

しる増大する。薬種について見ても、 a_0 大なるものほど $X \sim a$ 曲線は上に位するが、 $Z \sim a$ 曲線はその逆で強いものほど Z は小である。之は前の説明に依つても波頭応力が大であれば、当然小となることが理解される。

両面对称衝撃の場合は、中央の層は更にその中央で2分されているから、此の層の厚さを $2Z$ とする。

亀裂部の直径 X は、片面衝撃の場合と本質的に変つた傾向は見出せない。

然し厚さは、片側から行つたときの $2.0 \sim 3.0 \text{mm}$ に対して、左右対称に行つたときでは、 Z $0.5 \sim 1.0 \text{mm}$ 、即ち、対称に行うときは片側から行つた時よりはるかに小で、約 $1/2 \sim 1/3$ の値である。

VI 総 括

かなり明らかな意味合の爆薬の動的な効果として、Hopkinson 破壊(Scabbing)並びに、左右対称の衝撃波の衝突亀裂に着目した。各種の爆薬について Scabbing を発生せしめる能力を求めた。即ち、径 38mm で色々の長さの鉛柱を準備し、 300g の爆薬を用いてその鉛柱を攻撃する。その後、切断して鉛柱内部の変化を観察し Scabbing の起る最大の鉛柱の長さを決定する。爆薬はボール紙もしくは肉厚 4mm の鉄管に装填して行つた。

実験の結果、強い爆薬と、弱い爆薬とでは 5cm 位の

差がある。例えば、鉄管内の松ダイナマイトに於いて、Scabbingの起る限界柱長は 15cm 、硝安ダイナマイトに於いて 10cm である。同様のことを、左右対称に爆薬を置いて、斉発させて行つた。此の時の亀裂発生限界柱長は、上記の片側から行つた実験で求めた限界長の2倍より小であつて、片側の実験に比べ亀裂は発生しにくい。亀裂の大きさ形状については、片側からの実験に於いても、両側から左右対称に行つた実験に於いても傾向は同じである。即ち亀裂面(又はScabbing)の直径は柱長大となれば小となる。然し剝離した層の厚さはかえつて大となり、且、勢いの強い破壊ほど薄い様である。Scabbing 厚さは $2 \sim 3 \text{mm}$ である。

両側から左右対称に行つた実験に於ける剝離厚さは、片側から行つたときより薄く、その $1/2 \sim 1/3$ 位である。尚、実験条件、即ち鉄管装填とボール紙装填の差、及び片側衝撃と、左右対称衝撃の差等が、個々の爆薬について如何なる効果の差をもたらすかの解析、及び考察については、圧縮応力波の波形そのものを明かにした後報の実験結果に関連して説明する。

文 献

- 1) 桜井武尙：火協誌 14 58 (昭28)
科学 23 472 (1953)
- 2) Rinehart: J. Appl. Phys. 22 555 (1951)
- 3) 常用理科便覧 p. 81 (新光社)
- 4) 桜井武尙：火協誌 13 272 (昭28)

電気雷管不発原因に就いて

(昭和28年10月8日受理)

山田正幸*・津島敏夫*
馬場文夫**・渡辺文明**

I 緒 言

最近電気雷管の不発が発破回路の中央部に集団的に発生する主原因は、漏洩抵抗(所謂リーケージ)に依るものでなく、コンデンサー式点火器の様に立上り傾

斜の急な電流波形で、且カスカスの電流に依つて点火する場合に高周波電流が定在波的に誘発し、発破回路の中央部が波形のノードになつて、集団的に不発が発生するものとの説りが主張された。

然るに筆者等は不発の主原因は漏洩抵抗でありとして其の対策に例えば脚線に塩化ビニール線を用いたり電気雷管の構造に種々の考案をなし、努力しつつある

* 日本化業株式会社 仁豊野作業所
** 三菱電機株式会社 研究所

に鑑み、集団不発原因探究の次の諸事項に就いて実験を試みた所、不発の原因は従来一般にリーケージに依るものが主であつて、高周波電流に依るものでない結論に達した。茲に拙文を草して斯界の御参考に供し、今後の御鞭撻を得るならば望外の喜びである。

(a) コンデンサーの充放電に依る点火器は必ず過渡現象に依る異常電圧が起るや否や。

(b) たとえ起つたとしても其の強さ、持続時間は如何程か。(点火玉発火所要時間に対する考慮)

(c) たとえ起つたとしても高周波が何時も、どの発破回路にも乗り、前記の定在波を誘発するや否や。

(d) 定在波が乗つたとしても、それが回路の中央部の雷管を残留せしめ両端の雷管を発火させるものなりや否や。

(e) 2個以上の雷管を直列に接続した場合、各々に流れる電流差がどの位迄不発発生に影響するか。

(f) 発破回路に故意に定在波を乗せ、其の断線時間が幾 ms あれば両端が発火するか。

(g) リークを多くした時、従来一般に考えられた様に中央部に不発を生ずるや否や。

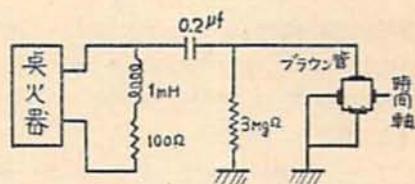
(h) 交流電源の如き立上りの緩い波形が如何程不発に影響するか。

II 試験方法及び結果

§1. 各種点火器の異常現象発生の有無

日本化薬製 NSC 型、NBC 型、V-1 型の各種コンデンサー式標準点火器並に整流電源をコンデンサーに充電して、双型開閉器に依り放電せしむる試験点火器

を用い、図1に示した如く抵抗 100Ω 、インダクタンス 1mH の擬似負荷を直列に接続した回路にて異常現象発生の有無を、陰極線オシログラフに依り検討した。



第1図 電圧波形測定等価回路



写真 1

NSC 型点火器の放電波形

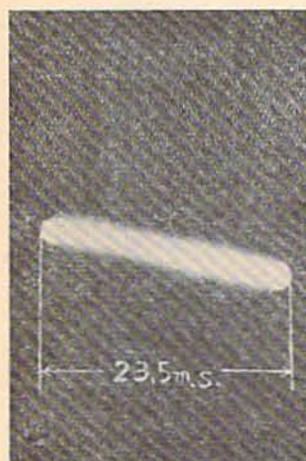


写真 2

NSC 型点火器の放電波形

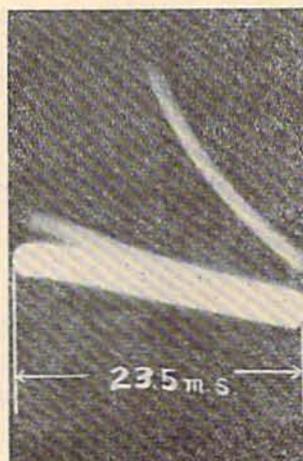


写真 3

V-1 型点火器の放電波形



写真 4

NBC 型点火器の放電波形

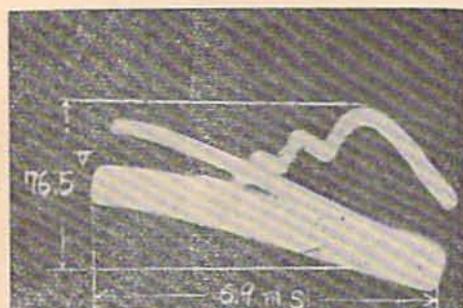


写真 5

接触不良の双型開閉器を用いた時の一放電波形(1)

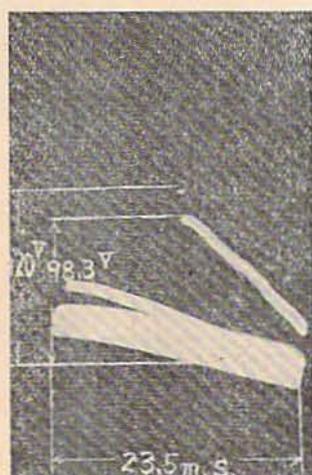


写真 6

接触不良の双型開閉器を用いた時の一放電波形

写真1は NSC 型点火器（発電機より発生したエネルギーを一旦コンデンサーに蓄積し、一定電圧に達した後、放電管に依り負荷側に放電せしめる方式の点火器）に依るもので、充電中（写真2）も発電時も発電機からのブラッシュからのスパークらしいものが出ているが特に異常現象は認められなかつた。V-1 点火器（電池電圧をバイブレーターに依り昇圧し、之をコンデンサーに充電し一定電圧後開閉器に依り、負荷側に放電せしむる方式の点火器）に依る記録は写真3の通りで何回実験を行つても異常現象は起らず理想的な発破波形であつた。

写真4は NBC 型点火器（積層乾電池にてコンデンサーを充電して一定電圧に達した後、特殊開閉器に依り負荷側に放電せしめる方式の点火器）に依るものである。

写真5,6は60サイクルの交流電源を整流管にて整流した直流電源にて $24\mu\text{F}$ のコンデンサーを充電し、極

めて接触不良の双型開閉器で放電する如き構造の前記試製点火器の代表的な記録であつて、開閉器の入れ方に依り此の様に種々の放電波形を描く。

斯かる波形は発破電源として勿論不適當であるが、此の様な一定の波形を常に発生せしめる事は極めて困難である。尙、写真5に於ける異常電圧は 0.7ms で減衰し、写真6に於ける開閉器の接触不良に依る現象は 5.5ms で終つている。

§2. 電氣雷管の斉発に依る集団不発発生の可能性

脚線長 1.5m の電氣雷管の点火玉 100 個を直列に結線して、電氣回路常数を横河製 Q メーターに依つて実測した結果を理論的に解析して、高周波振動の発生の可能性を検討し且仮りに振動が発生したとして、振動持続時間が果して発破に関与する程の時間なりや否やを検討した。

(a) 電氣常数の実測

100 個の電氣雷管用点火玉（脚線長 1.5m ）を直列に大地に対して $100\text{meg}\Omega$ 以上の絶縁を持たせて結線し、中央から一方の端子までの 50 個の雷管に就いて其のインダクタンス L_0 、キャパシタンス C_0 、純抵抗 R_0 及び高周波抵抗 R_f を実測した結果は、次の通りである。

$$L_0 = 0.173\text{mH}$$

$$C_0 = 192\mu\text{F}$$

$$R_0 = 55\Omega$$

$$R_f \text{ は } f = 225\text{kc} \text{ で測定した場合 } 60.5\Omega$$

$$f = 500\text{kc} \text{ で測定した場合 } 52.5\Omega$$

因みに脚線長 1.5m の電氣雷管 1 本の電氣常数は

$$L_0 = 2.68 \mu\text{H}$$

$$C_0 = 10 \mu\text{F}$$

$$R_0 = 1 \Omega$$

であつた。

以上の結果より、共振周波数 f_c を計算すると次の如し。

$$f_c = 1/2\pi \sqrt{L_0 C_0} = 865\text{kc}$$

$$\sqrt{L_0/C_0} = 945\Omega$$

$$Q = \sqrt{L_0 C_0} / R_f = 15.1$$

即ち 50 個の電氣雷管が直列に結線されて居れば、此の実験では 865kc の高周波が共振回路となる。

(b) 振動発生の可能性に就いて

(i) コンデンサーを充電した後、スイッチンした時の過渡現象に依る振動に就いて実測結果より理論的に解析した。尙発破回路の等価回路は図2の通りである。

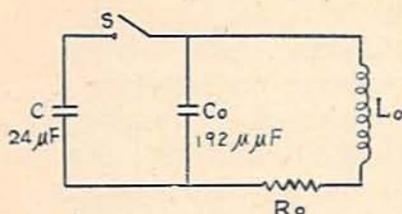


図2 発破回路の等価回路 (1)

即ち $C \gg C_0$ であるから振動回路は C, L_0, R_0 に依つて考えられる。開閉器 S を挿入して此の振動回路に振動が発生する条件は

$$R_0 < 2\sqrt{L_0/C_0}$$

である。然るに

$$2\sqrt{L_0/C_0} = 5.4\Omega$$

$$R_0 = 55\Omega$$

であつて、振動条件を満足しないので此の回路では振動は発生することは不可能である。実際の鉱山に於いて電気雷管にコンデンサ型点火器を働かす時、雷管結線に依る浮遊容量 C_0 は点火器のコンデンサ C に比し非常に小さく、上記の振動電流を誘発することはない。

(ii) 振動が誘起された場合の持続時間と其の電流の大きさ

何かの原因で図3の回路が形成されたとして振動持続時間を検討した。

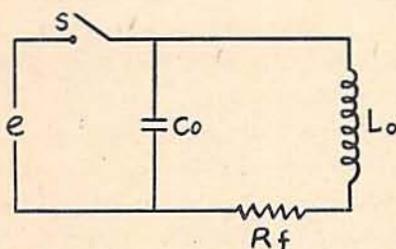


図3 発破回路の等価回路 (2)

$$R_f = 60\Omega$$

$$\therefore R_f < 2\sqrt{L_0/C_0}$$

故に振動は起る可能性が生ずる。此の場合の振動電流は次式で与えられる。

$$i = 2E/\sqrt{4L_0/C_0 - R_f^2} e^{-\alpha t} \cdot \sin \beta t \dots (1)$$

$$\alpha = R_f/2L_0$$

$$\beta = 1/2L_0 \cdot \sqrt{4L_0/C_0 - R_f^2}$$

E はコンデンサの充電電圧である。

$$R_f < 2\sqrt{L_0/C_0}$$

と考えられるから (1) 式は (2) 式の様になる。

$$i = E/\sqrt{L_0/C_0} \cdot e^{-R_f/2L_0 t} \cdot \sin 1/\sqrt{L_0/C_0} \dots (2)$$

(2) 式の第一項は電流の振巾を定めるものであり、 E を直流電圧と等しいと考え、直流電流 i_0 と此の振動電流の実効値 i_{He} との比は

$$i_{He}/i_0 = R_0/\sqrt{2} \cdot \sqrt{L_0/C_0} = 0.04$$

となる。

振動が発生後其の最大振巾の $1/e^2$ (約13%) になる迄の時間を計算すると

$$t = (2L_0/R_f) \times 2 = 0.01ms$$

即ち最大電流が $10\mu s$ で13% 迄減衰する。振動が過渡現象に依つて起つたとしても直流電流の4%の振巾であり、之の13% 迄減衰するのに $10\mu s$ という短時間では電気雷管を発火せしむるには充分な時間でないことは図4に依つて明らかである。其の裏付けとなるデータは次項に示す。

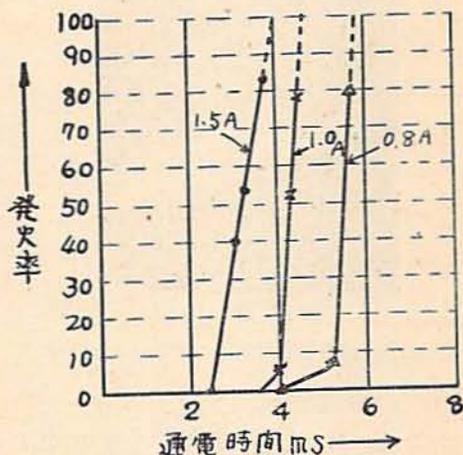


図4 電気雷管の電流、通电時間と発火率の関係

§3. 直列結線の電気雷管各発通電流差に依る斉発性の検討

数個の電気雷管を図5の如く A, B 二群に分けて接続し、乾電池に依る各個に電流差をつけて斉発させた結果は表1の通りである。

該結果に依れば、通電電流差が極端に大でなければ (例えば1A に対して2Aの如く2倍以上にならなければ) 不発を生じない。依つて前項に明らかな如く小電流且短時間の高周波に依つて電気雷管が発火することは不可能であると考えられる。

§4. リークageが無いと認められる発破回路の斉発に於ける不発の分布状況

(a) 開閉器の接触不良の場合

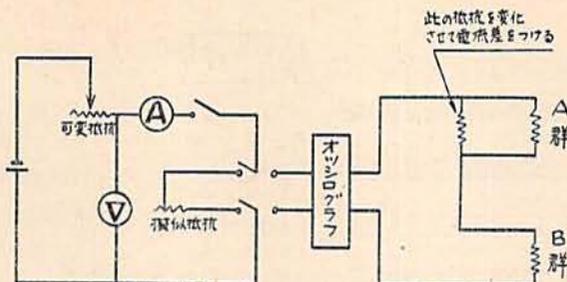


図5 電気雷管の斉発性の測定回路

表1 直列結線電気雷管各発通電流差に依る斉発特性

グループ別	A	B	A	B	A	B	A	B	
電流 (A)	0.6	0.8	0.5	1.0	0.7	1.0	0.8	1.0	
発火率×実験回数	1/1×2	1/1×2	2/3×3	2/3×3	2/3×3	2/3×3	2/3×1	2/3×1	
白金線の切断又は焼断時間 (m.s.)	—	—	—	6.3 6.9 7.9	—	7.5 7.6 8.2	—	6.7	
グループ別	A	B	A	B	A	B	A	B	
電流 (A)	1.0	1.2	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.8	
発火率×実験回数	1/1×2	1/1×2	1/1×4	1/1×4	2/3×3	2/3×3	1/1×3	1/1×3	
白金線の切断又は焼断時間 (m.s.)	—	—	8.7 9.5	11.4 11.7	6.4 6.7	8.4 11.2	9.5 6.6 8.2	6.7 4.8 6.1	12.2 10 11.3
白金線の切断又は焼断時間 (m.s.)	—	—	8.7 9.5	11.4 11.7	6.4 6.7	8.4 11.2	9.5 6.6 8.2	6.7 4.8 6.1	12.2 10 11.3
グループ別	A	B	A	B	A	B	A	B	
電流 (A)	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.5	0.75	1.5	
発火率×実験回数	1/1×2	1/1×2	2/3	2/3	2/3	2/3	1/1	2/3	
白金線の切断又は焼断時間 (m.s.)	10.5 8.5	7.7 4.8	7.3 6.7	3.5 4.8	—	6.3	—	4.4 5.1	

表2 充電電圧と不発率との関係

番号	充電電圧 (V)	抵抗 (Ω)	不発率 (%)	電流値 (Amp.)				オシログラム
				オシログラムに依る				
				計算尖頭電流	尖頭電流	有効電流	通電時間	
1	210	108	69/100	1.95	—	—	—	
2	200	100	96/100	2.0	1.6	0.53	3.2	
3	230	108	22/100	2.13	1.96	0.65	3.5	
4	240	104	16/100	2.30	2.07	0.69	3.6	
5	250	100	0/100	2.5	—	—	—	

100個の電気雷管を直列に結線してコンデンサー型点火器に於いて、異常現象が出来るだけ起り易い開閉器の接触が極めて不良なるものを選び、電流を流した時其の不発分布が如何になるかを調べた結果は、表2及び図6の通りで、其の時の回路構成は図7の通りである。

又100個の電気雷管(白金線のみ)を大地に対して15megΩ以上に絶縁して図8の様に結線して5カ所の電流を放電時に電磁オシロに依り測定した時の尖頭電流値は2.1Aで殆んど一様に流れて居るので、集団不発の原因になる様な電流分布はない。



図6 試験点火器を用いた時の充電電圧の変化に依る不発分布の状況

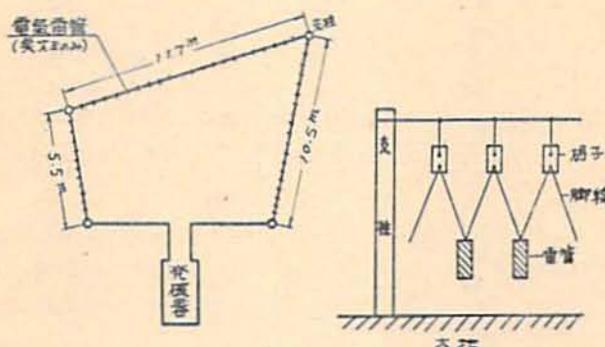


図7 発破回路の配置寸法図

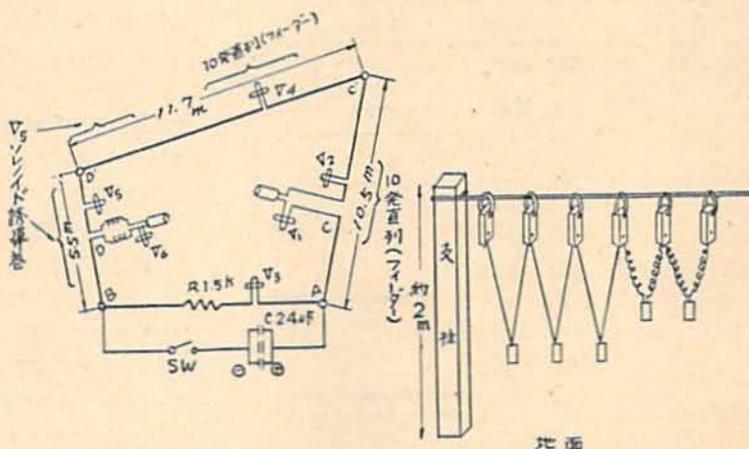


図8 発破回路の電磁オシロ挿入位置

(b) V-1 点火器 (開閉器の接触は良好) を用いた高発試験に於ける不発発生箇所を検討

V-1 点火器を用いリーケージなき状況の下に実際

尖端電流	不発率
1.95	99/100
2.0	96/100
2.13	22/100
2.3	16/100
2.5	0/100

500Vメガーに依る絶縁抵抗は表3の通りである。

表 3

測定位置	絶縁抵抗
A点と地面間	15MΩ
V ₆ のリードを切つた時	60MΩ
V ₁ ~V ₆ のスイッチを切つた時	80MΩ
V ₁ のリードを切つた時	100MΩ
D'C'間を切断してV ₁ のスイッチを入れた時 (中央V ₄ のリードを切つた時)	60MΩ
V ₁ , V ₂ のスイッチを入れた時	60MΩ
全スイッチを入れた時	55MΩ
DC間を接続する時	13MΩ
工業台と地面間	20MΩ

回路中の位置の変化に依る電流値は表4の通りである。

表 4

測定位置	尖端電流値
V ₁	2.1 A
V ₂	2.13A
V ₄	2.15A
V ₅	2.17A
V ₆	2.13A

の雷管を図9の如く80発直列に結線し、高発させた所表5の如き結果で前項実験と同じく不発は不規則に出て中央部集団不発の現象はなかつた。

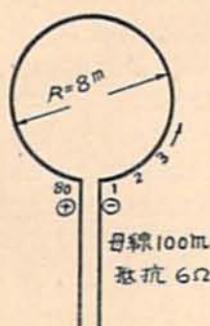


図9 電気雷管結線図
(数字は電気雷管配置順番)

第5表

	No.1	No.2	No.3
総抵抗	90Ω	88Ω	87Ω
雷管抵抗	84Ω	82Ω	81Ω
不発率	3/80	3/80	0/80
不発箇所	3.10.14. 15.25.	19.42. 79.	—
尖頭電流	1.67A	1.65A	1.60A
尖頭電圧	140V	140V	142V
爆発時間	7.2m.s.	4.7m.s.	4.4m.s.

§5. 電流立上り傾斜の検討 (交流電源の時)

交流電源で不発が起ると云う現象は、その波形の立上り傾斜が緩い為、感度不揃の雷管中感度鋭敏なものがカスカスの電流で発火することである。今之を立証する為直流電源を使用して図10の測定回路に依つて実験した。其の結果は表6の通りで立上り傾斜の緩いものは不発発生が多い。尚図11は測定波形の一例である。

実際の例に於ても同一の電圧では45サイクルの場合には50サイクルの場合よりも不発発生率が多いのは事実である。

§6. 高周波電流を定在的に電気雷管に流した時の不発性の検討

電気雷管を直列に接続して高周波電流のみを定在波

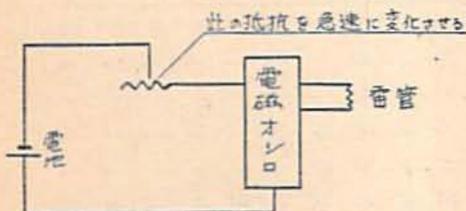
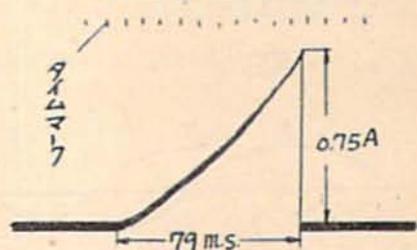


図10 電気雷管の通電時間制御測定回路

表6 電流傾斜の緩急と完爆率との関係

最終目標電流 (A)	爆発時の電流 (A)	傾斜 (緩急)	爆発迄の間 (m.s.)	完爆率
0.8	0.72	急	95	9/10
0.8	0.4	緩	173	7/10
1.0	0.75	急	91	10/10
1.0	0.75	急	79	10/10
1.0	0.45	緩	279	7/10
2.0	1.10	急	78	10/10
2.0	0.6	緩	125	8/10

立上り傾斜急なもの



立上り傾斜緩きもの

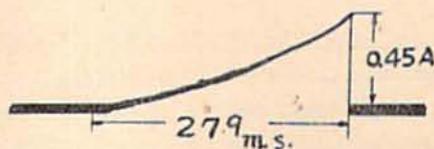


図11 通電時間と電流との関係波形

的に流した時、高周波電圧及び電流のノード附近の雷管が不発に終り、又発火する雷管は如何程の通電時間であるかを検討した。実際に用いた高周波発振源は東芝製発振管 2T24 を並列にした陽極格子同調型の周波数 60mc、最大出力 100W の発振器である。図11は本装置に電気雷管を直列に接続した例である。

電気雷管を含む負荷回路に 60mc の定在波をのせる為、整合用コンデンサーに依つてランプの輝度を比較して同調をとつた所、図12に示した距離に於て L_2 が電流 0、電圧が最高になり L_1 , L_3 の位置は負荷が容易にとれる点であることが判つた。即ち定在的に雷管の関係位置を等価回路で示せば図13の様になる。

先づ高周波発振出力を出来るだけ少くし、即ち発振管の陽極入力を 31.7W にして、通電時間をミリセコン

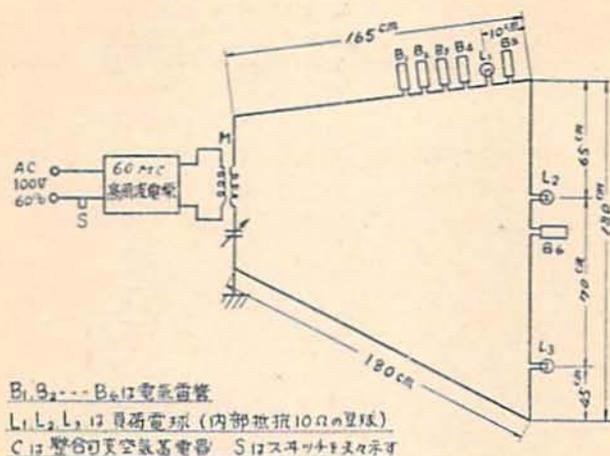


図12 高周波電源による発火構成図

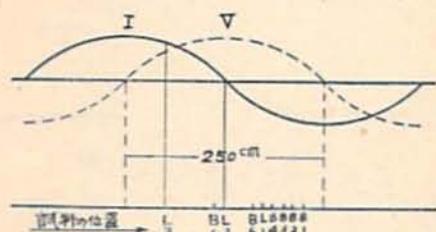


図13 高周波波形と電気雷管との関係位置

スイッチ（日式点火薬発火感度試験器）を使用して10ms, 5ms, 2msの各時間で発火の可否を調べた所、表7の如く10ms, 5msでは B_4 が発火し、2msでは10回の試験に於て全然発火しないことが判明した。此の時の雷管に流れた高周波電流を負荷ランプの輝度を直流電流にて比較校正した結果、概略280mAであった。但し此の電流値は高周波が定在波になって居る為、位置に依つて異なるが、表7で解る様に発火する雷管の位置は B_4 に限られて居り、上記の280mAは此の点の電流値で此の点が負荷としては最もとれる

位置の様であつた。陽極入力31.7Wにして通電時間を2msにすれば完全不発である為、陽極入力を約3倍の92Wにして通電時間を8msにして発火の程度を調べた所4発に1発の程度で発火した。

入力が3倍になった時、発振出力も比例的に3倍になったと仮定すれば、此の時の高周波電流は $280\text{mA} \times 3 = 840\text{mA}$ となる。

次に入力を162.5Wにして2ms通電した所、不発は B_1, B_2 及び B_5 、発火は B_3, B_4 及び B_5 であつた。此の時の高周波電流を前記の様に推定すると1.4Aであつた。

之を考察して見るに定在波が回路にのつた場合、其の位置に依つて不発が集団

的に起る可能性のある事は言えるが、前述の§2項で論じた様に10 μs というが如き短時間では全部不発に終ると考えられる。然し乍ら電気雷管を接続した図12の回路は大地に対して完全に絶縁して上記の諸種のデータを求めたのであるが、此の回路を大地に接近せしめてその静電容量を種々に変えた所、負荷の豆球の輝度から完全絶縁の場合に高周波電流のノードであつた位置は常に一定でなく配線の仕方に依つて変化する事が判つた。之を鉱山で実際に電気雷管結線の場合に就いて考えて見るに、点火器からの母線と直列結線の電気雷管の回路の長さが例え一定であつても、高周波電流の定在波のノードの位置は配線と大地間の静電容量に依つて不定で、常に一定の位置に不発が起きるとは言い難い様に考えられる。

以上の実験は高周波電源のみに依つて電気雷管の不発状況に就いて検討を加えたのであつて図12からも判る様に母線の往復の長さが等しい時、直列の電気雷管の中央部に定在波の高周波電流ノードを作る為には其の負荷回路は電源に対して不平衡に接続されねばなら

表7 高周波電流の通電時間と発火率との関係

発火の電気雷管の位置	通電時間 (m.s.)	陽極入力 (W) B_4 の高周波電流 (mA)	試験回数 (雷管は通電1回毎に変へた)												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
B_4	10	3.17W 280mA	発	不	不	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	5	3.17W 280mA	不	不	発	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	3.17W 280mA	不	不	不	不	不	—	—	—	—	—	—	—	—
B_4	8	92.0W 840mA	不	不	不	不	不	—	—	—	—	—	—	—	—
	2	92.0W 840mA	不	不	不	不	不	不	不	不	不	不	不	不	不
B_3, B_4, B_5	2	162.5W 1.43A	発	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

表 8 発破回路のリーケージによる不発に関する実験結果

試料	脚線接続	絶縁抵抗	脚線抵抗 大脚線 中脚線	起爆電圧	起爆電流	電流分布状態	不発分布状態	不発率
大 気	ビニール	地上にて 地面と脚線間 90 MΩ 脚線間(中央切断) 100 MΩ以上	83 Ω	166 V	20 A			50/50
	綿巻	地上にて 地面と脚線間 0.7 MΩ 脚線間(中央切断) 0.7 MΩ	79 Ω	159 V	20 A			80/50
水 道	ビニール	地上にて 地面と脚線間 100 MΩ以上 水中にて 脚線間(中央切断) 70 MΩ以上 水中にて 水と脚線間 0.2 MΩ 脚線間(中央切断) 0.7 MΩ	79 Ω	159 V	20 A			90/50
	綿巻	地上にて 地面と脚線間 0.2 MΩ 脚線間(中央切断) 0.7 MΩ 水中にて 水と脚線間 0.2 MΩ 脚線間(中央切断) 0.7 MΩ 水中にて 水と脚線間 10 MΩ 脚線間(中央切断) 10 MΩ	79 Ω	159 V	20 A			90/50
食塩3% 溶液	ビニール	地上にて 地面と脚線間 100 MΩ以上 水中にて 脚線間(中央切断) 100 MΩ以上 水中にて 水と脚線間 0 MΩ(20 M) 脚線間(中央切断) 10 MΩ 水中にて 水と脚線間 0 MΩ(20 M) 脚線間(中央切断) 10 MΩ	79 Ω	159 V	20 A			80/50
	綿巻	地上にて 地面と脚線間 100 MΩ以上 水中にて 脚線間(中央切断) 100 MΩ以上 水中にて 水と脚線間 0 MΩ 脚線間(中央切断) 10 MΩ 水中にて 水と脚線間 0 MΩ(20 M) 脚線間(中央切断) 10 MΩ	80 Ω	60 V	20 A			80/50
綿巻	地上にて	地面と脚線間 0.1 MΩ 脚線間 0.5 MΩ	80 Ω	75 Ω	50 V	20 A		40/50
	水中にて	水と脚線間 0.15 MΩ 脚線間(中央切断) 0.65 MΩ	81 Ω	75 Ω	150 V	20 A		50/50

試験条件

1. 絶縁抵抗の測定には500V×ガーと3Vアスターストを使用す
2. 使用装置装置はFig.1に如し
3. 試料は各ビニールパン7個、綿巻パッキン5個、電線電取用火線が20m×7つ付
4. 水中では溶液中の試料は各10個性に各水す (Fig.2参照)
5. 試料は各々30秒づつにて試験した。(Fig.3配線図参照)
6. 水槽の容量はFig.4に如し
7. 水道水の抵抗はFig.5の如し(抵抗測定にはコクラン・フリンク使用抵抗は5mm Dia×5mm×鋼棒)
8. 食塩3%溶液の抵抗はFig.6に如し

Fig.1

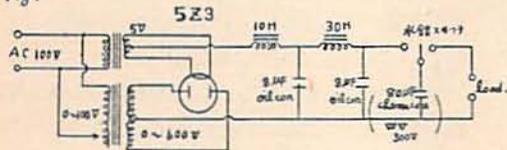


Fig.2

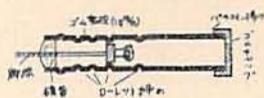


Fig.3

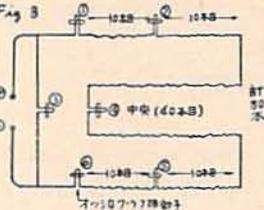


Fig.4

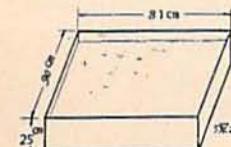


Fig.5

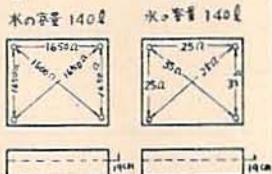


表 9 脚線の種類と絶縁抵抗との関係

脚線種類	綿 巻 線				エナメルホルマル ビニールバンク線				ビニールバンク線				
	斉 発 数 (ケ)	抵 抗 (Ω)	母線の 絶縁抵 抗 ($k\Omega$)	発破回 路絶縁 抵抗 ($k\Omega$)	齊 発 数 (ケ)	抵 抗 (Ω)	母線の 絶縁抵 抗 ($k\Omega$)	発破回 路絶縁 抵抗 ($k\Omega$)	齊 発 数 (ケ)	抵 抗 (Ω)	母線の 絶縁抵 抗 ($k\Omega$)	発破回 路絶縁 抵抗 ($k\Omega$)	摘 要
金 盛	31	34	100以上	6.0	21	27	100以上	100以上	20	21	100以上	100以上	
23L23号	27	28	100以上	1.05	—	—	—	—	—	—	—	—	結線直後
階 段	27	—	100以上	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	結線後 40分
23L17号	15	17	∞	1.2	—	—	—	—	13	20	∞	∞	結線直後
冠 打	15	—	∞	0.7	—	—	—	—	13	—	∞	∞	結線後 4時間

ない。即ち点火器の出力端子から母線及び電気雷管が中央部より完全に対称であれば高周波は定在波になり得ない事を附言しておく。

§7. リークージに依る中央部不発発生の確認

前項の実験と対称的な意味を以つて、従来の概念通り、リークージに依り不発が生ずる場合果して中央部に生ずるか否かを実験した。供試試料は綿巻脚線並にビニールバンク線の両者を比較の為使用し、媒質としては大気、水道水、3%食塩水の3種を試験したが表8に示す如く、綿巻線は大気中及び水道水中にては概して不発を生じないが、3%の食塩水中では中央部に於いて多くの不発を生じた。然も回路中、数箇所の電流を電磁オシロに依り測定したが、中央部は現実に電流は少なかった。(例えば両端が2.3Aの時、中央部では1.5A) ビニールバンク線は大気中、水道水中及び3%食塩水中共不発を生ずる事無く、各部の電流も有意差を認めなかつた。

§8. 鉦山に於けるリークージに依る不発と見做される実験例

生野鉦山に於いて20~30発の斉発を行う場合、綿巻線の時には不発を生ずるので、之をビニールバンク線に代えたら不発が出なかつた。綿巻線の場合アソコを込めてから3時間経過すると絶縁抵抗が1.2k Ω から0.7k Ω に減少し、又別の切羽では40分後には1.05k Ω から0.5k Ω に減少し、斯かる場合には不発を生じ易

かつた。然も此の現象の原因はアソコ合酸水分が脚線間のリークージを生ぜしめたものと思考する。其の測定結果は表9の通りであつた。尚、ビニール脚線の時にはリークージ並に不発は皆無であつた。

III 結 言

本文に詳述した実験結果より多数発発破回路に於ける中央部不発発生の主原因は、高周波電流の定在波誘発に依るものでなく漏洩抵抗(リークージ)に依つて起るものと確信するものである。

又、コンデンサー式点火器の電流波形は発破回路の電気常数から高周波を重量する機会は殆んど無く、交流電源の波形の様に立上り傾斜の緩慢なものに比し、寧ろ優秀な斉発特情を有することが判明した。

不備なる点火器に依つて、たとえ波形に過渡現象に依る異常電圧、若しくは高周波が発生したとしても、電気雷管の一部のみを発火せしむる前に減衰してしまうことも実験的に証明し得た。

拙稿を撰筆するに際し、京都大学工学部鉦山学教監藤中雄三氏並びに日本化業仁豊野作業所小原博英君の絶大なる協力に感謝の意を表する。

文 献

- 1) 石山舎人：工業火薬協会春季講演会(昭28.4.26) 石灰石 No. 22 (昭28.3)