

鉄の粒度によつて発火温度は大なる影響を受ける。

(3) 発生熱量は極めて多く、その反応生成物は相当長時間高温を保つので、炭坑等に於てこれを延時薬としたミリ秒間段発雷管を使用するには更に種々の考慮を加える余地がある。

(4) この延時薬を比熱の高い不燃性物質で包めば相当程度の温度降下を期待することが出来る。

(5) 燃焼様式は2段階に分れ、第一反応は系内の固相に於ける酸化反応を、第二反応は不均一系酸化反応を行う。

(6) この混合物は珪素鉄 7.5% 辺で系内完全酸化

を行うと考えられる。

以上の実験は昭和 27 年度文部省科学研究費によつて行つたものである。

IX 文 献

- (1) 資源庁技術試験所九州支所報告 1952 年
- (2) J. Nagy, etc. (U. S. Bur. of Mines. May (1952))
- (3) 若岡吉一 (工業火薬秋期研究発表会報告, Oct. (1952))

Combustion of Minium-Ferrosilicon Mixture.

G. Yoshida, H. Osada & M. Sueyoshi.

The combustion properties of the minium-ferrosilicon mixture have been studied.

Ignition temperatures of the mixture vary with the ratio of ferrosilicon to minium. The grain-size of ferrosilicon gives the remarkable effects on the ignition temperatures, while that of minium gives little effects.

Maximum temperatures attainable in the combustion reaction of the mixture, the duration of high temperatures in the reaction products and the effects of wall of the reaction vessel were examined.

It seems the combustion occur in two steps: the first one is the oxidation reaction in the solid phase, the second being the heterogeneous reaction between solid and oxygen gas in air.

(Kyusyu Institute of Technology)

殉爆に関する研究

(第3報) 鉛板式アラストメーターに就て

須藤秀治・福山郁生

(中央大学工学部) (旭化成工業株式会社)

1. 結 言

鉛板式アラストメーターは鉛板の厚さを適当に選ぶ事により任意の圧力が測定出来、其の取扱いも簡便で

あり山家氏¹⁾、鈴木氏²⁾、Chemische technische Reichsanstalt³⁾により其の優秀性が述べられている。

筆者等は爆発より数 cm 乃至数 m の近距離に於ける衝動圧を本装置により測定した。

2. 装置の説明

1°. プラストメーターは鋼製で山家氏紹介のものと殆ど同型で受圧面は直径40.5mm, 面積1,288mm²である。

2°. 鉛板は歯科医用の小型圧延機を用いて各方面一様に圧延し厚さ1.5±0.01mm, 直径54mmとなし之を250°Cで1時間焼鈍して使用した。

3°. 補正装置として図1に示す様なブルドン管圧力計試験器を用い鉛板の凹み量と静圧との関係を求めた。即ちA部にプラストメーターをC部に圧力計を螺着した。Bは油槽でDのハンドルを廻転する事によりAに油圧を加える。其の時の圧力をBの圧力計で読む。

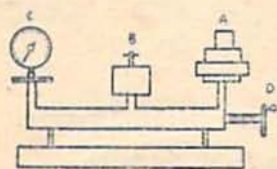


図1 測定装置

3. 圧力と凹み量

前述の装置により凹み量を測定した。

1°. 加圧時間と変化量

鉛板に一定の油圧を加えた場合凹み量は表1で示す様に20分間は時間と共に増加し次第で一定となる。

表1 加圧時間と凹み量

時間 (分)	荷重 kg/cm ²	凹み量 mm		
		5	10	15
0	3.4	3.4	5.8	8.0
1	3.6	3.6	6.15	8.6
3	3.9	3.9	6.65	9.8
5	4.05	4.05	7.0	10.8
10	4.1	4.1	7.5	破裂
15	4.25	4.25	7.8	
20	4.45	4.45	7.85	
25	4.45	4.45	7.9	

2°. 静圧と凹み量

静圧を加えてより20分後の凹み量は表2で示す如くである。

之より荷重 p と凹み量 h との関係は

- 1) 山家, 火兵学会誌 31 6 昭 13.
- 2) 鈴木, 火研甲 331.
- 3) Tahresberich d. C. T. R. III. S. 88, IV. S. 224, V. S. 238.

$$p=1.23h$$

で示される。

3°. 静圧と動圧との関係

表2

荷重 kg/cm ²	凹み量 mm	静圧と動圧との関係は筆者等の装置では求める事が出来ないが、之については鈴木氏によれば、鉛板式圧力計に於ては静圧凹量表の値に一定値を乗ずれば動圧を示す水晶圧力計より求めた値に等しくなる。而して此の値は
1	0.7	
2	1.8	
3	2.6	
4	3.6	
5	4.4	
6	4.9	
7	5.6	
8	6.1	
9	7.1	
10	7.8	
11	8.5	
12	10.0	

鉛板厚	校正値
0.5mm	1.3
2.0	2.0

である。

4. 爆薬よりの距離と衝動圧との関係

1°. 吊試験

径32mm, 50gの各種工業爆薬に6号雷管を附し図2に示す如くプラストメーターの眞上に吊し其の衝動圧による鉛板の凹み量を求めた。其の結果を表3及図3で示す。



図2 プラストメーターの位置

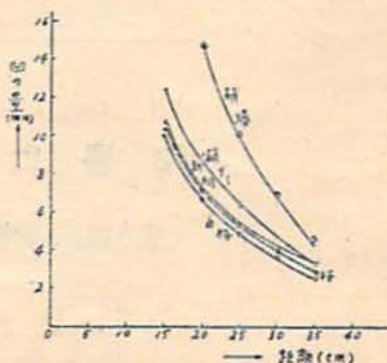


図3 距離と鉛板変形量

従つて距離—凹み量の関係は

$h=aD^b$ (D 距離, a, b 爆薬の種類に関する恒数)である。此の式より得たる計算値を測定値と比較すると表3に示す如くよく一致する。

表3 爆薬よりの距離と凹み量 (吊)

距離 D cm	凹み量 h cm														
	桜ダイナマイト $h=64.0D^{-1.5}$			新桐ダイナマイト $h=47.8D^{-1.40}$			白梅ダイナマイト $h=73.8D^{-1.57}$			硝安ダイナマイト $h=108.8D^{-1.60}$			硝安爆薬 $h=1699D^{-2.30}$		
	実測 値	計算 値	差	実測 値	計算 値	差	実測 値	計算 値	差	実測 値	計算 値	差	実測 値	計算 値	差
15	1.01	1.11	0.1	1.06	1.08	0.02	1.00	1.05	0.05	1.24	1.46	0.22			
20	0.72	0.72	0	0.71	0.69	0.02	0.67	0.67	0	0.90	0.90	0	1.48	1.70	0.22
25	0.52	0.52	0	0.54	0.53	-0.01	0.49	0.47	-0.02	0.64	0.63	-0.01	1.05	1.00	-0.05
30	0.39	0.40	0.01	0.41	0.40	-0.01	0.37	0.35	-0.02	0.48	0.47	-0.01	0.70	0.70	0
35	0.30	0.30	0	0.34	0.33	-0.01	0.26	0.28	0.02	0.34	0.36	0.02	0.43	0.47	0.04

表4 爆薬よりの距離と凹み量 (砂中)

距離 D (m)	凹み量 h cm								
	新桐ダイナマイト $h=207.4^{-2.72}$		白梅ダイナマイト $h=9.1D^{-2.52}$		硝安ダイナマイト $h=52.3D^{-2.50}$		硝安爆薬 $h=26.6D^{-0.50}$		
	実測値	計算値	実測値	計算値	実測値	計算値	実測値	計算値	
4			1.38	1.57					
5			0.95	0.93	1.29	1.29	1.05	1.03	
6			0.71	0.72	0.85	0.85	0.90	0.92	
6.5		1.28	1.27						
7		1.06	1.04	0.66	0.43	0.57	0.59	0.85	0.84
8		0.75	0.72						

表5 限界殉爆距離に於ける凹み量

凹み量 cm と限界殉爆距離 cm ()内の数字

第一薬包	桜ダイナ マイト	新桐ダイ ナマイト	白梅ダイ ナマイト	硝安ダイ ナマイト	硝安爆薬	平均凹 み量
第二薬包						
桜ダイナマイト	2.31(9)	2.61(8)	2.34(9)	2.04(12)	1.03(25)	2.32
新桐ダイナマイト	3.45(7)	3.14(6)	3.39(7)	3.81(8.5)	1.25(23)	3.45
白梅ダイナマイト	2.90(8)	2.61(8)	1.49(12)	2.04(12)	1.13(24)	2.26
硝安ダイナマイト	2.90(8)	2.61(8)	3.39(7)	2.73(10)	1.25(23)	2.66
硝安爆薬	(0.5)	(1.5)	(1)	(1)	(7)	

三種の膠質ダイナマイトは大略近似した値を示し、硝安ダイナマイトはこれより稍大、硝安爆薬は極めて大なる値を示す。

2°. 砂中管内試験

薬包を内径 35 mm の鋼管の一端に入れ他端にプラスチックを置き全体を厚さ 10 cm の砂で覆い距離と凹み量の関係を求めた。其の結果を表 4 に示す。

吊及砂中管内試験結果を比較すると、同一凹み量を示す距離は後者が著しく大で 30~80 倍の値を示す。

之は管内の試験は外部抵抗を有し完全爆発をなし且衝動波が方向性を有するものと思われる。

3° 工業爆薬の限界殉爆距離に於ける凹み量

各種工業爆薬の相互殉爆の限界殉爆距離に於ける鉛板凹み量を求めると表 5 の如くである。

之より第二薬包を一定とした場合之が感爆する距離は第一薬包の種類により異なるが其の点に於ける第一薬包の衝動波による鉛板の凹み量即ち衝動圧は種類の如何にかかわらず略一定である事が認められる。

第二薬包の感受性を見ると白梅、桜、硝安、新桐ダイナマイトの順に鈍感になっている。之を山本氏のダイナマイトの衝撃感度¹⁾の研究に於ける落錘感度の試験結果と比較すると概念的にはよく一致して居る。

1) 山本; 工業爆薬の爆速に関する実験的吟味, 工業火薬協会誌, 昭和 17 年 3 月。

2) 比較には落錘感度は限界爆点を、殉爆には 100% 完爆点をとり、又使用爆薬も山本氏の桐及硝安ダイナマイトの N/G 含有量は筆者等のものよりも約 5% 大である如く条件が稍異つて居る。

5. 衝動波の伝播速度

電磁オツシログラフを用い、T.N.T. 及新桐ダイナマイトの衝動波の鋼管(φ40mm, 肉厚4mm)内に於ける伝播速度を求めたり。

1°. 衝動波の減衰

T.N.T. 50g を径32mm 長さ100mm ($\lambda=0.95$) とし種々の間隔に於ける衝動波の通過時間を求めた。此の結果を表6及図4で示す。

表6
衝動波伝播時間

距離 D m	通過時間 t ms
1	0.53
2	0.79
3.5	1.57
6	3.61
10.5	8.45

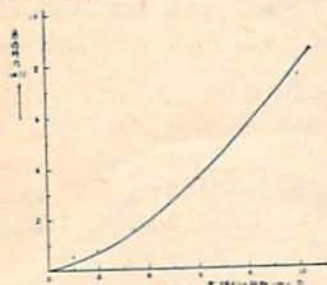


図4 衝動波伝播速度

Burlet¹⁾によれば爆薬の中心よりの距離 D と衝動波の伝播速度 W との関係は爆薬の爆速を W_0 とすれば

$$W = \frac{W_0}{1 + D^{1/3}}$$

で示される。

W は衝動波の速度であるから

$$W = \frac{dD}{dt}$$

$$= \frac{W_0}{1 + D^{1/3}}$$

とおける。従つて通過時間 t は次の如くなる。

$$t = \frac{1}{W_0} \left(D + \frac{5}{9} D^{3/2} \right)$$

表6の値を之に代入して W_0 を求めると

$$W_0 = 4,575 \text{ m/sec}$$

を得る。此の値は Marshall (Explosives II) により λ と爆速との関係で示される値 $W_0 = 4,550 \text{ m/sec}$ に近い。

$W_0 = 4,575 \text{ m/sec}$ を用いて衝動波の速度を求めると図5で示す如くなる。即ち $D=7\text{m}$ に於ける速度は $W=800 \text{ m/sec}$ である。此の場合の Rüdberg 或は

1) 鋼線及鉛箔條を衝動波で切断し其の時間差を求めたもので鋼線と鉛箔では其の設置する位置及材質の差異の爲に切断機構が異なる筈であるが、本試験では一定であると仮定した。

2) Min Art 5(1926) 935.

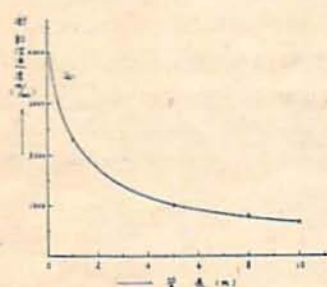


図5 各点に於ける衝動波速度

Schmidt²⁾によりて計算された値を見ると衝動量は次の如くである。

$$i = 17.1 \sim 18.2 \text{ kg/cm}^2$$

鉄管内に於ける T.N.T. による此の点の鉛板凹み量は11.8mmで此の衝動圧は 12.3 kg/cm^2 となる。

2°. 爆薬の形状と衝動波の伝播速度

1'. 薬長の影響

種々の薬長を有する新桐ダイナマイト(径32mm $\lambda=1.55$)の衝動波が6mの間隔を通過する時間 t を求めると表7及図6の如くなる。

表7 薬長と伝播時間

薬長 cm	薬量 g	6mを通過 時間 ms
5	62.5	3.75
9	112.5	3.20
15	187.5	2.90
20	250	2.90
30	370	2.90

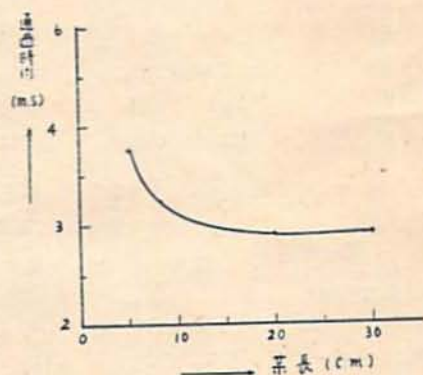


図6 薬長と衝動波伝播速度

通過時間は薬長15cm以上になれば一定となり最小値を示す。即ち桐ダイナマイトは15cm迄は完全な爆轟を示さず、次第に増大して15cmに至つてはじめて最高速度を出すものと思われる。

2'. 薬径の影響

薬長を一定にして薬径を種々変化した場合衝動波が6mの間隔を通過する時間を求めると表8 図7の如くなる。

之より見て衝動波の速度は爆薬の薬径50mm位迄は薬径に従つて大となる。即ち爆速に關係する。(薬径が大となれば爆速は大となる)。従つて殉爆距離が薬径に左右せられる事もうなづかれる。

衝動波の速度は爆薬に非常に近い点に於ては爆速よ

1) Artil Monatsh (1916) 山家: 爆発論講義。

2) Bichel (Glückauf 40 1040 (1904))

Dautrich (Compt rend. 143. 641(1906))

表8 薬径と衝撃波伝播時間

T.N.T $\Delta=0.95$			新桐ダイナマイト $\Delta=1.55$		
薬径 mm	薬量 g	6mを通過 する時間 ms	薬径 mm	薬量 g	6mを通過 する時間 ms
15.5	18	7.54	20	43.9	5.45
20.3	30.7	7.10	25	68.1	4.38
27.0	54	3.92	32	112.5	3.20
32.0	100	3.61	53	309	2.46
51.7	198	2.56	68	538	2.25
97.2	710	2.35	95	990	2.20

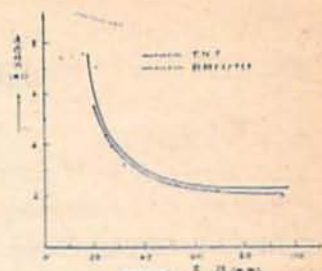


図7 薬径と衝撃波伝播速度

りも大りであるが稍はなれた点に於ける波速は其の爆薬の爆速に比例すると考えてよいであろう。

6. 総 括

1°. 殉爆試験に於て吊式は砂上式に比し其の結果にばらつきが少い。

2°. 鉛板式プラスチックの凹み量と圧力とは直線的関係を示す。

3°. 各種爆薬の相互殉爆の限界完爆点に於けるプラスチックの凹み量は第二薬包が一定なる場合には硝爆を除き略一定である。

4°. 感爆能は白梅、硝ダイ、桜は略一定の値を示し新桐は之等よりも稍鈍感である。硝爆は甚だ鈍感である。

5°. 爆点よりの距離 D と其の点に於ける衝動 P との関係は次式で結ばれる。

$$P=AD^{\gamma} \quad (A, \gamma \text{ 爆薬の種類に関する恒数})$$

6°. 新桐ダイナマイトの爆速は一端より15cmの位置より最高の一一定値を示す。

7°. $\Delta=0.95$ の T.N.T 及新桐ダイナマイトの衝撃波速度は径 50mm 以上となれば略一定値を示す。

本研究の一部は文部省科学研費に依つたものである。

本研究に当つては新美博士に種々の助言を、実験実施の際後藤、宮末、月俣氏の御援助を頂いた。茲に深謝の意を表する次第である。

1) 須藤 (工業火薬協会講演 昭 26 年 4 月)

Studies on Sympathetic Detonation III

Hidedi Sudo, Ikuo Fukuyama.

This report is part of the mechanism of sympathetic detonation, the results of experiments on the intensity of shock waves, and the relation between the intensity of shock waves and the distance within which sympathetic detonation will occur.

In this experiment the intensity of shock waves is measured by the height of the concavity on the lead-plate blast-meter which is caused by the explosion.

The distance D and the intensity of shock wave P are related as expressed in the following formula;

$$P=AD^{\gamma} \quad (A, \gamma, \text{ constant})$$

When different sorts of explosives are used in the first cartridge, the range of sympathetic detonation, that is, the maximum distance at which the first cartridge will explode the second cartridge varies in each instance. However, the height of the concavity indicated on the lead-plate blast-meter is almost identical in all cases. Hence, the critical intensity of the shock wave which is required to detonate the second cartridge is almost identical in all cases, although the range of sympathetic detonation varies in ratio with the strength of the first cartridge. A stronger explosive used in the first cartridge will produce a sympathetic detonation at a greater distance than will a weaker explosive, but both sympathetic detonations will occur at points where the intensity of the shock wave is of almost identical strength.

The velocities of shock waves caused by explosion of dynamite are constant when their diameters are greater than 50mm.