

雷管による爆薬起爆の研究

[第2報：雷管の衝撃による起爆（その2）]

井田 一夫*

第1報に於ては本研究に関する基礎的事項を文献によつて調査し、衝撃振子によつて各種雷管の衝動量及び空中に於けるその減衰傾向を測定した。第2報に於ては球試験による雷管衝動量の測定、衝動量より爆轟圧力の算出及び雷管の衝撃力で爆薬が起爆出来るかどうかを直接測定する方法としての SPHF 法について述べる。

Ⅲ. 球試験による雷管衝撃力の測定

雷管の衝動量を衝撃振子より更に簡単に測定する方法として、筆者は球試験を提案する。

球試験とは適当な一定重量の金属球を雷管と接触させ、地面より一定の高さに於て雷管を爆発させて球の飛行距離を求め、その距離によつて雷管の衝撃力を測定するという極めて簡単な方法である。勿論雷管の爆発によつて球は変形するので一回しか使用出来ないが、金属球として鉛の球を使用すればその球は改鋳により繰り返して使用出来るので、鉛板試験と同様に試験の経費は安価であり、操作も簡単であるから、日製品の威力測定にも充分使用し得る可能性がある。

3.1 測定 の 原理

図1の如く球と雷管とが接触した状態で雷管を発火させると球は左方に飛び出す。この時の球の質量を M 、初速を v_0 とすれば、衝撃振子の場合と同様に雷管の衝動量 i は

$$i = Mv_0 \dots\dots\dots(1)$$

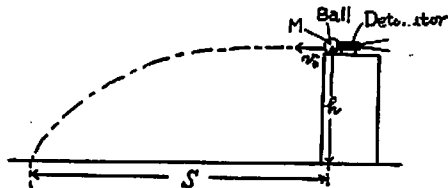


Fig. 1 Principle of ball test

M : mass of ball v_0 : initial velocity of ball
 S : flying distance h : height of ball

によつて求めることが出来る。 v_0 は球の高さ h 、球の飛行距離 S が既知の場合には、放物体の運動として次式によつて求められる。

$$v_0 = \sqrt{g/2h} \cdot S \dots\dots\dots(2)$$

g : 重力の加速度

式(1)、(2)より次式が成立する。

$$i = M \cdot S \cdot \sqrt{g/2h} \dots\dots\dots(3)$$

即ち、一定重量 M の球を使用し、球の高さ h を一定とすれば、球の初速 v_0 、及び衝動量 i は何れも飛行距離 S に比例する値として計算することが出来、更に第1報2.1項で述べた雷管の猛度 B 及び球の運動のエネルギーは次式によつて計算出来る。

$$B = i/A \dots\dots\dots(4)$$

A : 雷管の断面積

$$E = \frac{1}{2} Mv_0^2 \dots\dots\dots(5)$$

然し実際には一定の M 、 h の場合について、 S に対する v_0 、 i 、 E の関係をグラフにして置けば、球の高さ重量が変わらない限り、 S から直ちに v_0 、 i 或は E を求めることが出来る。

3.2 測定 装 置

実際の測定装置は写真1の如くであるが、この装置では砂面から球の中心までの高さ $h=50\text{cm}$ である。



Photo. 1 Apparatus for ball test

昭和36年5月2日受理

* 日本化学株式会社折尾作業所火工品研究課

又球は雷管の爆発によつて損傷を受けるので毎回新しいものを使用する。球の材質としては、球の変形によるエネルギー損失をなるべく少くするためには、鋼球のような硬いものがよいが、鉛球を使用すると改鋳が出来て試験費用の節約となる。球の重量は大き過ぎると飛行距離が余りに小さくなつて測定誤差が大きくなり、重量が小さ過ぎると球が飛び過ぎて砂上の痕跡(落下地点)を探すのが困難となるので、50g 附近が最も適当である。従つて筆者は通常の試験には約 50g の鉛球を使用することにしてゐる。

次に上述の測定装置即ち球の高さ $h=50\text{cm}$ 、球の質量 $M=50\text{g}$ の場合の飛行距離 S と v_0 、 i 、 E との関係をグラフに示すと図 2 の如くである。これにより、例えば $S=250\text{cm}$ の場合には点線矢印に従つて、 $v_0=7.3[\text{m. sec}]$ 、 $i=3.9 \times 10^4 [\text{g} \cdot \text{cm/sec}]$ 、 $E=1.56 [\text{joule}]$ と直ちに求め得る。

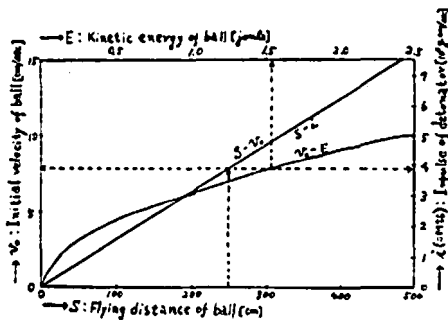


Fig. 2 $\left(\begin{matrix} S-v_0 \\ S-i \\ S-E \end{matrix} \right)$ relation in ball test
with $\begin{cases} \text{height of ball } h=50\text{cm} \\ \text{mass of ball } M=50\text{g} \end{cases}$

3.3 測定法の吟味

球試験に於ける測定誤差としては、① 球の変形破壊による非弾性体としての作用(球の弾性が小さくなると雷管の爆発衝撃がそのまま球に伝達されなくなり、球が完全弾性の場合にのみ雷管の衝撃が損失なく全部球に伝達される)。② 球が飛行中に受ける空気抵抗等が考えられる。然し乍ら雷管の衝撃による 50g の

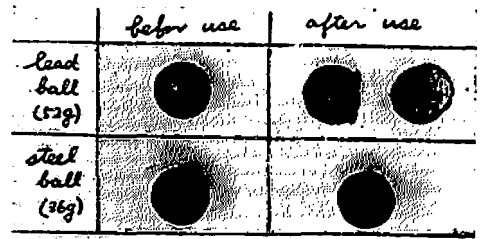


Photo. 2 Deformation of metal ball

球の飛行速度は約 5m/sec であり、この程度の速度では空気抵抗は殆んど無視することが出来るので、ここでは変形の大きい鉛球を使用することがよいかどうかについて検討する。

又球試験によつて測定される量は衝動量と考えるべきか、エネルギーと考えるべきかについて、球の重量を変えて吟味することとする。

(a) 球の材質によつて測定値に差がないか

写真 2 の如く鉛球は雷管爆発後の変形がはげしいが、これに比べて鋼球は雷管爆発により殆んど変形しない。従つて鉛球と鋼球とで衝動量或は運動エネルギー E の値が異なるかどうかを知つて置く必要がある。

試料としては日本化薬製 6 号瞬発電気雷管を使用し、球は 52g の鉛球及び 36g、133g の鋼球を使用した。試験法は図 1 に示した如くであり、球の高さ $h=50\text{cm}$ とした。試験結果を表 1 に示す。

即ち、表 1 によつて衝動量は鉛球でも鉄球でも同じ値となることがわかつた。鉛球は雷管の爆発による変形がはげしいが Mv_0 の値は鉄球と同様に測定出来る又運動のエネルギーは球の材質に関係するというよりむしろ球の重量増加と共に小さくなる傾向が認められる。

(b) 球の重量によつて測定値に差がないか

同じ材質の球を使用して球の重量を種々変えた場合でも、衝動量或は運動エネルギー E が同じ測定値を示すならば、その測定値は物理的な意味を持つと思われるが、異つた値を示すならばそれは物理的な意味のないものといわねばならぬ。この点を検討する試験を行つ

Table 1 Effect of material of ball in ball test

ball		flying distance of ball (S)	initial velocity (v_0)	impulse ($i=Mv_0$)	kinetic energy ($E=\frac{1}{2}Mv_0^2$)
material	weight				
steel	36g	275 (mean value)	860	3.10×10^4	1.33×10^7
	133g	52	260	3.45×10^4	0.45×10^7
lead	50g	200	620	3.27×10^4	1.02×10^7

Note: v_0 , i and E are calculated from S.

Table 2 Effect of weight of ball in ball test

weight of steel ball	flying distance of ball (S)	initial velocity (v_0)	impulse ($i=Mv_0$)	kinetic energy ($E=1/2 Mv_0^2$)
g 36	cm 275 (mean value)	cm/sec 850	gr·cm/sec 3.10×10^4	erg 1.33×10^7
133	72	260	3.45×10^4	0.45×10^7
205	53	170	3.49×10^4	0.30×10^7
271	35	110	2.98×10^4	0.16×10^7

Note: v_0 , i and E are calculated from S .

Table 3 Impulsive force at the bottom end of detonator by ball test

		flying distance of ball (S)	initial velocity (v_0)	impulse ($i=Mv_0$)	brisance ($B=Mv_0/L$)
		cm	cm/sec	gr·cm/sec	gr/cm·sec
fulminate detonator	No. 3	121	370	1.8×10^4	0.6×10^5
	No. 6	146	450	2.3×10^4	0.76×10^5
	No. 8	183	570	2.8×10^4	0.93×10^5
fulminate/tetryl detonator	No. 3	155	480	2.4×10^4	0.79×10^5
	No. 6	172	540	2.7×10^4	0.89×10^5
	No. 8	195	610	3.1×10^4	1.01×10^5

た。

雷管試料には日本化薬製の6号瞬発電気雷管を使用し、球としては重量 36g, 133g, 205g, 271g, 合計四種類の鋼球を使用した。試験方法は (a) の場合と同様である。試験結果を表 2 に示す。

表 2 によれば衝動量は球の重量に関係なくほぼ一定であるが、運動エネルギーは (a) の場合と同様に球の重量が大きくなるに従って小さくなる。即ち球試験により衝動量を求めることは物理的な意味があるが、運動エネルギー E は意味がないということが出来る。

3.4 標準雷管雷管及び混成雷管の衝撃力の測定

雷管試料としては国際規格による 3, 6, 8 号雷管標準雷管及び現行 JIS によるテトリール混成雷管を使用した。球の重量 M は 50g, 高さ h は 50cm である。

測定結果を表 3 に示す。即ち雷管号数と共に衝撃力 (衝動量) が大きくなり、又同じ号数ならば雷管標準雷管よりもテトリール混成雷管の方が強力であることは衝撃振子による試験結果と同様である。

3.5 衝撃振子による衝撃力と球試験による衝撃力との比較

雷管底方向の衝動量は衝撃振子によつても球試験によつても求め得るが、全く同じ試料雷管を使用して得た第 1 報の表 3 と本報の表 3 とを比較してプロットしたものが図 3 である。

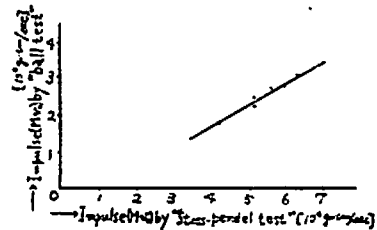


Fig. 3 Correlation between "Stoss-pendel" test and ball test

即ち、衝動量及び猛度の絶対値は球試験では衝撃振子に比べて約半分であるがオーダーは両者で一致している。即ち雷管の衝動量が cgs 単位で 10^4 のオーダーであり、猛度が 10^5 のオーダーであることは確実と思われる。球試験の衝動量が衝撃振子の場合より小さいのは、衝撃を受ける面積が球の方が振子より小さいこと、及び球は球面に衝撃が加わり振子は平面に衝撃を受けるので、球の場合には衝撃の損失があるためと思われる。

又図 3 によると、衝撃振子による Mv_0 と球試験による Mv_0 とは良好な直線関係を示し、両者の絶対値は異つても雷管衝撃力の比較値の測定法としては、両者共相当信頼度の高いものであると思われる。

IV 衝動量と爆轟圧力との関係

衝撃振子或は球試験で測定し得るものは衝動量であ

るが、その絶対値を吟味するためにも又物理的意味を明確にするためにも、衝動量を爆轟圧力に換算することが望ましい。

火薬類の爆轟圧力の実測は不可能であるが、日野氏等⁷⁾は爆速と装填密度から爆轟圧力を計算する式を導出し、これを図によつて求める便利なノモグラムを発表した。従つて雷管添装薬の爆速と装填密度より添装薬末端の爆轟圧力は計算出来る。

一方、衝動量 Mv は力積 Ft に等しいので、雷管の爆発の際、衝撃を与えた時間 t がわかれば、衝撃振子等によつて測定された Mv の値から F が計算出来、これより爆轟圧力が計算出来る。

従つて本項に於ては、以上2つの方法によつて雷管の爆轟圧力を計算し、両者が一致するかどうかを吟味することとする。

4.1 爆速と装填密度より爆轟圧力の計算

(a) 雷管装薬の爆速と密度

雷管内の装薬の爆速に関する実測値は極めて少ない。又木氏²⁾は熱水力学的爆轟論に Eyring 氏の Curved front theory を適用し、雷米爆粉の爆速は 4,300m/sec、添装薬テトリール（装填密度 $J=1.2$ ）では 5,270m/sec であると計算した。又雷管内に装薬を圧搾するときには管口部より圧搾するので、装薬の密度は管口方向が大きく管底部では小さい。添装薬は二回に分けて圧搾しても雷管底部末端の装填密度は15%低下するので爆速は 4,600m/sec であるとした。但しこれ等は何れも計算値であつて実測値ではない。

木下氏³⁾は日野氏の可変反応帯爆轟論⁷⁾を雷管内装薬の起爆伝爆の問題を適用し、起爆薬の起爆条件、起爆薬より添装薬への爆轟の転移条件を求めるために、種々の薬径の DDNP 及びテトリールの爆速を廻転カメラにより実測した。その結果銅管体内のテトリール ($J=1.55$) の爆速は 6,200m/sec であつた。又ガラス管に装填した場合は装填比重 $J=0.8$ 以上には出来ないで爆速は 4,500m/sec であつた。ガラス管内のテトリール爆速については Shepherd 氏の 4,660m/sec ($J=1.1$) という実測値もある。

雷管末端の爆轟圧力計算のために最も知りたいのは、銅管体内の添装薬の爆速であるが、銅管体にする不透明となつて廻転カメラによる測定は出来ない。木下氏による測定法は銅管体の側面に等間隔にピンホールをあけ廻転カメラを使用したものであるが、この場合装填密度 $J=1.55$ となつている。従つて実際の工業雷管の装填密度（圧搾圧力は 100kg/本）を検討する必要があるが、福山氏⁹⁾の詳細な測定によると圧搾圧力 100kg/本に於ては $J=1.4$ であり、粉体圧搾に関する又木氏の理論¹⁰⁾より管底部末端では密度が15%

低下するとして末端の装填密度は $J=1.2$ と考えるのが妥当と思われる。従つて木下氏の実測 ($J=1.55$) を $J=1.2$ の場合に換算すると 6,300m/sec が 4,600m/sec となる。

又定田氏¹¹⁾等はコンデンサー法により雷管添装薬（テトリール）の平均爆速を実測し、約 5,600m/sec の値を得ている。管底部末端では装填密度が小さいことを考慮すれば末端の爆速は 5,000m/sec 程度であると思われる。

即ち種々の報告を総合すると雷管底部でテトリールの爆速 $D=5000$ m/sec、装填密度 $J=1.2$ と考えるのが妥当と思われる。

(b) 爆轟圧力の計算

日野氏等⁷⁾による爆轟圧力の計算式は

$$P=0.000424D^2J(2-543J+0.193J^2) \text{ [cgs 単位]}$$

であるが、実際には同氏の提案によるモグラムを利用した方が便利であるからこれによつて求めると $D=5,000$ m/sec、 $J=1.2$ の場合には、爆轟圧力 $P=80,000$ kg/cm² となる。

4.2 衝動量より爆轟圧力の計算

(a) 衝動量

雷管爆発の際の衝動量 Mv は、既述の如く球試験では衝撃振子に比べると若干の損失があつて絶対値が小さく出るので、ここでは衝動量の絶対値として衝撃振子による実測値を採用することとする。

衝撃振子によるテトリール混成混成雷管の衝動量は、第1報 2.4 項で述べた如く6号雷管底方向の場合に 5.7×10^4 [g·cm/sec] である。

(b) 衝撃時間

雷管の爆発により振子に衝撃を与えている時間の測定は困難であるから推定する外はないが、第1報の写真3によれば、2コマ目即ち数 μ sec 後には爆轟は大体雷管末端部まで伝達していると思われる。又一方雷管装薬の爆速は爆粉部分も含めて平均 4,000m/sec 程度と推定されるので、6号雷管の薬高 2cm を伝達するに要する時間 τ は

$$\tau = 2 \text{ [cm]} / 4,000 \text{ [m/sec]} \\ = 5 \times 10^{-6} \text{ [sec]} = 5 \mu \text{ sec}$$

となり、シェリーレン写真（第1報の写真3）による観察と一致する。

然し乍ら衝撃振子に衝撃を与えるのは雷管底部の末端であるから、爆発所要時間 τ がそのまま振子の衝撃時間 t にはならないであろう。そして恐らく衝撃時間 t は爆発所要時間 τ よりも更に小さいと思われる。従

つて t をこの半分と仮定すれば

$$\text{衝撃時間 } t = \tau/2 = 2.5\mu \text{ sec}$$

となる。

尚実際の振子の振れは、雷管の爆発衝撃のみでなく爆発ガスの膨脹による推進作用にも影響されると考えられるが、衝撃振子や球試験で球の動き始めの速度の変化を実測したところによると、雷管が爆発してから振子や球が動き始めるまでの時間の遅れは認められず、又振子や球が動き始めてから加速されることも認められない。従つて振子や球は雷管の爆発衝撃のみで動くと考えて衝撃時間を上記の如く推定することとする。

(c) 爆轟圧力の計算

衝動量は力積に等しいので $Mv = Ft$, $F = Mv/t$ となる。 F は衝撃力、 t は衝撃時間である。この式に (a) 項、(b) 項で求めた Mv 及び t の値を代入すれば

$$F = 2.28 \times 10^{10} \text{ [g} \cdot \text{cm/sec}^2\text{]}$$

これを重力の加速度で除すれば振子に働いた全爆轟圧力 P' を得る

$$P' = 228 \times 10^{10} \text{ [g} \cdot \text{cm/sec}^2\text{]} / 980 \text{ [cm/sec}^2\text{]} = 23,300 \text{ [kg]}$$

これは雷管底部の断面積 $0.302 \text{ [cm}^2\text{]}$ による圧力であるから単位面積当りの雷管爆轟圧力は

$$P = 23,300 \text{ [kg]} / 0.302 \text{ [cm}^2\text{]} = 77,000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$$

となる。

4.3 爆速より計算した爆圧と衝動量より計算した爆圧との比較

上記計算結果によれば、爆速より計算した爆圧は約 $80,000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ であり、衝動量より計算した爆圧は約 $77,000 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ であつて大体一致している。衝動量による計算には衝撃時間 t を爆発時間 τ の半分と仮定したことに疑問の余地はあるが、それにしても両方法による計算値が一致することは、衝撃振子によつて測定された衝動量 Mv の値が絶対値として大体信頼してよいことを示していると思われる。

又この計算によつて、衝撃振子や球試験によつて求められる衝動量、及び J. F. Roth 氏が定義した猛度の概念が実用上の圧力単位で示され、雷管衝撃力の測定量である衝動量の物理的意味が明確になつたと考える。

V 雷管の衝撃のみによる爆薬起爆試験

既述の如く雷管によつて生ずる衝撃波の初期速度は

横方向へ約 $3,000 \text{ m/sec}$ 、底方向へ約 $2,000 \text{ m/sec}$ であり、一方 SPHF 法による爆薬の臨界衝撃感度は Composition B については約 $3,000 \text{ m/sec}$ と報告されているので、雷管の衝撃力は爆薬を起爆し得るか否かの臨界点附近にあると思われる。従つて本項に於ては SPHF 法を利用して雷管の衝撃力のみによつて工業爆薬が起爆出来るかどうかを直接測定することとする。

5.1 試験の方法

図4は筆者が実施した SPHF 法の概略を示す。先ず砂中に厚さ 4 mm 径 40 mm の銅板を置き、その上に爆薬 (薬径 32 mm) 約 30 g を載せる。Gap として厚さ 0.38 mm の薄い銅板を重ねたものを利用し、そ

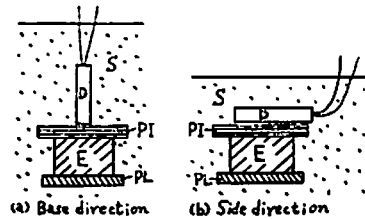


Fig. 4 Initiation test by SPHF method

S: sand, D: detonator, E: explosives

PI: pile of copper disk (thickness 0.38 mm)

PL: steel plate (thickness 4.0 mm)

れを爆薬の上に載せ、更にその上に雷管を縦又は横にして置く、そして雷管による熱効果、破片効果を完全に遮断するために全体を砂中に埋める。雷管を横に置く場合には雷管内の装薬の中心が銅板の中心と一致するようにする。銅板の枚数は雷管の爆発によつて孔が貫通しない程度以上にする必要がある。若し銅板に孔が貫通すると衝撃以外の作用、即ち雷管の熱作用や破片作用が影響して来るからである。又雷管は底上げがあると後述する如く底方向の破片の貫通力が大きくなり、又一方底方向への衝撃力はむしろ底上げのない方が大きい傾向が認められるので、SPHF 試験には平底管体を使用の方が合理的である。従つて雷管試料としては平底管体を使用した。

5.2 予備試験

(a) 銅板による衝撃力減衰試験

筆者による SPHF 試験は Gap として銅板を使用するので、銅板の中を衝撃波が伝達する間に減衰することを考慮しなければならぬ。桜井氏の報告⁽¹⁾によれば銅柱内を衝撃波が伝達される場合の爆轟圧力の減衰傾向は爆源附近では 10 mm につき約 20% である。この SPHF 試験での銅板の使用枚数は $5 \sim 15$ 枚程度、厚さにして $1.9 \sim 5.7 \text{ mm}$ であるが、薄い銅板を重ね合わせると空気がクッションとして作用するので減衰傾向

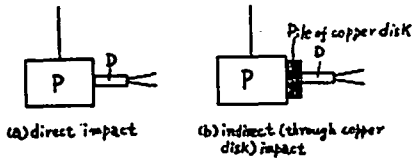


Fig. 5 Test to determine the decrease of impulse by copper disk

P: pendulum D: detonator

Table 4 The decrease of impulse by copper disk (thickness 0.38mm)

sheets of copper disk	swing of pendulum (mean)			
0	42.0°	35.0°	26.5°	(\bar{x} =37.8°)
5	34.5	32.5	37.0	(\bar{x} =34.7°)
8	33.5	32.0	33.0	(\bar{x} =32.8°)
11	34.0	32.0	30.0	(\bar{x} =32.0°)

は銅柱よりも大きくなると推定される。

この減衰傾向を測定する方法として衝撃振子を利用する。即ち、図5の如く振子と雷管との間に銅板を置き、銅板枚数を変えて振子の振れの角を測定すれば、銅板枚数による減衰傾向が測定出来る。雷管試料としてテトリール混成平底雷管を使用した結果は表4の如くである。即ち、衝撃力の減衰は銅板5枚で約10%程度であり、銅板10~15枚で約20%程度と推定される。

従つて SPHF 試験で爆薬に伝達される衝撃力は雷管爆源における衝撃力よりも10~20%減衰したものであることを考慮して置かねばならない。

(b) 雷管による銅板の貫通試験

銅板が Shock Pass Heat Filter としての役割を果たすためには雷管の爆発によつて孔の貫通しないものでなければならない。

従つて図6の如く銅板の下に粘土を置いて、雷管の爆発によつて銅板何枚まで孔があくかを雷管底方向及横方向について測定した。雷管試料は JIS による3号、6号、8号のテトリール混成雷管で、平底管体のものである。

測定結果は表5の如くである。これにより SPHF 試験では6号雷管の場合には底方向及び横方向共に、銅

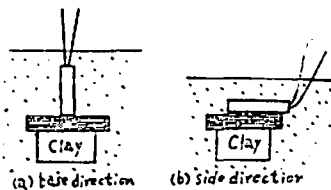


Fig. 6 Perforation test of pile of copper disk by detonator

Table 5 Perforation test of pile of copper disk (refer Fig. 6)

sheets of copper disk	base direction			side direction
	No. 3 detonator	No. 6 det.	No. 8 det.	No. 6 det.
5	○ ○			○ ○
6	× ○	○ ○	○	○ ×
7	× ×	× ×	× ○	× ×
8			× ×	

Note ○: perforate ×: not perforate

板は少くとも7枚以上使用しなければ SPHF としての作用をしないことがわかる。

5.3 SPHF 法による各種爆薬の起爆試験

予備試験の結果、銅板中の衝撃波の減衰傾向や雷管の爆発による銅板の貫通枚数等が判明したので、図4の方法により爆薬起爆試験を行った。結果は表6の如くである。

表5と表6とを比較して次のことがいえる。

① 雷管底方向については、銅板穿孔試験の際の穿孔の生否と新桐ダイナマイトの起爆の生否とが一致し、硝ダイや新D硝爆の場合は新桐ダイナマイトよりも銅板が1~2枚位少なくなつて始めて起爆が起る。そしてどの爆薬でも穿孔が生じない程銅板枚数の多いときには起爆は起つていない。これは即ち雷管底方向については銅板に孔があかない限り、換言すれば雷管底方向の衝撃のみによつては工業爆薬は起爆しないことを意味する。然し乍ら銅板5枚を重ねることによつて衝撃力が10%減衰するという予備試験の結果を考慮すれば、新桐ダイナマイトの場合には雷管の爆源に於ては衝撃のみで起爆することがあるかも知れないと推定される。

② 雷管横方向については新桐の場合には銅板12枚まで起爆し、これは明らかに表5の穿孔枚数7枚を越えているので、雷管衝撃力のみによつて起爆していると考えられる。然し硝ダイや新D硝爆では7枚以下で既に起爆出来なくなつていたので、衝撃力のみでは起爆しないと考へ得る。

即ち SPHF 試験の結果明らかになつたことは、新桐の如くニトログリセリンを含む感度の鋭敏な膠質爆薬は、雷管の衝撃力特に横方向の衝撃力のみによつて起爆出来るが、硝ダイや硝爆のような粉状爆薬は、衝撃力のみによつては起爆出来ない。このことは第1報の1.4項で述べた文献による推定の正しいことを示し、又雷管横方向が底方向よりも衝撃力が強いという衝撃振子の試験結果とも一致する。

Table 6 Result of SPHF test (reference Fig. 4)

Sheets of copper disk	"Shinkiri dynamite" (ammonia gelatine dynamite)				"Shōan dynamite" (Permitted semi-gelatine)		"Shōan bakuyaku" (Permitted ammonium nitrate explosives)			
	b. d.			s. d.	b. d.	s. d.	b. d.			s. d.
	No. 3	No. 6	No. 8	No. 6	No. 6	No. 6	No. 3	No. 6	No. 8	No. 6
2										○○
3							○○			××
4	○						×○	○○	○○	××
5	○○				○○	○○	××	×○	○○	
6	×○ ○	○○	○		×○	××		××	××	
7	××	×○	×○ ×○	○	××	×				
8		×	××	○○						
12				○○						
13				××						

Note ○ : explosives are detonated × : explosives are not detonated
 b. d. : base direction s. d. : side direction

要 約

(1) 衝撃振子よりも更に簡単に雷管衝撃力(衝動量)を求める方法として球試験を提案した。球試験によつて測定された衝動量の絶対値は衝撃振子の場合よりも小さくなるが、比較値としては相当信頼性があるので、球試験は経費も安価で操作も簡単であることから、雷管の日常の威力試験法として利用し得る。

(2) 雷管添装薬の密度と爆速より近似的に雷管の爆轟圧力を計算することが出来るが、これによつて求めた爆圧と、衝撃振子によつて測定した衝動量から求めた爆圧とは、何れも約 80,000 [kg/cm²] となつた。これによつて衝撃振子より測定された衝動量の物理的意味が明確となり、その測定値の信頼性も明らかとなつた。

(3) 雷管の爆発衝撃を銅板を通して爆薬に伝えて爆薬を起爆させる試験(所謂 SPHF 試験)を実施して雷管の衝撃力のみによつて工業爆薬を起爆し得るか

否かを試験した。その結果新桐ダイナマイトは雷管の衝撃で起爆することが出来るが、硝安ダイナマイトや新D硝爆のような粉状爆薬は雷管の衝撃力のみでは起爆出来ないことが判明した。

文 献

- 1) K. Hino & T. Urakawa: 工火協, 17, 242(1956).
- 2) 又木武一: 工火協, 13, 29 (1952).
- 3) 木下四郎: 工火協講演会(1958年11月).
- 4) K. Hino: 工火協, 19, 167 (1957).
- 5) 福山仁: 日化折火研甲A第53-5号(1953).
- 6) 又木武一: 工火協, 12, 12 (1951).
- 7) 疋田強, 米田昭昭: 工火協, 14, 30 (1953).
- 8) 日下部正夫, 井田一夫: 工火協19, 353 (1953).
- 9) M. A. Cook, D. H. Pack & W. A. Gay: Proc. Roy. Soc., 特別号 281, (July, 1958).
- 10) 桜井武尚: 工火協, 15, 11 (1954).

Studies on the Initiation of Explosives by the Detonator

(Part II The initiation by the impulsive effect of a detonator (2))

By Kazuo Ida

1. As a simple method for determining the impulse of a detonator, the present author proposed, the "ball-test" which measures

the flied distance of a metal ball thrown by the shock from a detonator.

The absolute value of the impulse of a

detonator determined by the "ball-test" was found to be smaller than that obtained by the "Stoss Pendel", but the "ball-test" gives a series of reliable relative values.

Furthermore the "ball-test" is very simple in operation and not expensive, because a lead ball can be re-cast, so the "ball-test" seems to be useful as a routine test of the strength of a detonator.

2. The detonation pressure of a detonator is calculated approximately from the loading density and the detonation velocity of a base charge while it is also calculated from the impulse measured by the "Stoss-Pendel". The values obtained by these different methods proved to be almost identical, and they are about 80,000kg/cm².

The result indicates the physical meaning of the impulse of a detonator and the reliability of absolute values obtained by the "Stoss-Pendel".

3. By the SPHF (Shock Pass Heat Filter) method, the present author examined whether or not an industrial explosive could be initiated by a purely impulsive force of a detonator.

"Shinkiri-dynamite" (Ammonia gelatine dynamite) could be initiated by the shock in the side direction of a No. 6 detonator, while "Shōan-dynamite" (Permitted semi-gelatine) and "Shōan-bakuyaku" (Permitted ammonium nitrate explosives) failed by the shock from a detonator both in the directions of side and axis.

雷酸水銀の結晶と感度

長山 征悦 ・ 水島 容二郎*

1 序 論

雷酸の水銀塩には第一塩と第二塩があるが、第一塩の火薬の性質は従来全く記述がなく取扱安全性は全く不明であつた。また第二水銀塩すなわち雷汞は従来広く起爆薬として利用されているが製造条件または再結晶の方法によつては種々異つた外形の結晶が得られ、当然その火薬の性質も異ると考えられ取扱上考慮を要すると思われるので第一塩および第二塩の結晶形と火薬感度につき研究した。

実施した感度試験は発火点、摩擦感度、落種感度、雷気火花感度である。

2 結晶の生成

2.1 雷酸第一水銀の製法

2.1.1 L. Wöhler の製法¹⁾

L. Wöhler 他が種々の雷酸塩を合成するに用いた方法で3%ナトリウムアマルガムと雷汞をアルコール中で接触させて雷酸ナトリウム NaONC のアルコー

ル溶液を得、これと硝酸第一水銀との複分解で雷酸第一水銀を得る方法である。本法を実施するに雷酸ナトリウム溶液中に混在する NaOH のため、得た第一水銀塩試料中に酸化水銀、水銀粒が混入しその分離は困難であつた。

2.1.2 直接製法

アルコールと硝酸水銀による雷汞生成反応で、アルコールを増して還元性で緩慢に行わせれば、雷汞のかわりに雷酸第一水銀を得る²⁾。若者らの製法は次の通りである。水銀 6g, 硝酸 ($d=1.45$) 38cc およびアルコール 100cc を混合して (50 ± 0.5) °C に 1~2hr 保ち白色沈澱として雷酸第一水銀を得た。純度は99.3%であつた。

2.1.3 性質

微細の無色片状結晶で光学異方性を示した。(図1) 水とアンモニア水に難溶で少時のち分解し黒灰色を呈した。チオ硫酸ナトリウム水溶液には分解しながら溶解しアルカリを生ずる。

純度の測定には雷汞の場合とおなじくこのアルカリ

昭和35年7月21日受理

* 東京工業試験所第七号一課 神奈川県平塚市