

- I. The first pair of pins
- II. The second pair of pins
- 1: Detonator
- 2: No.2 Mining Explosive Charge

Fig. 2 Assembly for the measurement of the average detonation velocity

(1) 雷管の底から0~5cmの所での受爆包の平均の爆轟速度をイオンギャップ法で測定した。カウンターの精度は1 μ sのものを使用した。

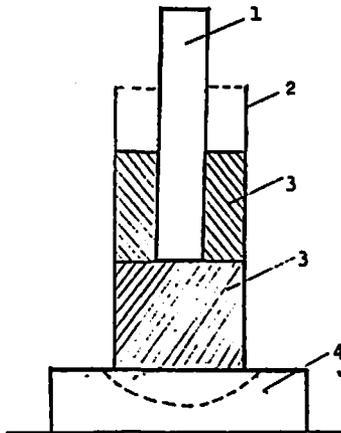
結果をTable 1に示した。3種類の雷管とも、平均爆速の値は殆んど同一であった。

(2) 鉛板の凹みの容積も同時に測定した。試験の装置をFig. 3に示す。凹みの深さはマイクロゲージを用い、容積はNo.60の篩を通過させ、洗滌乾燥を施した砂(仮比重は1.3)で測定した。

雷管の下側にある受爆薬は比重が1.0g/cm³、その重量を1gから4gに変化に変化させ、雷管部周辺の爆薬は1gとして雷管は電気点火した。結果をFig. 4に

Table 1 Average detonation velocities

Shell Materials	Bottom Shape	Average Velocity (m/s)	Standard Deviation σ , (m/s)	No. of Shot
Cardboard	Flat	2,390	106	10
	Concave	2,360	63	10
Copper	Flat	2,409	45	10
	Concave	2,339	28	10
	Convex	2,466	48	10
Aluminium	Flat	2,406	960	10
	Concave	2,396	87	10
	Convex	2,458	111	10



- 1: Detonator, 3: No.2 Explosive Charge
- 2: Cardboard Tube 4: Pb-Plate

Fig. 3 Assembly for the determination of dent volume

プロットして示した。

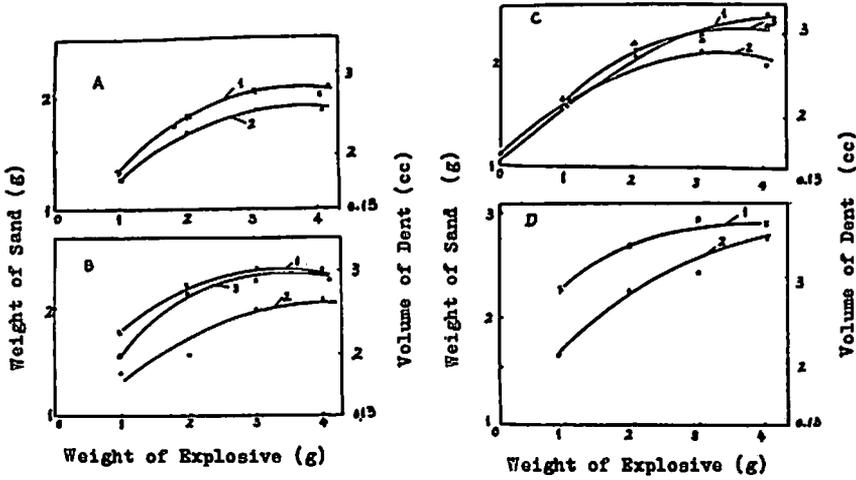
Fig. 4の曲線から見ると、平底雷管は凹みの容積で見ると、幾分強い起爆力をもっているようである。凹みの深さは測定値がばらついていて、この値では威力の判断の参考にはならないので、凹み容積の値を考慮した。

雷管の管体材質が裸であっても、金属であっても、また、受爆薬がNo. 2 Mining Explosiveであっても、TNTであっても、平底雷管はその他の底形形態のものいづれよりも幾分強い起爆力を示していると言えよう。

(3) 鈍性化した受爆薬包の起爆

受爆薬として使用された爆薬は固体粉状の塩化ナトリウムで鈍性化した。この実験では、雷管は受爆薬の上に置いた (Fig. 5 参照のこと)

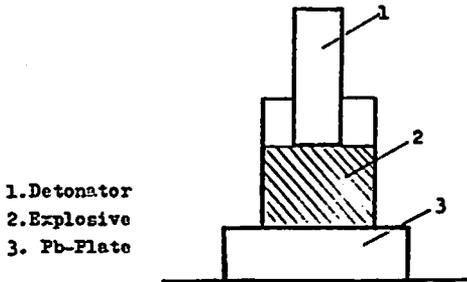
結果をFig. 6に示した。測定値をプロットすると、1本のカーブしか描かれなかった。従って雷管の種類による差はなく、恐らく同一であると言って良いようである。



A: Cardboard- No.2 Mining Explosives
 B: Copper- No.2 Mining Explosives
 C: Aluminium- No.2 Mining Explosives
 D: Cardboard- TNT

1: Flat Bottom
 2: Concave Bottom
 3: Convex Bottom

Fig. 4 Dent volume for various kinds of detonators



1. Detonator
 2. Explosive
 3. Pb-Plate

Fig. 5 Assembly for determination of the dent volume of phlegmatized explosives

(4) 殉爆試験 (Air Gap Test)

Fig. 7 に示される Air Gap Test には, Bruceton 氏の方法を採用した。受爆包として TNT (比重=1.50) を用い, 25 回以上の試験で, 起爆する確率が 50% のところの距離を求めた。結果を Table 2 にまとめたが, それに依ると, データは際立ってまちまちのようである。例えば, ボール紙で包み底が裸で底上げの雷管では, 平底のものより幾分起爆力が良いようだし, かと思うと, 銅, あるいはアルミの場合には, 平底の方が底上げあるいは凸底のものより受爆包に対して, はるかに強い起爆力をもっている。これは起爆機構が異なる

Table 2 Distance of 50 initiation

Detonator	Cardboard		Copper			Aluminium		
	Flat	Concave	Flat	Concave	Convex	Flat	Concave	Convex
Distance (mm)	4.0	5.37	6.96	1.96	1.47	25.4	2.5	3.67
Standard Deviation (mm)	0.36	0.42	0.49	0.69	0.63	0.81	0.13	0.87

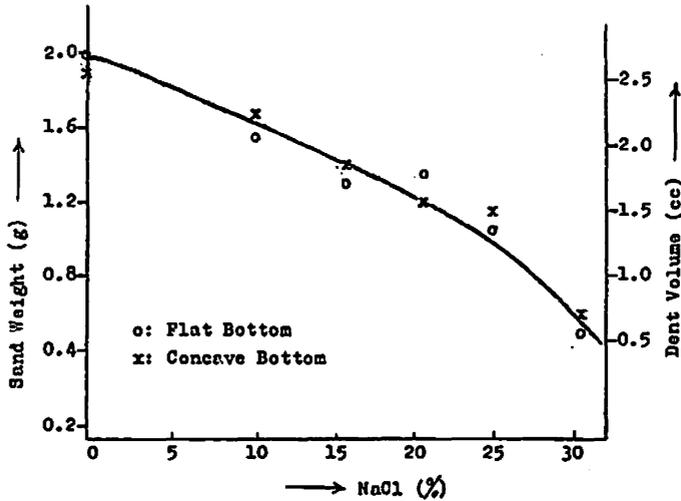


Fig. 6 Dent volume of Pb-plate

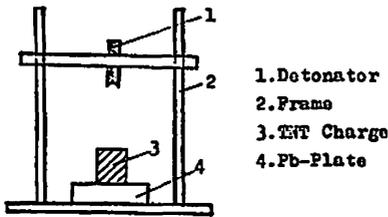


Fig. 7 Assembly of Air Gap test



Photo 1 The explosion of a concave bottom detonator

ためであろう。

3. 実験結果の考察

1. 雷管を起爆包の中に直接挿入した時は、その起爆力は底型がどんな種類のものであっても、ほぼ同一のようである。この結果は雷管からの金属破片のジェットが高温でかつ、高速で、それがより優れた起爆力となるというこれまでの考え方に疑問を生じさせるものであろう。この結果により明解なる説明を施すために、幾つかの実験を追加した。即ち、0.5cmの殉爆距離の Air Gap Test を下記に示す4種の雷管を用いて実施した。4種の雷管の諸元は：

- i) 底上げ雷管, ii) 平底雷管, iii) 底上の凹みの部分に少量の粘土を付着させた底上雷管、そして、
 - iv) 同じく底上部分に TNT をのせた雷管である。
- それぞれについて以下の結論が得られた。

- i) 底上雷管では金属ジェットが形成され、Al 板上にあいた穴の径は1mm以下で、深さは20mm以上であった。
- ii) 平底雷管では、デント試験で最大の値が得られる。
- iii) 粘土をつけた底上雷管ではデント試験で小さい

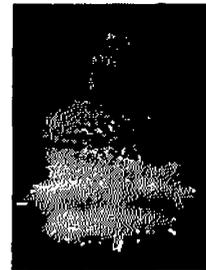
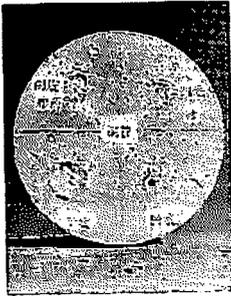
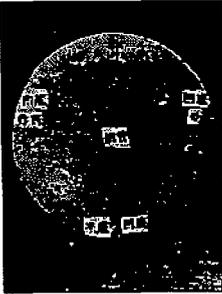


Photo 2 The explosion of a concave bottom detonator with a little TNT powder on its end (no jet is shown)



(Cu)



(Al)

Photo 3 Dents of Cu and Al detonators

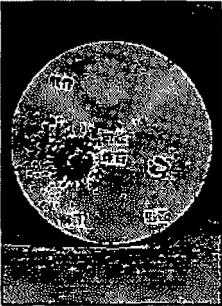


Photo 4 Dents of detonator with explosive on their ends

値が得られる。

iv) TNT(粉末)をつけた底上雷管では、デント容積は最小値を示し、深さも最小であった。そこで、底上部分に固体粉末を置いた場合には、金属ジェットは形成されなかった。従って雷管の起爆力は雷管種類による起爆力に本質的な差を与えない衝撃波によってのみ定められるものである。

2. さらに底上げ雷管の場合に、より強い起爆力が存在するかどうかを確認するため、補助手段として、TNT Charge (=1.5g/cc) との Gap 幅を 10mm、銅板を確認板とした Air Gap Test を追加実施した。

結果は平底雷管が最も鮮明な爆轟の痕跡を示した。しかし乍ら、底上げ雷管は確認板に小さなジェット・ホールを形成するほどの金属ジェットを生じるが、これが TNT の受爆包を貫通しても爆薬包は起爆されなかった。従って、金属ジェットは銅板上にも深いジェットホールを作る力はあるが、それは TNT を起爆させることは出来ない。(No.2 Mining Explosive も同様に起爆させることは出来なかった。)

結論は次の通りである。

(1) No.2 Mining Explosive で行った場合、雷管を直接受爆薬のなかに埋め込んだ底上雷管と平底雷管とでは爆発威力はほぼ同じである。

(2) TNT および No.2 Mining Explosive (この方が鈍感である) を用いた Air Gap Test では、底上雷管は金属ジェットを形成するにもかかわらず、平底雷管の方が底上げ雷管より遠い距離から爆薬包を起爆させることが出来る。

雷管の金属ジェットによる爆薬への起爆機構につきさらに研究する必要がある。

文 献

- 1) C. H. Johansson & P. A. Persson; Detonics of High Explosives p. 137 (1970)
- 2) 井田一夫; 工業火薬協会誌 24 (3) p. 135 (1960)
- 3) J. Barret & M. Sistila; Out Investigation of XM 100 Electric Detonator, AD A000916 (1974)

Effect of the Bottom Shape of a Detonator on its Detonating Strength

by Rui-Jiao CAI* and Fu-Mei CHEN*

The detonating strengths of detonators with various bottom shapes are here discussed using No. 2 mining explosive as acceptors. In order to have the results in good correspondance with practical conditions, the acceptors were arranged in direct contact with detonators; and in order to have the results comparable with other explosives the detonating strength in air gap test were determined additionally with TNT, and phlegmatized mining explosive as acceptors.

The results obtained show that under direct contact condition concave bottom detonators have somewhat weaker detonating strength than flat bottom detonators, but in air gap test, detonators with card-board confinement and bare bottom gave diverse data. Moreover from the average detonating velocity and phlegmatized acceptor test, there is little defference between them. So a conclusion may be drawn that it is perhaps unnecessary to make the detonator bottom concave.

(*Department of Chemical Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing, China)

ニュース

事故情報—トリシネートの爆発事故

1981年7月22日午前8時30分、ギリシャの Elefsisにある Greek Powder and Cartridge Company S. A. のトリシネート（スチフニン酸鉛）分隴・秤量工室で爆発事故が発生した。気温は34℃、相対湿度は60%であった。この工室は安全小室と、硬いコンクリート壁を隔てて隣接する分隴・秤量小室とかなり、分隴・秤量小室中の転倒機構を備えた装置を安全小室から遠隔操作して薬の転倒と分隴を行なうものであるが、薬の転倒が終了し、作業者が容器をとり、秤量・運搬のため分隴・秤量小室に入っていた時、トリシネート1kgが爆発し、作業者は死亡し、機械が破壊され、壁、屋根の一部が崩落した。原因は不明だが、容器の衝撃か落下が考えられる。安全対策としてはもっとよい転倒装置の設計、取扱手順の改良、さらに自動化することが検討された。

出典：国際火薬類事故情報交換会報告

Accident Report No. 376 (衣山太郎)

事故情報—ペンスリットの爆発事故

1980年12月17日13時30分、ギリシャの Elefsisにある Greek Powder and Cartridge Company のペンスリット乾燥工室で爆発事故が起った。気温14℃湿度61%であった。壁が煉瓦、屋根がコンクリート、周囲が土壁の工室内で熱風循環式電気乾燥機によりペンスリットを乾燥中強い爆発が起った。爆発したペンスリットは250kgで、建物、送風機、周囲の建物の大きな被害をあたえ、煉瓦、木片、金風片および非火薬物質等の破片で23名が微傷を受けた。原因は不明だが、温度調節機の不良による物質の過熱か、静電気か、温度調節過程における人の過失かが考えられる。対策としては熱風乾燥への切替、災害警告信号を与える熱感応機構をもつ装置の設置、新しい電気防護および燃制御装置の設置が検討された。

出典：国際火薬類事故情報交換会報告

Accident Report No. 375 (衣山太郎)