた處次の爆發率を得た。

爆粉量 g	壓搾壓力 kg/個		
	35	50	100
0.12	26%	10%	5%
0.15	54*	30*	20*
0.16	61*	-	-
0.17	72*	50*	33*
0.19	78*	-	-
0.20	98*	75*	57*
0.22	98*	90*	75*
0.25	99*	98*	93*

これは縦軸に爆發率横軸に爆粉量を取つて曲線で結ぶと圖 1 の如き S 字型の曲線が得られ、(1) の理論式から求めた曲線と良く一致する。即ち (1) の理論式は實驗成績と一致する。

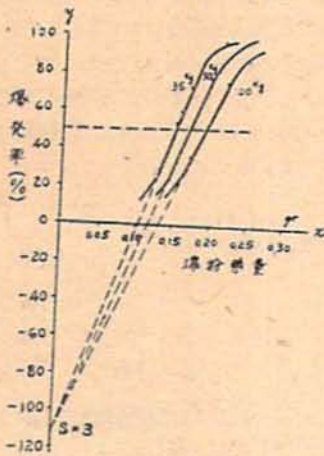
次に各曲線の a 點で切線を引くと總て y 軸の延長上の一定點 (-107) に集まるから、これから爆發特數を計算すると

$$S=3$$

となる。以後行つた雷汞雷管の實驗結果によれば S は

すべて3となつた。

圖 1



IV 臨界爆粉量

前項の理論式及其の實驗成績から考えて他の條件が同一の場合爆粉率—爆粉量曲線は交叉する事がないから、或一定の爆粉率を基準にすればその點に相當する爆粉量から雷管の良否を判定する事が出来る。この爆粉率の基準決定には(1)の曲線に引いた切線と横軸とのなす角の正切が最大の點が實驗誤差も少く比較し易い。即ち(1)式の微分値を取り $(\frac{dy}{dx})$ の最大を求めれば良い。(1)を微分すると

$$\left(\frac{dy}{dx}\right) = 100 \times \frac{(1.68)^2}{a^{2S}} x^{2S-1} \exp\left(-1.68 \times \left(\frac{x}{a}\right)^S\right) \dots\dots\dots (2)$$

(2)の極大、極小値は(2)を更に微分して

$$\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = 100 \times \frac{(1.68)^2}{a^{2S}} x^{2S-2} \cdot \exp\left\{-1.68 \left(\frac{x}{a}\right)^S\right\} \cdot \left\{(2S-1) - 1.68 \times S \times \left(\frac{x}{a}\right)^S\right\} \dots\dots\dots (3)$$

(3)が0なる爲の條件は

$$x_1=0, x_2=\infty, \left(\frac{x_3}{a}\right)^S = \frac{2S-1}{1.68 \times S}$$

x が0及 ∞ の場合は $\left(\frac{dy}{dx}\right)$ の極小値で第三番目の條件が極大値となる。

雷管雷管に関する各種實驗を行つた結果(1)式のSは總て3となつたから之を代入すると第三の條件から

$$\left(\frac{x_3}{a}\right)^3 = \frac{5}{5.04} \therefore \frac{x_3}{a} \approx 1$$

即ち(1)の曲線に引いた切線の正切が最大の點は x が略 a の附近にある事が判る。故に以後各實驗の結果から爆粉率—爆粉量曲線を引きその臨界爆粉量を求め之を雷管良否の基準に選ぶ事にした。

V 裝填方法に依る影響

(a) 爆粉の壓搾壓力

前に爆粉の壓搾壓力を變化した場合の爆粉率—爆粉量曲線を求めたが、之から臨界爆粉量を求めると次の値が得られる。

壓搾壓力 (kg/個)	35	50	100
臨界爆粉量 (g)	0.14	0.17	0.19

即ち壓搾壓力が増加するにつれて臨界爆粉量は増加するから段々爆發し難くなる。Muraour の實驗に依ると雷管を 700 kg/cm² (雷管1個に付 191 kg) 以上で壓搾すれば爆發せずに早に燃焼するだけとなる。従來これを死壓と稱している。

(b) 添裝藥の壓搾方法

添裝藥としてヘキソゲンを使用し、これを下に書いた5種類の方法で壓搾した後、爆粉を下向内管と共に 100 kg/個 の壓力で壓搾した試料に就て爆粉量—爆粉率曲線を求めた處 S は 3 となつた、これから臨界爆粉量を求め次表の結果を得た。但し二回壓搾の場合は最初 0.25 g を次に 0.20 g を裝填した。又内管の長さ 6 mm 孔径 2.5 mm のものを使用した。

No.	壓搾回数	第一回 壓搾壓力	第二回 壓搾壓力	臨界爆粉量
1	壓搾せず	-	-	0.170 g
2	1 回	50 kg/個	-	0.155 g
3	1 回	100 g	-	0.140 g
4	2 回	100 g	壓搾せず	0.170 g
5	2 回	100 g	100 kg/個	0.140 g

この結果から見ると No. 1 の壓搾しないもの及び(4)の2回目壓搾しないものが最も悪く 50 kg/個 壓搾のものが之に次いで、100 kg/個 のものが最も良い。今添裝藥の壓搾面を考えると壓搾する程薬面が低くなるからこれに爆粉を入れて 100 kg/個 で壓搾する時には薬面の高い程爆粉を壓搾して居る時間が長くなる。然し前の結果から爆粉の壓搾壓力は大きい程爆粉率は低下するから、壓搾時間の長い事は爆粉率が低下してその結果臨界爆粉量は多くなる。従つて添裝藥は強く壓搾する程好成績が得られる。

(c) 添裝藥量

添裝藥量を變化した場合、爆粉率の變化を研究する爲にヘキソゲンの量を 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 及び 0.6 g と變化し之を 100 kg/個 の壓力で一回に壓搾した後爆粉を下向の内管(長さ 6 mm, 孔径 2.5 mm) と共に 100 kg/個 で壓搾したものを試験した。その結果爆粉量—爆粉率曲線で S=3 となり之より求めた臨界爆粉量は次表の通りである。

添裝藥量 (g)	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
臨界爆粉量 (g)	0.135	0.135	0.140	0.140	0.135

即ち臨界爆粉量は添装薬量には依らずに略一定である。従つて爆粉が完全に爆発して添装薬を爆発させるのに充分な衝動量を発生すれば添装薬は必ず完爆する事が判る。

VI 導火線による影響

(a) 導火線の比較

上に述べた実験では總て陸式の導火線を使用した。導火線に依る爆発率の變化を研究する爲現在一般に使

用されている第一種導火線、陸式及び第一種導火線の雷管装入部分を紙テープで巻いて直径を太くしたものの三種類を使用した。三種の性能を次表に比較した。最後の欄の着火率は内径 6.5 mm のガラス管内に導火線を二本入れその距離を 5, 6, 7 cm と變化し、各 10 発宛試験し其の着火率を調べた。尙誘火導火線は三種類のを長さ 10 cm で使用し、感應導火線は總て第一種導火線を利用した。

導火線種	導火線直径 mm	末端火焰長 mm	燃焼速度 cm/s	長さ 1 m 内の 黒色火薬量 g	着 火 率		
					5 cm	6 cm	7 cm
第一種	5.1	70	0.84	4.5	10/10	8/10	5/10
第一種(太)	6.1	70	0.84	4.5	10/10	8/10	5/10
陸式	6.0	180	0.91	6.8	10/10	8/10	5/10

陸式と第一種には非常な差があつて含有黒色火薬の量が多い爲め末端火焰長は前者が後者の 2.5 倍であるが、火焰放出時間は反對に $\frac{1}{2}$ 以下になつてゐる爲め着火率は同一に現われたものと思われる。

(b) 導火線に依る影響

添装薬はヘキソゲン、爆粉は長さ 4 mm 又は 2 mm の内管(孔径 3 mm)と共に 1 箇當り 100 kg で壓搾したものを工業雷管とし、導火線は前項の三種類を使用して發火試験を行つた。実験の結果、爆粉量—爆発率曲線は理論式に良く適合し、S は 3 となつた。これから臨界爆粉量を求めると次の結果となる。

導火線種	内管長	
	4 mm	2 mm
陸式	0.19	0.28
第一種	0.23	0.33
第一種(太)	0.19	0.25

即ち導火線の種類と云ふよりも導火線の太さに著し

く影響され、導火線が太い程爆発率が良好で、従つて臨界爆粉量も減る事が判明した。

摘 要

- (1) 各種條件下に、爆粉量を色々變化して發火試験を行つた結果、雷管雷管に於て爆粉量と爆発率との關係は著者が先に導いた理論式に良く合致し、S は 3 となる事が判明した。
- (2) 爆粉量—爆発率曲線に引いた切線の正切が最大の點は計算の結果、臨界爆粉量の附近にあるからこの點を雷管良否の基準に選んだ。
- (3) 爆粉の壓搾壓力が高い程臨界爆粉量は増加する。
- (4) 添装薬の壓搾壓力は高い程臨界爆粉量は低下する。
- (5) 添装薬量の増減に拘らず臨界爆粉量は略一定である。
- (6) 導火線の外徑大なる程臨界爆粉量は低下する。