

短い薬包の爆速を測る一つの方法

(昭和28年4月25日受理)

正田 強・米田 園 昭

(東京大学工学部火薬学教室)

実験室内で火薬類の爆速を測る一つの方法としてコンデンサーの放電曲線をブララン管オシログラフに撮影する装置を組立て、2cm程度の短い薬包の爆速を5%以内の精度で測定することに成功した。以前Roth氏が提案した弾道検流計法に就ても種々検討したが、Roth法は極めて微妙で測定が困難であり、爆速測定法として余り良いものでないとの結論を得た。但し両法とも針金の切断による回路の遮断を利用しているので切れ方が精度に大いに影響する。金属管で被覆した薬包では切断が鋭敏でなくばらつきが多い。

§ 1 弾道検流計法の検討

J. F. Roth 氏 (Z. S. S. (1933) S. 42) は弾道検流計 (0.5×10^{-10} A) を用い多くの爆薬について2cmの測長で爆速を測り良い成績を得たと報告している。この際時間の標準としては導線線を用いているので、得られた爆速は導線線に対する相対値である。

著者等は Roth 法と殆ど同様の装置を組立てて実験

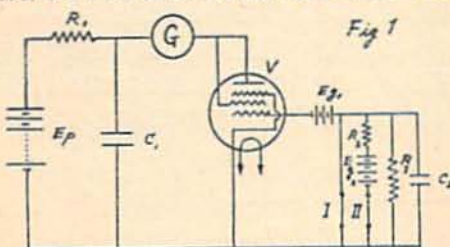


図1 Roth法配線

した。装置の配線は図1に示したもので、 R_1 、 C_1 を入れて弾道検流計の保護を計ったこと、ヒータ電流の調整は止めて常に一定に保つことが Roth の方法と異なるのみである。

真空管Vには最初6SL7を三極管接続で用いたが、ソケット部の絶縁不良のため良好なカットオフが得られないため、エーコン管954を用いソケットなしで使用し、殆ど完全なカットオフを得たので、漏れ電流による検流計(感度 10^{-10} A, 遅期7秒)の零位移動を最小限に喰い止めることが出来た。Roth はこれをヒータ電流の調整で行ったものである。図1の全回路は完

全にアースから浮かせて使う必要があるため、配線は細心の注意を要する。

測るべき薬包に0.1mm程度の細い銅線又はマンガン線を2本貫通させる、図1中I、IIがこれである。I線、II線とも接続されておれば真空管Vのグリッドには E_{g1} ($-22.5V$)がかかり電流は流れない；I線が切れるとグリッド電位は $E_{g2}-E_{g1}=4.5V$ となりプレート電流が流れ始める；II線が切れると再びグリッドは $-22.5V$ となり電流が遮断される；この間に流れた電量を弾道検流計の振れから読みとるのである。

小さい容量のコンデンサー C_2 は過渡的なリップルを抑えるためのもので、又コンデンサー C_1 ($2\mu F$)は電池 E_p ($100\sim 200V$)により充電されており、I線が切れII線が切れる迄の間の放電電量を検流計Gではかる。この短い時間の間には C_1 の電圧は略一定に保たれるとしてよい。

R_1 (2 メガオーム)、 C_1 を除くと、もしII線が切れなかつた場合検流計を切るおそれ大きい。

この装置を用い導線線について多くの測定を試みたが、ばらつきが多く中々良い結果が得られなかつた。原因としては測定用導線(ゲイニル線空中架線)が50m程の長さになつたためにそのサージインピーダンスに対する整合抵抗の不適合が問題になって来たらしいこと、外部からの誘導のおそれもあるらしいことが考えられた。何れにしても鋭感な検流計を扱うので僅かなリークに対しても常に神経を尖らせていなければならぬので、この方法は実験室的にも余り簡易な方法でないとの見直しをつけ、これ以上対策を講ずることを中止した。

§ 2 新しいコンデンサー法

コンデンサーの放電を利用する短時間測定装置は従来から種々提案されているが、爆速測定に利用され、成功した例は聞いていない。

著者等の考えた装置の略図は図2に示した。

原理は簡単で、図中IとIIが爆薬中を貫通する細い針金で、両方とも接続されていると、双三極管6SL7

V_1, V_2 のグリッドには E_{g1} より $+4.5V$ がかかり、プレート電流が流れている。両プレートを夫々ブラウン管の垂直及び水平偏向板に直接接続しておく、プレート電流の R_1, R_2 (20k Ω) による電位降下により、ブラウン管上のスポット (最初左下隅に移動させておく) は右上隅に移動する、同時にコンデンサー C_1, C_2 (0.001~0.003 μF) が充電される。

この状態で爆発により I 線が切れると V_1 のグリッ

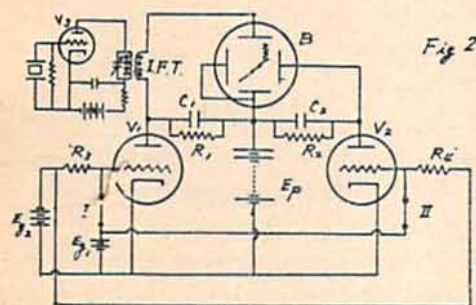


図2 新コンデンサー法配線

ドには E_{g2} の負電位 (-22.5V) が R_5 (1k Ω) を通して掛り、プレート電流は遮断される、すると C_1 は放電し始め、ブラウン管上のスポットは垂直に降下し始める、次に II 線が切れると、同じく C_2 が放電を開始しブラウン管上のスポットは斜左下方へ降下し始める、即ちブラウン管上には途中で折れ曲つたリサージュ図形が描かれるわけでこれを写真に撮影する。

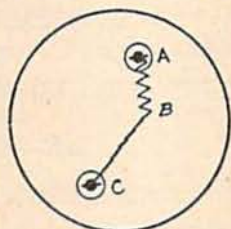


図3 オツシログラムの例

この際垂直軸に水晶発振器による振動を入れると折れ曲り迄の波の数から I 線が切れてから II 線が切れる

迄の時間を知ることが出来る。尙真空管を使う理由は爆発ガス中のイオンの為回路遮断が鈍感になるのを防ぐ意味である。

C_1, R_1 の時定数から計算して時間を出すことも出来るが C_1 が小さいので誤差が入り易く計算では精度は悪い。水晶発振器の振動ならば正確でたとえ C_1 が変動しても測定には利かないから便利である。周波数としては 463KC のものと 1023KC のものを適当に使ひかけた。

回路はすべてアースから良く絶縁し、測定線もなるべく短い方が良いが、弾道検流計法の場合のように神経質になる必要はないし、又爆発後何れかの線が接地しても、写真には既に必要な部分は記録されているのでこの点が非常に便利である。(弾道検流計法ではその誤差が何に起因するか確めるのが容易でない。)

実験室内で爆発を安全に実施し又爆音を少くするため、爆薬はすべてビッヘル大型ポンプ (圧力計) の中心部にビニル線で吊し、必要な導線はゴム栓で絶縁して挿入し、密閉下に爆発させた。

ブラウン管の図形撮影にはキャノンカメラ F.2 開放で同期撮影装置によりシャッター 1/60~1/100sec. でさくら X 線ロールフィルムに撮影した。この方法での欠点は最初の静止位置にあるスポットが明るく大きく撮るため、放電初期の波形が僅かではあるがその中にかくれることである。この対策についても二、三実験したが巧く行かなかつたので、同期をなるべく良くする様調節することでこの誤差を最小限に止める様努めた。

§ 3 新コンデンサー法による測定例

この方法の可否を検討するため、種々の爆薬について雷管底に近接した部分の爆速を測定した。その結果は表 1 にまとめて掲げた。

表1 爆・速 測 定 例

種 類	薬 径 cm	測 長 cm	測定回数	平均爆速 (m/sec)	信頼限界 (m/sec)
第 2 種 導 爆 線	-	2	22	5870	± 150
第 1 種 導 爆 線	-	7	5	(6360)(註3)	(± 450)
雷 管 添 装 薬 (テトリール)	-	2	8	(5600)(ノ)	(± 800)
紫カーリット (紙筒)	0.7	3	5	1900	± 70
2号硝安爆薬A (註2)(紙筒)	2	3	4	2400	± 110
ノ B(紙筒)	2	3	3	2550	± 140

A・C(Δ)

2

3

3

1940

± 190

[註] 1) 信頼限界 $\beta = \pm t \sqrt{\frac{\sigma}{n}}$, $\sigma^2 = \frac{\sum(D_0 - D)^2}{n-1}$, D_0 : 平均爆速, n : 測定回数,

t: 信頼度 95%として t 表より算出。

2) 硝薬 A, B, C はそれぞれ次の混和時間と混和温度のもの (日本化薬製)

	硝薬 A	B	C
混和時間	1時間	2時間	3時間
混和温度(最大)	88°C	73°C	53°C

3) () 内の爆速は余り信用出来ない。

i) 第2種導爆線 (日本カーリット製, ベントリット入りプライマコード):

導爆線の断面に6号電気雷管 (帝國火工品製) の底面を密着し, 断面より1cmの所に3cmの所に小孔を穿ち, 0.1mm径のマンガニ線を通して, 第I線および第II線とする。

測定は測長2cmで22回行い平均爆速5870±150 m/secを得た。この結果は満足すべきものと思われる。

測長を1, 2, 3, 5, 6, 7及び8cmに変えた場合の平均爆速をも求めたが, 爆速値は誤差範囲内で殆ど一定であり, 雷管底1cmの所で既に安定爆速に近い値を出しているように見受けられた。但し測長1cmでは針金切断の時間差が測定値にひびくので精度は稍悪くなる。

ii) 第1種導爆線 (TNT, 鉛管ホルダー):

測るべき爆薬が金属で被覆されていると爆発時金属蒸気が針金の電氣的切断を害すのか, 又はその他の理由によるのか不明であるが測定値に不測のばらつきが多く結果が余り良くない。測定線被覆がワイヤ管で充分絶縁されていても同じである。針金を切る種類の爆速測定法では一般に上記の誤差が入る管であるから, 測長を長くすることが必要となる。

iii) 雷管中の添装薬 (テトリール):

雷管中のテトリールはどの程度の爆速をもつかを測ろうとしたが, 矢張り, 被覆が導体であるので良い精度は望めない。表1に示したのは点火薬の異なる5種の電気雷管の全平均値であり, 点火薬による差は余り認

められない様であるが, 回数も少く又誤差も多いので断定は出来ない。

iv) 紫カーリット:

カーリットをボール紙筒につめ, 装填比重0.9, 薬径7mmで爆速は1,900m/secを得た。7mm薬径は紫カーリットの爆発しうる限界薬径に近い様である。

v) 2号硝安爆薬 (日本化薬製):

表1註に記した3種の硝薬について測定した。限界薬径はカーリットより大で, 10mm径では爆発しないので径20mmで測定した。

混和条件は通常工場で行っているB法が良いようである。

vi) 桜, 桐, 特桐及び新桐ダイナマイトを径8mm長さ6cmのアルミニウム管につめて実験したが何れも完爆せず, 爆速は測定出来なかつた。

§ 4 針金の切断時間について

2本の針金を切つてその間の時間を測る方式の爆速測定法では, 針金の切れる状況と切断時間に関する知識をうる事が望ましいが, それには特殊のX線瞬間写真装置でも使わぬ限り容易に分らない。

ここでは前記コンデンサー法により第I線と第II線の材質を変えた場合の時間変化を測定して見た。第I線にはすべて0.1mmのマンガニ線を用い第II線を変えた場合の2線間の平均時間, 及び第II線にもマンガニ線を用いた場合に対する時間差を表2に掲げる。

表2の測定には第2種導爆線の爆発を用い, 測長は2cmである。

表2 第2種導爆線の爆発によりI線が切れてからII線が切れる迄の平均時間。
(2線間の距離2cm, I線は0.1mmマンガニ線)

第I線材質	II線の抗張力(g)	測定回数	2線間の平均時間(μs)	信頼限界(μs)	0.1mmマンガニ線に対する時間差(μs)
0.1mmマンガニ線	650	5	3.4	± 0.1	0(標準)
同上焼入	650	3	3.4	± 0.1	0.0
同上2本撻り合せ	1200	5	3.6	± 0.1	0.2
同上ワイヤ被覆	-	5	3.6	± 0.2	0.2

0.1mm 白金線	400	5	3.4	± 0.1	0.0
0.1mm ニッケル線	850	5	3.4	± 0.1	0.0
0.4mm フェーズ線	300	3	8.4	± 0.8	5.0
0.5mm 銅線	3600	5	6.3	± 0.7	2.9
5mm 巾 鉛 箔 巻	30	3	3.4	± 0.1	0.0

表2で見るように、切れる時間は針金の抗張力には比例していない。太い線ではばらつきが多く、又切断に要する時間も多し。例えば電気雷管の脚線(0.5mm銅線)では切れるのに2.9 μ s以上の時間を要している。導爆線の場合では、この針金が切れた瞬間には爆轟波先端は既に1.7cm先方へ進んでいることになる。フェーズ線等は伸びが大きい為か切れるのに長い時間がかかるからこの種の測定用としては不適當である。

0.1mm マンガン線の切れる絶対時間が分れば良いが今の所測定法はない。しかしばらつきは少いから0.1mm程度の針金ならば大きい誤差の原因にはならぬようである。

§ 5 結 び

著者等の考案した新しい爆速測定法は実験室内で短

い薬包の爆速を測る目的に充分適うものであると信ずる。故障も少いし、一度調整した装置は繰返し約300回の測定を行つた後も前と同じ結果を与えている。ただし測長を長くしても精度は上らない。本法の欠点は写真撮影の必要と、撮影された像の波形、読取に若干の任意性が入る点である。

又測定すべき薬包が電気の導体で被覆されている時には特に精度が悪く、この対策はまだ解決されていない。

本研究は文部省科学試験研究費の援助をうけて行われたものであり、本研究に当り種々有益な得教示を賜つた長友黒柳昌之、東大電気工学科岡村、宇都宮、安井の諸氏に深謝する。又試料の作製及び提供を快諾された帝國火工品、日本カーリット及び日本化薬に対し衷心より御礼申上げる。

電気雷管の齊発範囲に就て

(昭和28年5月14日受理)

明石善作・植田安男・野田満潮

(旭化成工業株式会社小倉工場)

I 緒 言

工業火薬協会誌第12巻第2号に電気雷管の点火齊度と白金線断線時間の関係からの齊発範囲を論じたが、当時指摘した通り右の外脚線の絶縁抵抗が低下し漏洩があればその回路の電流分布は均等でなくなるので最大電流(i_1)をとる電気雷管と最小電流(i_2)をとる電気雷管とを生ずることは明かである。この i_1 と i_2 との差がかなりの大きさに開いたときは白金線断線時間と点火時間の関係から当然不発を生じると考えられる。

市販されつつある電気雷管の脚線の絶縁抵抗の低下度を測り漏洩に会つた場合不発の可能性と之の齊発に必要な電源電圧を実験的に求め、水中発破では絶縁度の低下しない耐水脚線の使用と高電圧のコンデンサー

発破器の使用が有利であることを述べる。

II 脚線の絶縁抵抗

通常、脚線の絶縁抵抗を知るには100V~500Vのメーターによつて測るが、吾々は次の如き方法によつてこれを求めた。

脚線を約3%の食塩水に浸漬して電流を通ずるとき、若し脚線の絶縁抵抗が低下して漏洩するときは脚線を通つて流れた電流 i_1 は i_2 より小電流値を示すであろうし、又漏洩がなければ $i_1=i_2$ の筈であるから、これをオッシログラフを用いて測定しオッシログラムより求められた電流値から絶縁抵抗を計算で求めた。

即ち、漏洩電流を i_2 とし絶縁抵抗を R_b とすると次の関係式が成立する。