

## 抵抗線法による産業用爆薬の爆轟特性の測定

### 1) 定電流電源の設計と測定系の時間応答性の検討

黒田 英司\*, 日下部 正夫\*\*

産業用爆薬の爆轟特性および爆轟にともなう諸現象の研究のために、抵抗線式連続爆速測定用の真空管式高速応答定電流電源を設計、製作した。そして定電流装置を使用した測定系を電気理論によって解き、時間応答性を明らかにした。

また固定抵抗プローブを使用した実験により、時間応答性を確認し、電氣的ノイズを少なくする方法等を求めた。

#### 1. まえがき

連続爆速測定法には光学的方法と電子的方法とがある。光学的方法は精度が良く昔から広く使用されてきたが<sup>1),2)</sup>、未束縛体が透明容器中の場合にしか適用できず、また画像の解釈が困難な場合がある。マイクロウェーブ法<sup>3)</sup>、伝導管法<sup>4)</sup>のような電子的方法は一般に高価、取扱が困難で、特別の状況にしか適用できない。ここに検討する抵抗線法はもっとも簡単で、直接的な方法であり、従来の方法のような欠点がない。抵抗線法に関しては Bureau of mines の F. G. Gibson<sup>5),6)</sup> ら、また U. S. Naval Laboratory の A. B. Amster<sup>7),8)</sup> らの一連の報告があり、また国内においても佐々<sup>9)</sup>、若岡<sup>10)</sup>等の報告がある。我々は A. B. Amster<sup>7)</sup> らの方法に基づいて高速応答定電流電源を製作し、数 cm から数 m の長さにわたる測定について検討し<sup>11)</sup>、産業用爆薬（スラリー爆薬、アンホ爆薬ダイナマイト等）の起爆時の爆速立上り、爆速の安定性、限界薬径、殉爆現象、伝爆性等の測定、またプライマーやブースターの効果の評価等を行なった<sup>12)</sup>。その他発破の際の装薬孔内の爆轟特性の測定<sup>13)</sup>、不安定爆轟や過渡爆轟の研究等にも適用できる。この報告では基礎的なことではあるが、定電流電源の設計及び測定系の時間応答性の理論的、実験的検討等を行なう。次報でプローブの設計とその実験的検討、引き続き産業用爆薬に関する諸測定結果について報告する。

#### 2. 原理

この方法の原理は既に良く知られており、原理的には爆薬の内部に単位長当り一定の抵抗値をもつ抵抗線プローブを伝爆方向に平行に入れ、これに一定電流を流しておき、爆轟波が進行するにつれて、爆轟波の作用（圧力またはイオン化の作用）によって、その抵抗線を接地線に順次短絡し、その電位降下を測定することによって、爆速（他にもプローブの感度によっては燃焼速度や衝撃波速度の測定も可能）を連続的に求める方法である。

$i$  をその時流れている電流値、 $l$  を爆薬内部に残存している抵抗線長、 $R_0$  を単位長当りの抵抗値とすると残存している抵抗線の抵抗は  $R=R_0 l$

両辺に  $i$  をかけて、時間  $t$  で微分すると、

$$\frac{dV}{dt} = iR_0 \frac{dl}{dt}, \quad (V= Ri)$$

となる。 $dl/dt$  は速度であり、爆速  $D$  に相当するから

$$D = \frac{1}{iR_0} \frac{dV}{dt} = \frac{k}{iR_0} \cdot \tan \theta \dots \dots \dots (1)$$

となる。ここに  $k$  はオッシロスコープの設定電圧感度と掃引時間の比、 $\theta$  は軌跡の時間軸に対する角度である。ここに  $i$ 、 $R_0$ 、 $k$  は既知であるので、時間軸に対する角度がわかれば、各点における爆速を決定できる。

この原理によって爆速を測定するには、高速応答の定電流電源と圧力またはイオンの作用によってすみやかに作動する抵抗線プローブおよび観測装置が必要である。

昭和50年12月26日受理

\*日本工機(株)本社、東京都港区西新橋2丁目36番1号新橋ビル

\*\*東京工機試験所第七部、平塚市平塚新街85番地

### 3. 定電流装置の設計と製作

定電流装置には通常の帰還型のは応答速度が遅い(1~30 kHz)ので使用できない。高速応答の定電流装置には真空管式とトランジスタ式とが報告されているが、大きい電流をとり出せ、プローブへの印加電圧を高くとれることおよび他への応用を考へて A. B. Amster<sup>7)</sup> らの方法に基づいて、まず真空管式の定電流装置を設計した。真空管式はいずれも5極管の高いプレート抵抗を利用したものである<sup>13)</sup>。5極管の中でもプレート特性の肩の部分の特性のよいこと、大きい電流をとり出せることから水平方向ビーム5極管 6DQ6B を選んだ。

電流調節はコントロールグリッドによって行ない、良好な定電流性が得られるように、真空管1個当りの電流をおさえて、10本までの真空管を並列に接続して大きな電流をとり出せるようにした。定電流範囲は30~300 mA である。また電源電圧(プレート電圧)が高いほど定電流性がよくなるので、電源電圧は700 V とした。プローブに印加される電圧はゼナーダイオード(東芝 IS262, IS267, IS282 等)を直列に適合に組合せて4.5~150 V(高い電圧は電気抵抗測定用)に制限できるようにした。コントロールおよびスクリーングリッド電圧は定電圧放電管およびゼナーダイオードを使用して一定電圧を与え、両グリッド回路、プレート回路にはそれぞれ隔離抵抗を入れ、スクリーングリッド回路のバイパスコンデンサは 0.1 μF とし

た。全体の設計要求から抵抗線プローブにかかる電圧を接地電位に近づけるために、電源の正側を接地した。またプレート消費電力が大きいためプローブによって空冷した。この装置の回路図を Fig. 1 に示す。またこの定電流装置を使用した連続爆速測定系のブロックダイアグラムを Fig. 2-1 に示す。普通の測定ではカソードフォロア回路を必要としないので、それを省略した測定系について検討する。

### 4. 装置の時間応答性の検討

#### 4.1 定電流装置の時間応答性<sup>14)</sup>

定電流装置の等価回路を定電流表示<sup>14)</sup>で示すと Fig. 2-2 のようになる。ここで記号を以下のように定める。

$R_p$ .....プレート内部抵抗(全真空管の内部抵抗の並列総和)

$R_p$ .....観測装置(オシロスコープの入力抵抗)

$R$ .....プローブの抵抗

$C_p$ .....プレート・プローブ間全対接地容量(事実上ケーブルの容量)

$C_g$ .....観測系の全入力静電容量(事実上ケーブルの容量)

$i$ .....回路電流(一定)

$e_g$ .....コントロールグリッド電圧

$g_m$ .....相互コンダクタンス

カソード抵抗及びプレートに接続している抵抗は等価回路の電源内部抵抗に含めてよい。

Fig. 2-2 の等価回路で  $C=C_p+C_g$  が無視できる

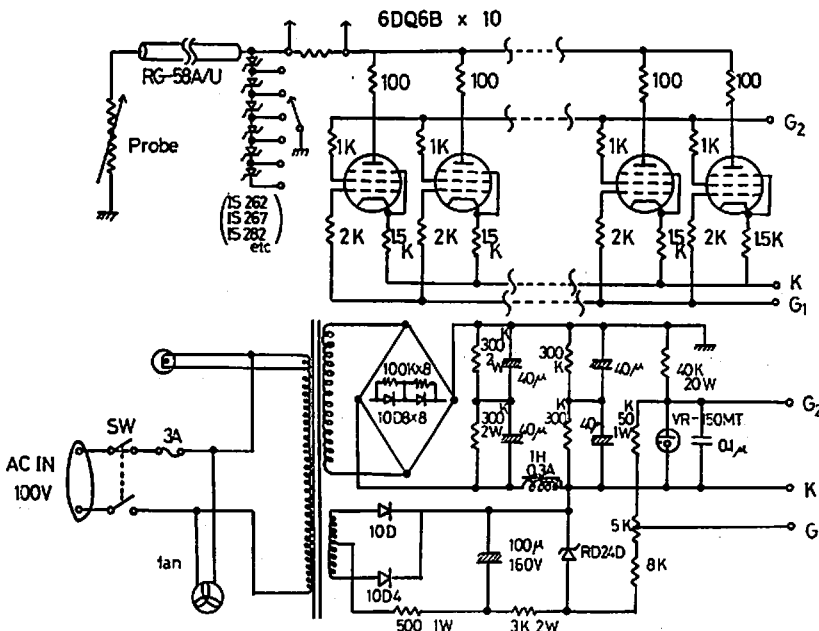
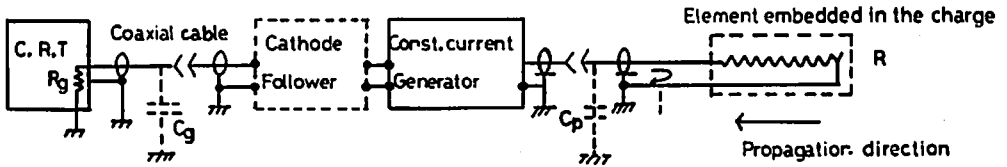
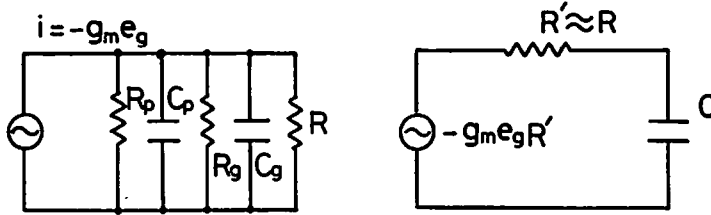


Fig. 1 Circuit used to supply constant current to probe.



(1) Block diagram of test instrumentation

Fig. 2-1



(1) Equivalent circuit (constant current generator from).

(2) Simplification of Fig. 2-2 by the used of Thévenin's theorem

Fig. 2 Explanation of test instrumentation.

ような低域周波数における出力電圧  $e_0$  は

$$e_0 = -g_m e_g R' = iR$$

ここに  $1/R' = 1/R_p + 1/R_g + 1/R$ , そして  $R_p, R_g \gg R$  であるから  $R' \approx R$  である。即ちこの場合の出力電圧は式中にリアクタンス分が入っていないから、周波数に関係なく、プローブ抵抗と電流の積になり、正確に速度や位置を示すことになる。

高域周波数になるとリアクタンス分が無視できなくなり、出力電圧はもはや  $iR$  とはならない。Fig. 2-2 の等価回路は Thévenin の定理を適用して単純化でき<sup>1)</sup>、Fig. 2-3 のように直列抵抗を有する等価電源でおきかえられる。電源電圧は容量  $C$  を開路した時この端子に現われる電圧で、これは低域周波数での出力電圧に等しい。

この時の出力電圧  $e_h$  は、

$$e_h = -g_m e_g \left( \frac{1}{R'} + iC_w \right)^{-1} \quad (2)$$

となる。ここ  $\omega = 2\pi f$  で、 $X = 1/2\pi f C =$  全並列容量のリアクタンスとして絶対値をとると、

$$|e_h| = g_m e_g R' \frac{X}{\sqrt{X^2 + R'^2}} = g_m e_g R' \frac{1}{\sqrt{1 + (R'/X)^2}} \quad (3)$$

となる。高域周波数と低域周波数での出力電圧の比  $K$  をとると、

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 + (R'/X)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + [2\pi f R'(C_a + C_g)]^2}} \quad (4)$$

となる。したがって高域周波数で出力電圧が低下する程度はプローブの抵抗と並列容量  $C = C_p + C_g$  のリアクタンスの比で決まることがわかる。高域周波数での出力電圧の低下を見当をつけるためには、並列容量  $C$  のリアクタンスがプローブ抵抗と等しくなる周波数での出力電圧が低域での出力電圧の 70.7% になることを利用すればよい。もし時間応答性が十分でない場合には初期には  $R$  が大きいために時間遅れがあるが、爆轟が進行するにつれて  $R$  が徐々に減り時間応答性がよくなるために、軌跡は凹状に曲がり、初期にはみかけ上爆速は遅くなり、後では実際よりも速くなってしまふ。この現象は佐々らが実験的に明らかにしている<sup>2)</sup>。

以上のような考察により、このような定電流装置を用いる場合には、時間応答性は主として定電流装置と抵抗線プローブ及び観測装置間の接続ケーブルの総静電容量と抵抗線プローブの抵抗値との積で決まることがいえる。したがって高速応答性をするには  $R, C_p, C_g$  等をできるだけ小さくしなければならない。

#### 4.2 高周波同軸ケーブル

$C_p, C_g$  をできるだけ小さくするには、なるべく静電容量の少ないケーブルをできるだけ短い長さで使用しなければならない。この目的に使用するケーブルとしては、通常の平型平行線ケーブルは妨害電波や雑音をひろい、減衰も著しいので適当ではない。妨害電波や雑音をひろわず歪や減衰なしに信号を伝送するには高周波同軸ケーブルが適当である。Table 1 に我々が普通に使用する高周波同軸ケーブルとこの測定に関係

Table 1 高周波同軸ケーブルの諸特性

ケーブル名	特性	仕上り外径 (mm)	絶縁耐力 (KV)	静電容量 (PF/m)	特性インピーダンス ( $\Omega$ )	減衰量 (dB/km)
3C-2V		5.8	1	67±3	75	13at1MHz,
5C-2V		7.5	1	67±3	75	8at1MHz,
5D-2V		7.5	1	100±4	50	9at1MHz,
RG-58/U		4.95	10以上	93	53.5	26at4MHz,
RG-58A/U		4.95	10以上	93	50	27at4MHz,
RG-63/U		—	10以上	36	125	—

する諸特性を示す。

高周波同軸ケーブルは普通終端でマッチングして使用するのであるが、この測定ではそれが困難である。即ち定電流装置の出力インピーダンスと観測装置の入力インピーダンスは非常に大きく、抵抗線プローブの抵抗は例えば  $100\Omega \rightarrow 0\Omega$  と変化するからである。高周波同軸ケーブルの選定も実験によって検討した。

定電流装置と観測装置間の静電容量を少なくし、またマッチングするには、定電流装置の出力側に例えばカソードフォロア回路<sup>10)</sup>のようなインピーダンス変換器をみつければよい。当測定回路に使用するカソードフォロア回路の設計には高周波応答性と広範囲の直線性をもたせることに工夫を要するが、大発破のように非常に遠く離れたところで測定を行なわなければならない場合以外はカソードフォロア回路は省略して差し支えないので、説明は省く。

### 5. 試験方法

Fig. 1 に示した定電流装置を使用し、プローブやプローブをとりつけた爆薬は、密閉型爆発試験室（東工試第七部及び日本工機（株）興津工場に設置の爆発試験室）内で爆発させるため、観測装置即ちオシロスコープのすぐ側に定電流電源を置き、プローブと定電流電源間は Table 1 に示したような高周波同軸ケーブル 15~30m で接続した。トリガーは特に起爆点の位置での観測が重要でないこの試験では内部信号による単掃引とした。オシログラムの記録は ASA-3000 のポラロイドフィルムによる。

### 6. 実験

測定系の時間応答性や抵抗線プローブで生じた信号が忠実にオシロスコープ管面に表示されるかどうか等を検討するために、特別な固定抵抗プローブをつくって実験を行なった。

イオンギャップによる爆速測定の際に経験しているように<sup>10)</sup>、エナメル2線本をより合せて爆薬の内部に挿入し、その部分に爆轟波が到達すると、機械的にエナメル被覆が破砕され、多分機械的にかまたは爆轟ガスのイオンによってエナメル線間が導通状態になる。

このようなより線を1本の導爆線（昭和化成品製第二種導爆線）に沿わせた場合に、沿わせた部分が順次完全に導通状態になっていくことはまれで、時々導通が不十分となる。導爆線の外部被覆（木綿糸巻）を取り去り、その3本の導爆線の中心部により線を沿わせた場合には全体にわたって導通が完全となる。このような導通状態をスイッチとして利用し、時間応答性試験用の固定抵抗プローブをつくった。

固定抵抗プローブは、まず普通のイオンギャップ端子をつくるのと同様にエナメル線をよりあわせて先端を切断し、スイッチ素子としてそのより線の先端部を等間隔（1~5cm）に導爆線の葉中に挿入し、Fig. 3 に示されているようにあるより線とそのすぐ前のより部

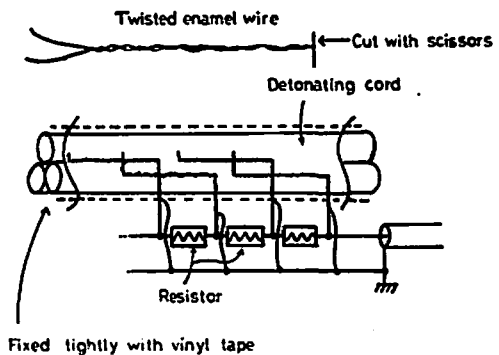


Fig. 3 Configuration of Resistor Probe

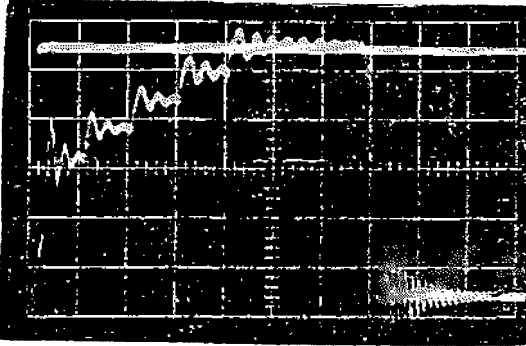
が一部重なるようにし、そのより線部を3本の導爆線でおおって、ビニールテープ等でしっかりと固定してつくる。

より線の一方の端子は Fig. 3 に示されているように全て接地に接続し、他の端子は直列につないだ数本の各固定抵抗間に順次接続する。固定抵抗には 1W, P型炭素皮膜抵抗, エナメル線は油性第三種の 0.27, 0.32mmφ の径を使用した。他ポリウレタン線, ポリエステル線等も同等に利用できる（コーティング厚が少ない2または3種の線が望ましい）。

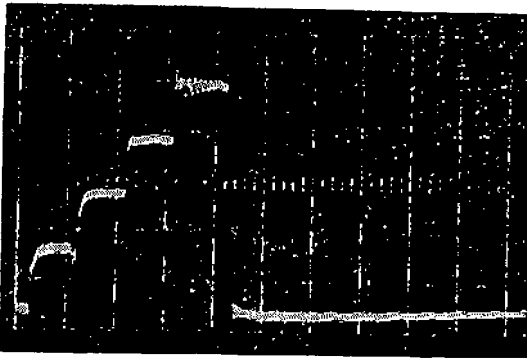
抵抗値が全て同じ固定抵抗プローブを Fig. 3 のよ

うな方向に起爆した時に、測定系が理想的に応答したとすれば、オシロスコープに表示される波形は+側を接地しているために-の高い電圧から零Vに近づく等間隔、等高の階段状となる。

Fig. 4 は  $5\Omega$  の固定抵抗 4 個, Fig. 5 は  $100\Omega$  固定抵抗 3 個を接続した時に得た波形である。この両波

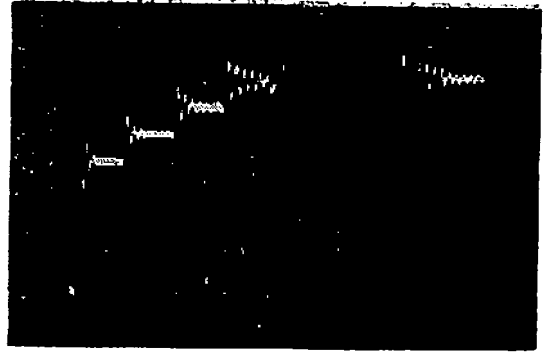


Horiz ;  $5\mu\text{s}/\text{div}$ , Vert ;  $2\text{V}/\text{div}$   
Current ;  $210\text{mA}$   
Limiting Voltage ;  $11\text{V}$   
Cable ; RG-63/U, 19m  
Fig. 4 Resistor Probe ( $5\Omega \times 4$ )



Horiz ;  $5\mu\text{s}/\text{div}$ , Vert ;  $20\text{V}/\text{div}$   
Cable ; 3C-2V, 15m  
Fig. 5 Resistor Probe ( $100\Omega \times 3$ )

形の理想的波形からの逸脱は、前者では減衰振動波があること、後者では立上りが矩形的ではなくある時間を要していることである。減衰振動波はケーブル端での信号の反射によって生ずるために、その振幅、減衰率等はケーブルの種類、長さ及び負荷(プローブ)抵抗値に関係する。減衰振動波の振幅はケーブルの特性インピーダンスと負荷(即ちプローブ)抵抗値の差及び信号波の振幅に関係している。後者の原因によって生ずるノイズの説明のために Fig. 6 を参照する。その写真は起爆点に近い方に  $25\Omega$ 、次いで  $5\Omega$  3 個を接



Horiz ;  $5\mu\text{s}/\text{div}$ , Vert ;  $2\text{V}/\text{div}$   
Cable 3C-2V, 15m  
Fig. 6 Resistor Probe ( $25\Omega, 5\Omega \times 3$ )

続したプローブによって得た。この時のプローブ印加電圧は  $30\text{V}$  であり、爆轟波が  $25\Omega$  の抵抗の位置に到達した時のプローブの電圧は約  $8\text{V}$  である。この電圧差が大きいため  $25\Omega$  部では減衰振動波の振幅が大きくなり写真にはほとんどみえない。次の  $5\Omega$  の位置での振幅も大きい。また Fig. 4 での最初の  $5\Omega$  の位置での振幅も大きい。このようなことからプローブに印加される電圧を通電された時に生じるプローブ電圧に近づけておくことは、ノイズ(初期減衰振動波)を少なくするのに有効であることがわかる。

オシロスコープ端での反射率はほとんど  $+1$  であり、プローブ端での反射率  $m$  は  $m = (R - Z_0) / (R + Z_0)$  で表わされる。ここに  $R$  はプローブの抵抗値、 $Z_0$  はケーブルの特性インピーダンスである。したがって  $R$  が  $Z_0$  よりも大となれば  $+$  の反射、小となれば  $-$  の反射を生じる。 $R$  が  $Z_0$  より大となった場合には後述する理由によって反射波は生じないが、 $R$  が  $Z_0$  よりだんだんと小さくなるにしたがって、Fig. 4, 6 に見られるように振幅は大きくなり、減衰率はだんだんと小さくなる。このような減衰振動波は、信号が急激に変化する時、また導通不良等を生じた時にも現われ、大きなノイズ源となる。したがってできるだけ  $Z_0$  の小さいケーブルを使用するか、単位長当り高い抵抗値をもつプローブを使用するほうがより望ましい。

減衰振動波の周期は信号がケーブルを 2 往復する時間で、 $T_R = 4l/\sqrt{LC_0}$ 、周波数  $f_R$  は  $f_R = 1/4l\sqrt{LC_0}$ 、ここに  $L, C_0$  は各々ケーブルの単位長当りのインダクタンスと静電容量で、 $l$  はケーブル長である。実際はケーブル内外での損失のためにこれより低周波となる。一方プローブ抵抗  $R$  の時の応答周波数  $f_r$  は③式より

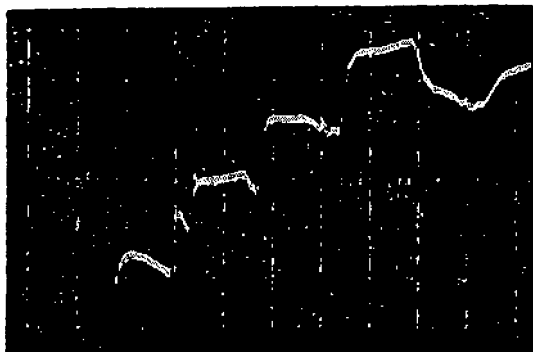
$$f_r = 1/2\pi R(C_0 l + C') \quad (5)$$

ここに  $C'$  はプレート、ケーブル間の浮遊容量である。 $f_R$  と  $f_r$  との比をとると、

$$\frac{f_R}{f_r} = \frac{2\pi R C_0 l}{4l\sqrt{C_0 L}} = \frac{\pi R}{2} \sqrt{\frac{C_0}{L}} = \frac{\pi R}{2Z_0} \quad (6)$$

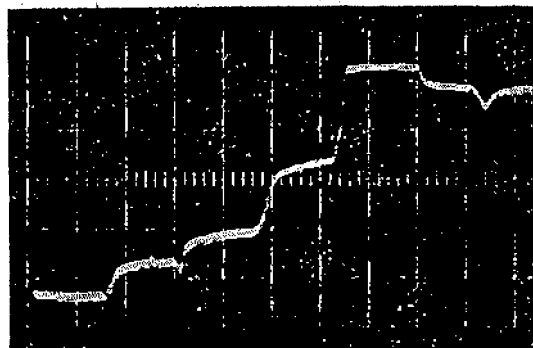
よって  $R > 0.6Z_0$  であれば反射波すなわち減衰振動波は生じないことがわかる。

Fig. 7, 8 には約 260m の 3C-2V の高周波同軸



Horiz; 2 $\mu$ s/div, Vert; 2V/div  
Cable; 3C-2V, 265m

Fig. 7 Resistor Probe (10 $\Omega$ ×3)



Horiz; 2 $\mu$ s/div, Vert; 20V/div  
Cable; 3C-2V, 265m

Fig. 8 Resistor Probe (100 $\Omega$ ×3)

ケーブルを使用し、各々 10 $\Omega$  の固定抵抗 3 個及び 100  $\Omega$  の固定抵抗 3 個を接続したプローブによって得られた波形である。Fig. 7 では時間応答性は良いが反射波が混入している。特にプローブ端で短絡した後の波形を見れば反射波の混入がよくわかる。Fig. 8 ではプローブ端で短絡するまでは反射波はないが、ケーブル長が長く  $C_0 L$  及び  $R$  が大きいために時間応答性が悪く、そのために凹形にまがっており、抵抗値が高いところの電圧は  $iR$  によって推定される電圧よりもずっと低い値となっている。

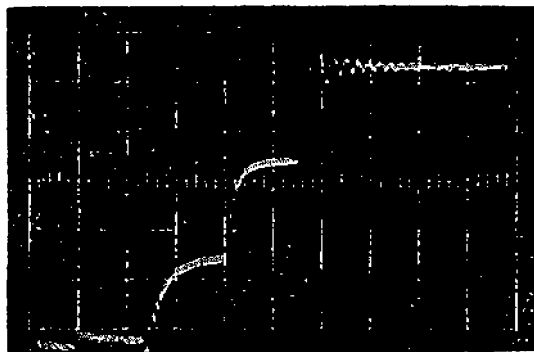
この測定系の時間応答性は(4)式より

$$K = \frac{1}{\sqrt{1 + [2\pi/R(C_0 l + C')]^2}} \quad (7)$$

で定まる。ここに  $C'$  は  $C_0 l$  に比べて小さいので無視できる。またこの式より立上り時間  $\tau_r$  は、

$$\tau_r = 2 \cdot 2R(C_0 l + C') \quad (8)$$

この式によって計算した値と Fig. 5 及び 300 $\Omega$  2 個を接続した時に得た Fig. 9 で読みとった立上り時間と



Horiz, 2 $\mu$ s/div, Vert; 25V/div  
Cable; 3C-2V, 15m

Fig. 9 Resistor Probe (300 $\Omega$ ×2)

は一致する。Fig. 8 で、立上り時間は 100 $\Omega$ , 200 $\Omega$ , 300 $\Omega$  の時それぞれ 3.9 $\mu$ s, 7.8 $\mu$ s, 11.7 $\mu$ s であり、応答性不足のためにその電圧は信号の計算値よりもかなり低くなってしまふ。

種類とその長さがわかった爆薬の燃速を測定するための測定系の条件、また逆にある測定系での測定可能な爆薬条件は、プローブ長  $P_l(m)$ 、プローブ抵抗値  $R(\Omega)$ 、試料爆薬の推定定常燃速値  $D(m/sec)$ 、ケーブル長  $l(m)$  とケーブルの単位長当りの静電容量  $C_0$  ( $\mu F/m$ ) 等の関係式から決定できる。即ち誤差を最大で 3% 以下とするためには

$$\frac{P_l}{D} > 4\tau_r = 8 \cdot 8RC_0 l \quad (9)$$

式によって大体的見当をつけることができる。実際はプローブ抵抗  $R$  は爆薬波が進むにつれてだんだんと小さくなるために、(9)式はよききびしい条件となっている。

前に述べた固定抵抗プローブによる測定回路の試験は、電流値、固定抵抗値、プローブ先端間距離及び導爆線の燃速は既知であるために容易に理想的波形を類推でき、その波形と試験によって得た波形を比較し、いままて述べたような理想状態からの逸脱を考慮することによって、装置の設定が正しいかどうか、装置が

正常に動作しているかどうか、また時間応答性が十分かどうか等の確認に都合よく用いることができる。それで固定抵抗の総和が抵抗線プローブの抵抗値に等しいようなプローブを使用した試験を実験の初めや終りに行なうと、諸吟味のために都合がよい。

佐々らの使用したプローブはこの固定抵抗プローブの一つの変形であり同じ目的に使用できる<sup>9)10)</sup>。

後の実験で明らかとなるのであるが、適正な抵抗線プローブであればノイズは電流の大きさに関係しない。そこで定電流電源は他の目的に使用しない限り高い電圧及び大きい電流を必要としない。そのために低い電圧で、小型、軽量となるトランジスタ式定電流電源の方が便利である<sup>9)11)</sup>。この報告に述べられた時間応答性やノイズに関することはトランジスタ定電流電源にもそのまま適用できる。

絶縁物の強度については精密な実験は行なっていない。爆轟波の高圧高イオン帯の中で絶縁が破壊されなければ良好な導通が得られず、ノイズも非常に大きくなる。また高分子誘電体は圧力をうけて電荷性ノイズを発生する。今までの試験ではビニールテープ、セロテープ、ポリエチレン等は破壊されにくい。エナメルは破壊はより容易で、特により線とすることによって破壊がさらに容易となるようである。

## 7. 総 括

1. 真空管式高速応答定電流装置の回路構成を説明し装置の時間応答性を電気理論によって考察した。時間応答性は  $K=1/\sqrt{1+(2\pi fR(C_0+C_p))^2}$  式によって吟味できる。時間応答性をよくするためには、プローブの抵抗値  $R$  と定電流装置とプローブ及び観測装置間のケーブルの静電容量  $C_a$ ,  $C_p$  との積を小さくしなければならない。

2. 固定抵抗プローブを使用して、装置の時間応答性を、実験的に求め、またノイズを少なくする方法等が得られた。実験によって得られた応答時間は理論と一致した。固定抵抗プローブ試験は時間応答性の確認の他装置の設定、動作等の確認に便利に利用できる。

3. ノイズを少なくするためには、特性インピーダンスの低いケーブル、例えば  $RG-58A/U$  の使用が望ましく、高速応答性を得るには単位長当りの静電容量の少ないケーブル、例えば  $RG-63/U$  の使用が望ましい。

4. プローブの抵抗値は、ノイズを少なくするには一般にケーブルの特性インピーダンスよりも高い方が望ましい。また単位長当り高い抵抗値をもつプローブを使用することが望ましい。

5. 測定系の時間応答性がどの程度必要かは次式によって定まる。

$$P_i/D > 8.8RC_p/d$$

すなわちプローブ長と定常爆速値から、装置が適当であるかどうかの判定、また逆にその装置で、ある爆薬のどの程度の長さの爆速を測定できるか等を知ることができる。

付記、本研究に御援助下さった当社小川利次、古部照夫氏および東京工業試験所第七部水島容二郎氏に謝意を表す。

## 参 考 文 献

- 1) J. Taylor; Detonation in Condensed Explosives, Oxford University Press, 1952
- 2) M. A. Cork; The Science of High Explosives, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1958
- 3) 日野, 野村, 長谷川; 工火誌 20, 113 (1963)  
M. A. Cook, R. L. Doran and G. J. Morris; J. Appl. Phys, 26, 426, (1955)
- 4) 水島, 広川; 工火誌 21, 171 (1960) 水島, 中野, 田中; 工火誌 24, 253 (1963)
- 5) F. C. Gibson, M. L. Bowser and C. M. Mason; Rev. Sci. Instr. 30, 916 (1959)
- 6) J. Ribovich, R. W. Watson and F. C. Gibson; AIAA Journal 6, 1260 (1968)
- 7) A. B. Amster, P. A. Kendal et al., NAVORD Rept. 6280 (1959)
- 8) A. B. Amster, P. A. Kendal et al., Rev. Sci. Instr., 31, 188 (1960)
- 9) 佐々, G. Larocque; 工火誌 27, 223 (1966)
- 10) 伊藤, 若園, 佐々 et al; 工火誌 32, 35 (1971)  
若園, 佐藤, 佐々 et al; 工火誌 32, 40 (1971)
- 11) 黒田, 日下部; 工火協昭和46年度講演要旨集 p31 (昭和46年5月); 工火協昭和46年度秋季研究発表講演要旨集 p24 (昭和46年10月)
- 12) 黒田; 工火協昭和50年度春季研究発表会講演要旨集 p81 (昭和50年5月)
- 13) 例えば川又; パルス基礎回路.p65 日刊工業新聞社 (昭和43年)
- 14) F. E. Terman; Electronic and radio engineering, McGraw-Hill Book Company, INC., p252 (1955)
- 15) 文献 14) の p357
- 16) 田中; 工火誌, 25, 145 (1964)
- 17) 例えば佐々; 工火誌 34, 281 (1963)

Observation of detonation behavior of industrial explosives  
by resistance wire method

(1) Instrumentation and its time response

by E. Kuroda\* and M. Kusakabe\*\*

This report describes a method conveniently used to investigate the initiation, build-up and irregular propagation of detonation in industrial explosives. The instrumentation setup is presented, as well as a schematic for vacuum tube constant current supply built for continuous detonation velocity measurement.

Time response of this system and resulting noise in it is discussed theoretically and examined experimentally by the use of special resistor probe made for this purpose. Methods for deducing the superpose noise and for evaluating the time response is obtained.

(\* Nippon Koki Co., Ltd. Shinbashi-Sakura Bldg. 2-36-1,  
Nishi-Shinbashi, Minato-ku, Tokyo)

(\*\* National Chemical Laboratory for Industry, 7th Division)

書 評

木村真著 スラリー爆薬 性能・使用法  
山海堂 昭和50年10月発行

水を成分とするスラリー爆薬が発明されてから、すでに20年近く経過し、アメリカ、カナダ等では次第に改良されて、その使用量も増加している。わが国では、まだ試験的に製造使用されているにすぎないが、海外の技術を導入して、間もなく本格的生産の段階に移ろうとしている。しかし、スラリー爆薬に関するまとまった解説書ともいべきものがなく、一般には、その組成や性能などが十分に認識されてない現状である。このときに当り、著者の努力により、この画期的な将来性のある爆薬の全貌を詳

細に紹介した本書が出版されるに至ったことは、正に時宜を得たものといえよう。

本書は170ページ、7章よりなり、スラリー爆薬の開発と発展の経緯組成および各成分の性質と役割、製造と外国における法的取扱い、性能とその試験法、発破への使用例、各国の製品などについて、数多くの外国文献を引用して分かりやすく取りまとめられている。したがって火薬技術者にとっても、使用者にとっても、スラリー爆薬をよりよく理解するための手引きとして大いに役立つものと思われる。

定価 1,500 円

(岡崎一正)