

な実験結果である。いづれも曲線は上に凹に急速に減衰し、両曲線のすそは1,500~2,000m/s に近づいている。筆者の実験結果は爆薬の威力から見て下に位するのは当然であろう。

V 総 括

水、アルコール、グリセリン、水銀、硫酸等の液体について、TNT($\Delta 0.95\text{g/cc}$ 300g)の爆発衝撃による衝撃波速度を測定した。

この内では、グリセリン、アルコールが最高で、

水銀は最も低速である。水銀の低速性は、これらの液体の中では最も簡単な構造と高い比重をもつためと考えられる。

又、水内の速度減衰曲線を他の実験と比較したが、その他の液体についての測定例は今の所見当たらない。

絶えず温情を以て指導、鞭撻される村田勉博士、並びに東京大学理学部平田森三教授、同工学部足田強教授に感謝する。

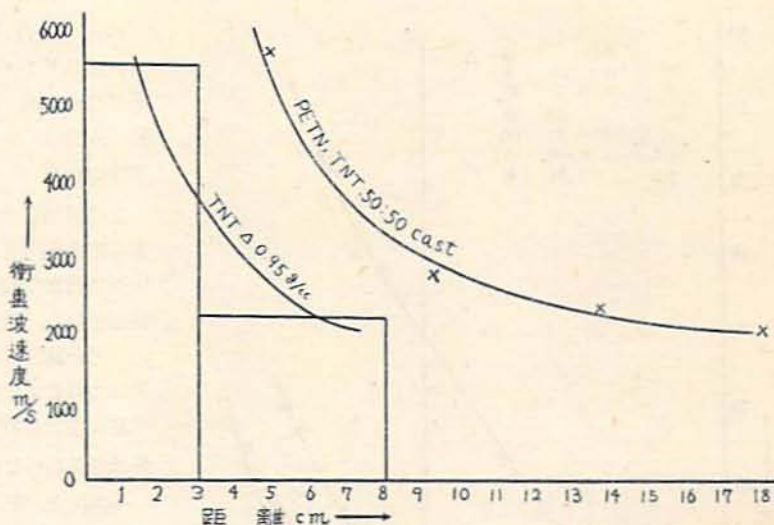


図2 水内の衝撃波速度減衰図

文 献

- (1) 桜井武尚, 大協誌 15 257 (1954)
- (2) A. NADAI: THEORY OF FLOW AND FRACTURE OF SOLIDS p. 32 (1950)
- (3) A. A. GRIFFITH: Trans Roy. Soc. London ser A, 221 163 (1921)
- (4) R. H. COLE: UNDER-WATER EXPLOSIONS p. 219 (1948)(PRINCETON)

電気雷管に関する研究 (第4報)

漏洩電流ある場合の電気発破について

(昭和30年7月18日受理)

木 下 四 郎

(日本化薬株式会社折尾作業所火工品研究課)

緒 言

電気雷管に関する研究の第3報¹⁾で電気雷管の斉発理論電気発破器の設計基礎式各種結線法による場合の電気発破等について述べたがここに漏洩電流ある場合の電気発破について述べる。

電気雷管を用い水の多い場所で発破を行うと屢々不発残留を生ずることがある。この原因は発破回路の絶

縁抵抗が低下し漏洩電流を生ずるためであるとされている。

然し石山氏²⁾は電気発破に於ける集団不発の発生は回路の発振によるもので漏洩電流の影響ではないという見解を発表されたが山田氏、馬場氏等³⁾は之に対して理論的並びに実験的に反論された。又山田氏等は昭和30年火薬協会春季講演会にて脚線間の静電容量が不発の原因の一つであるとの研究成果を発表されたがこ

れは漸減電流無い場合でも不発を生ずることがあることを明らかにした貴重な研究である。筆者はかかる場合のことは考慮に入れず試験間で漸電ある場合のみについて検討してみた。

この問題に対して今迄発表されている研究は何れも点火時間及びそれ等のバラツキ等を考慮に入れない statical な考え方であつたがこれらの要因を考慮に入れて漸減電流ある場合の電氣発破を dynamical に考えてみた。即ち先づ第一に漸減電流ある場合の不発残留発生の問題を数式的に解明しこの式と実験値の適合性を調べることにした。第二に実験発破の現場に於いて問題となるのは第一の如き不発々々の確率ではなくてこの発破が成功するか失敗するかということを知ることであるからこの解決法を一表に集約してみた。然しこれら二つの手法も現場的な見地からはかけ離れた感があるのでより実地的な問題即ち綿巻試験付電氣雷管は水中で発破させる場合は発破可能数ほど低下に低下するものであるか又ビニール試験は有効かどうかという様な点を検討してみた。

第 1 章

第1図の如き試験部分のみで漸電ある直列回路の場合を考えると両端の電氣雷管には最大電流 I が流れ中央部になるに従つて漸減のために電流値は次第に低下し中央部の電氣雷管には最低電流 I_n が流れることになる。この場合の不発の発生を第2図により図式的に説明すれば I なる電流値が漸減あるために最小 I_n になつたとした場合 I が流れる電氣雷管はもなる平均電橋切断時間後に爆発しその直列回路は断たれる。従つてこの時間内にすべての電氣雷管も点火しておれば不発は生じないわけでこの最低電流値が I_0 となること

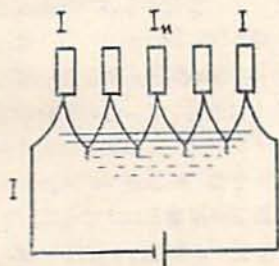


図 1.

は図から明らかである。故に I_n の値が I_0 よりも小さければ不発残留を生ずることになり I_n の値が I_0 より大ならば全量発破することになる。然し以上の説明には電橋切断時間及び点火時間をそれぞれ平均値と

して考えているが電橋切断時間及び点火時間は前報¹⁾で述べた如く正規分布をなしてバラツキで居るのでこの各々の標準偏差を考慮に入れて論ぜねばならぬことになる。即ち回路に漸減電流ある場合の発破の問題も推計学的に取り扱わねばならない。

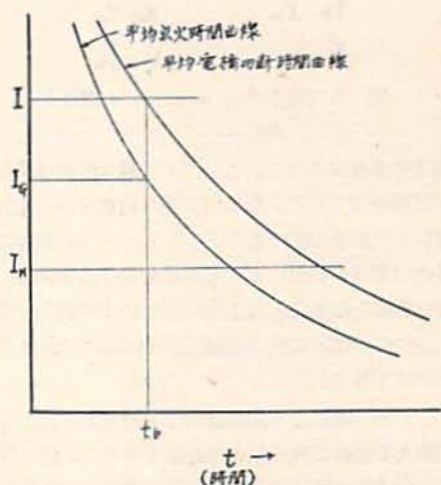


図 2.

然し乍ら漸減電流ある場合を前報¹⁾に述べた如き推計学的方法により取扱うことは困難である。なんとすれば一定の電流値にて電氣雷管の一個一個を発火させた場合は点火時間は推計学的法則に支配された分布をして居りその型は正規分布であつた。²⁾ 漸減電流がある場合は第1図に示す如く個々の電氣雷管に流れる電流値は試験域又は結線部の絶縁度によりそれぞれ異なる場合もあり或いは数個は同じである場合もあろうがとにかく最大値 I と最小値 I_n の間に一定の関係無しに異つた値をとるわけである。然し上述せる如く同一電流値に対しては点火時間は正規分布をしておるので

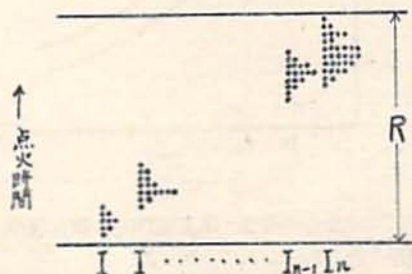


図 3.

電流値 I, I_1, \dots の各々に対しては第3図の如く正規分布をしているわけで全体的にみれば n 個のサンプルを取ればある範囲 R 内に分布しているので前報²⁾で述べたと同じく

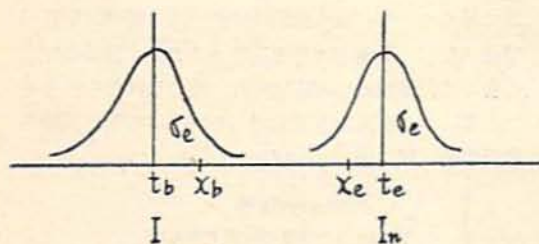


図 4. (図中左の σ_e は σ_b の誤り)

$$R \leq \tau \dots (1)$$

が奇発の条件式となる。ここに τ は最大電流値 I に対する点爆時間である。然し第3図の分布は同一電流値に対しては正規分布であるが I, I_1, \dots, I_n 全体に見た場合は漏洩の状況によりその都度異り分布法則に従わない分布となることは上記の説明により明らかである。従つて $R \leq \tau$ の先の議論を前報の様には進められないわけである。

そこで別の観点より確率論的な考慮を取り入れて漏洩電流ある場合の奇発発火の問題を考えた。第4図に於いて左は最大電流値 I の時の電橋切断時間の分布を示し右は電流値 I_n の時の点火時間の分布を示すものとする。即ち電橋切断時間の平均値を t_b 、その分散を σ_b 、点火時間の平均値を t_e 、その分散を σ_e とする。

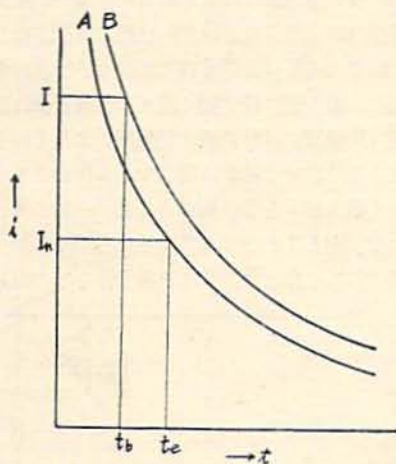


図 5.

今この二つの分布から各一本宛無作意に抜き取つた時の秒時をそれぞれ x_b, x_e とすれば

$$x_b \geq x_e \dots (2)$$

が漏洩電流ある場合の全致完爆する条件式となる。なんとすれば通電後 x_b 時間でその直列回路は切断されるのでそれ迄に最低電流が流れる電気雷管も点火していなければならないがこの点火迄には x_e 時間を要するから $x_b \geq x_e$ なら最低電流の流れる電気雷管の点火

時間以上通電していることになるからこの雷管も発火するわけである。さてこの確率を求めるため $y = x_b - x_e$ なる値の分布を考えると y は平均 $\bar{Y} = t_b - t_e$ 標準偏差 $\sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_e^2}$ の分布に従う。それで $x_b \geq x_e$ ということは要するに $y \geq 0$ ということであるから $y \geq 0$ となる確率を求めればよいがこれは分布函数を0から ∞ まで積分したものである。これは分布函数を規準化して

$$t = [y - (t_b - t_e)] / \sqrt{\sigma_b^2 + \sigma_e^2} \text{ なる } t \text{ に於いて}$$

$y=0$ とした場合の t の値 t_0 より ∞ に至る迄の正規分布の累積度である。従つて求める確率 $\phi(t)$ は

$$\phi(t) = \int_{t_0}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt \dots (3)$$

となる。故に $t_b, t_e, \sigma_b, \sigma_e$ の値を知れば $\phi(t)$ の値は統計数値表より求めることが出来る。

次に計算法について述べる。第5図について直流電流を使用し漏洩がある場合について述べる。電気雷管の平均点火時間曲線を A 、平均電橋切断時間曲線を B とする。この両曲線の求め方は前報で述べた通りである。さて電流は直流なのでその値は時間とともに変化しない。今最大電流値 I 、最小電流値 I_n とすると I なる電流と B 曲線の交点迄の時間 t_b はその直列発破回路に電流が流通しうる平均時間を示している。この電流値の場合の電橋切断時間の分散 σ_b も実測出来て表示されている。又最小電流値 I_n に対する平均点火時間 t_e 及びその分散 σ_e も同じく求められるので(3)式にこれらの値を代入して計算すればその様な発破を何回も繰返した場合の完爆する確率を求めることが出来るわけである。

使用電源にコンデンサー式発破器を用いた場合は電流値は時間とともに変化するので直流の場合程簡単ではない。即ち第6図に於いて A, B 曲線は直流の場合と同じであるが最大電流 I 及び最小電流 I_n は図の如く時間とともに変化する。この時有効電流値はそれぞれ破線の如くなり t_b, t_e は図上に求められるのでこの各々に対する分散 σ_b 及び σ_e も表より求められるので(3)式の計算が出来るわけである。さて時間とともに電流値の変化する様子は初電流を I_0 アンペア、エネルギー消費回路の抵抗を R オーム、コンデンサーの容量を C フラッドとすれば t 秒後の電流値 I アンペアは $I = I_0 e^{-\frac{t}{RC}}$ なる式から求められる。然しコンデンサー式発破器を使つて電気雷管の発火を行う場合は発火迄の時間は通常極めて短いので概算を行う場合は初電流について計算しても大差ないと仮定してみ

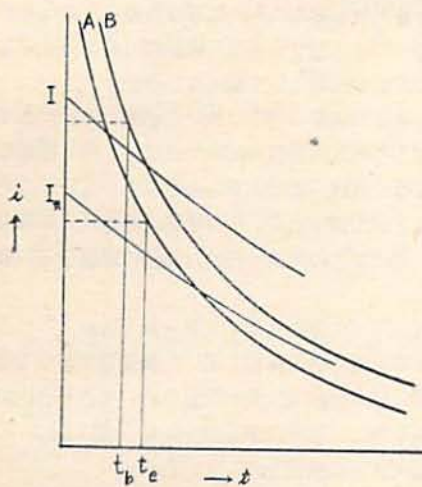


図 6.

る。(猶この仮定には色々意見議論のある点と思う。例えば脚線間の静電容量等を考えた場合は問題となる点であろう。)故に直流電流を用いる場合及びコンデンサー発破器を用いる場合最大電流 I を求めるには使用電源の電圧 V と回路の合成抵抗 R_s を実測すれば $I =$

図 7.

V/R , 式より求めることが出来る。

最小電流値 I_n を求めるには次の如くすればよい。橋本氏⁹⁾によれば電気雷管の抵抗 R_a , 脚線の絶縁抵抗 R_b , 容発個数 $S=2n$ が与えられると

$$\theta = \cosh^{-1}(1 + R_a/R_b), \quad R = \sqrt{R_a R_b / 2 + (R_a/2)^2}$$

が定まり $R_s = 2R \tanh n\theta$ より入力端子より見た合成抵抗 R_s が算出されるので R_s と母線の抵抗及び発破器の特性により母線に流れる電流即ち最大電流が求められる。従つて $K_s = I_n/I = 1/\cosh n\theta$ より最小電流 I_n が求められると述べている。この R_b と R_s との関係並びに I_n/I と R_b/R_a との関係は日本化薬株式会社の高山氏により詳細に計算されグラフとなつている。同氏の作成した表より抜粋縮尺したものを第7図第8図に示す。

次に実験例について不発の確率を計算してみた。漏電ある場合を模式的に考え第9図の如き配線にて最大電流 I と最小電流 I_n を作り同一 I の値に対して同じ実験を10回宛繰返しその完爆した回数を求めた。即ち第9図に於いて A, B は電気雷管を示し C は可変抵抗を示している。 A なる部分の電気雷管の個数を2個とし B なる部分の電気雷管の個数を4個とすると B なる

(高山氏作製の図表より抜粋縮尺)

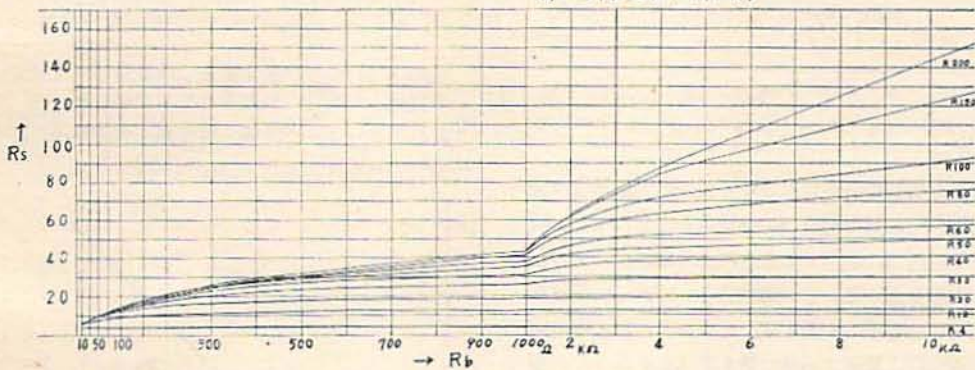
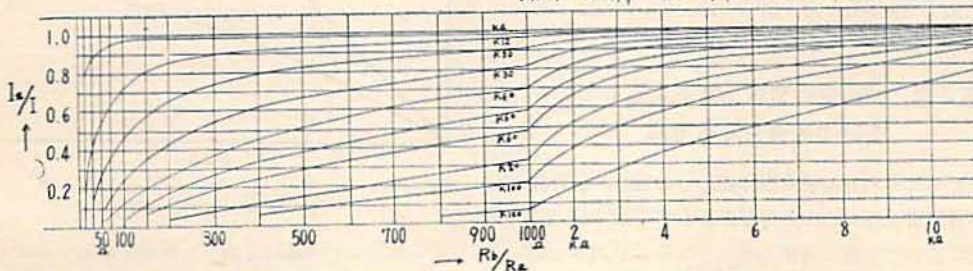


図 8.

$R_n = I_n/I$ 計算 (高山氏作製の図表より抜粋縮尺)



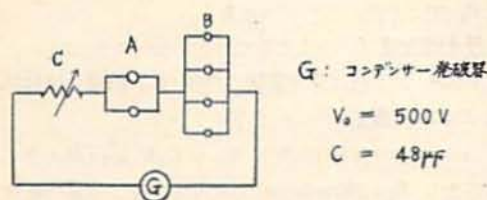


図 9.

第 1 表

合成抵抗 Ω	100	90	80	70	60	50
I Amp	2.50	2.77	2.97	3.57	4.17	5.00
t_b ms	1.90	1.75	1.70	1.50	1.25	1.15
σ_b ms	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
I_n Amp	1.25	1.38	1.48	1.78	2.08	2.50
t_e ms	2.30	2.00	1.75	1.40	1.05	0.75
σ_e ms	0.17	0.15	0.15	0.11	0.08	0.06
実験成績	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{5}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
完爆数 試料数	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{5}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$	$\frac{6}{6}$
完爆率%	0	0	50	70	70	100
実測 計算*	6.18	15.86	40.05	56.64	84.13	97.73

部分の電気雷管の各々には A なる部分の電気雷管に流れる電流 (I) の $\frac{1}{2}$ の電流 (I_n) が流れることになる。可変抵抗 O を適当に増減することにより電流値 I を変化させて実験を進めた。この実験値と (3) 式による計算値が如何なる程度に一致するかを求めてみた。その実験の成績並びに計算に必要な最大電流値 I 及びその場合の電機切断時間の平均値 (t_b) その分散 (σ_b)、最小電流値 I_n 及びその場合の点火時間の平均値 (t_e) その分散 (σ_e) 及び計算結果を第 1 表に一括したが観測値と計算値とはかなりよい一致をみせている。

第 2 章 結線後の合成抵抗を測定して 発破の成否を知る方法

以上述べた考え方は最大電流値 (I) の電機切断時間と最小電流値 (I_n) の点火時間が逆転する確率を求める方法であつたが更に厳密に考えるならば最大電流値と最小電流値より 1 段高い電流値即ち (I_{n-1}) との逆転

の確率等々をも考えに入れねばならぬことになるが前章で述べた考え方でかなり実験値に合う値を示しているので先ず充分として差支なからう。

然し実際の現場の発破に於いて必要なのは前章で述べた如き不発確率発生率の確率ではない。即ち簡単な計算によつて発破が成功するか失敗するかということを知ることが大切である。その手法は橋本氏⁴⁾の研究に出ているのでこの方法で行つた実験の成績を示し参考とする。

実験には 100 発掛コンデンサー式発破器として設計したものを、用い、綿巻脚線を用いた瞬発電気雷管を使い、第 9 図の如き結線法で発火試験を行いそれぞれ次の如き結果を得た。表に示した A, B は第 9 図の A, B 部の電気雷管の個数を示している。

第 2 表

結線 電気雷管 個数	完爆率 (%)										完爆した 時の電流 値 (Amp)			
	合成抵抗値 (Ω)										I	I_n		
A	B	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	5	I	I_n
1	2	60	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.55	2.75
1	3	-	-	-	0	60	100	-	-	-	-	-	11.8	4.16
1	4	-	-	-	-	-	-	-	0	60	60	-	-	-
2	4	0	0.50	70	70	100	-	-	-	-	-	-	5.00	2.50
3	6	-	-	-	-	0	-80	100	-	-	-	-	8.33	4.16

完爆率は 10 回の実験を繰返し A, B 両部の電気雷管とも完爆した場合の回数を百分率で示した。

これらのデータより最大電流最小電流が得られるので第 10 図の如き寄発可能領域図が得られる。

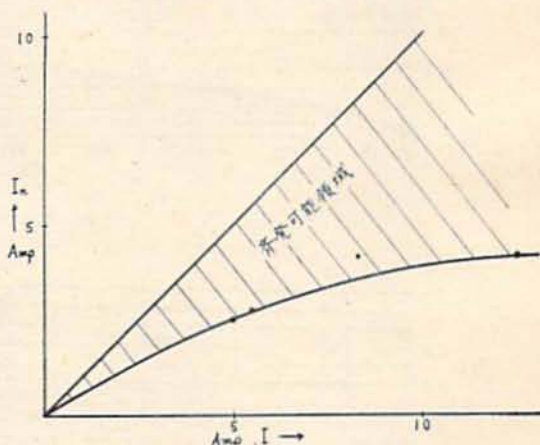


図 10.

この寄発可能領域図を使って発破が成功するかどうか知るには橋本氏の研究から次の如くすればよいこと

が分る。

- ① 電氣雷管一個の抵抗値 $[R_a]$ を測定する。
- ② 結線後の脚線両端末間に於ける合成抵抗 $[R_s]$ を測定する。
- ③ 電源電圧 V と②で求めた R_s と母線の抵抗 R_{30} の和 $R=R_s+R_{30}$ より $I=V/R$ なる式から電流値 $[I]$ を求める。
- ④ R_s-R_b グラフ (第7図) の結線個数 ($2n$) に対する R_{2n} 曲線から絶縁抵抗 $[R_b]$ を求める。
- ⑤ $I_n/I \sim R_b/R_a$ グラフ (第8図) の結線個数 ($2n$) に対する K_{2n} 曲線から I_n/I を知り $[I_n]$ を求める。
- ⑥ 斉発領域図を使い③より求めた I に対し⑤より求めた I_n が斉発領域を示す斜線部に入っていればその発破は完爆する。出ていけば不発残留を生ずる。

第3章 漏洩電流ある場合の発破器の能力低下及びビニール脚線の有効性

前章で述べた方法を用いれば個々の発破について成功が失敗かということを知り得るが漏洩ある場合 (即ち水のある場所での発破) 綿巻脚線付の電氣雷管を使い結線開始後30分位で発破を行う場合は発破器の能力はどれ位に低下するものかということを知って置くことが実際発破作業に携わる人々にとつて必要なことである。

電氣雷管用脚線として広く用いられている綿巻脚線の絶縁度を測定してみた。長さ 1m の脚線 2 本を密接させて水道水に 30 分浸漬した後の線間抵抗を 120V の電圧をかけて測定したところ 2000 Ω 位であった。そこで結線個数の如何に拘わらず最悪の條件は脚線 1m の部分が密着している場合であるという大雑把な仮定を試みる。電氣雷管 1 個の抵抗を 1 Ω とすると $R_b/R_a = 2000$ となるので $I_n/I \sim R_b/R_a$ 図表 (第8図) より直列個数により I_n/I 及び R_s の値はそれぞれ第3表の如くなるので使用発破器により I 及び I_n の値は求められる。さて第3表と第10図の斉発可能領域図より電圧 550V 及び 450V の発破器の場合 (いずれも記銘容量 100 発掛) は 80 個位の斉発々火が可能であり電圧 150V の発破器 (記銘容量 50 発掛) の場合は大体 50 個の直列発火が可能であり電圧 35V のもの (記銘容量 10 発掛) では 30 個位の発破が可能であることが分る。即ち発破器の斉発容量の小さいものは漏洩ある場合でも比較的能力は低下しないわけである。これは第3表の直列個数が少ないもの程 I_n/I の値が大であることか

第3表 $R_a=1\Omega$
 $R_b=2000\Omega$ の場合

直列個数	100	80	50	30	20	10	
I_n/I	0.39	0.52	0.74	0.89	0.95	0.98	
$R_s (\Omega)$	68	54	42	28	20	10	
使用発破器電圧 (V)	550	I	8.1	10.1	13.1	19.6	27.5
		I_n	3.1	5.2	9.6	17.4	26.1
	450	I	6.6	8.3	10.7	16.1	22.5
		I_n	2.5	4.3	7.9	14.3	21.5
	150	I	2.2	-	3.5	5.3	7.5
		I_n	0.8	-	2.5	4.7	7.1
	35	I	-	-	-	1.2	1.7
		I_n	-	-	-	1.0	1.6

第4表 $R_a=1\Omega$
 $R_b=300\Omega$ の場合

直列個数	100	80	50	30	20	10	
I_n/I	0.03	0.08	0.25	0.55	0.73	0.92	
$R_s (\Omega)$	25	25	23	21	17	9	
使用発破器電圧 (V)	550	I	22	22	23.9	26.1	-
		I_n	0.6	1.7	5.9	14.3	-
	450	I	-	1.8	19.5	21.4	-
		I_n	-	1.4	4.8	11.7	-
	150	I	-	-	6.5	7.1	8.8
		I_n	-	-	1.6	3.9	6.4
	35	I	-	-	-	1.6	2.0
		I_n	-	-	-	0.8	1.4

らもうなずけることである。

以上の説明にはコンデンサー発破器でも電圧のみを考慮に入れてマイクロアラフドを無視した如く見られるがこれは第10図の斉発領域図を得るに使用した 500V, 50 μF のコンデンサー式発破器のデータを用いた第3表の発破器に一律に適用したためであるからである。即ち第3表を厳密に解説するには使用した各発破器について第10図の如き斉発可能領域図を作製して置きこれと比較対照して論ずべきである。そうすればマイクロアラフドも考慮された結果が得られるわけである。

次に結線部分即ち裸銅線部を浸水させるとその絶縁抵抗は 300 Ω 位となつた。この値を使つて上記の如き大雑把な仮定をして計算してみると第4表を得る。第4表と第10図より電圧 550V 及び 450V の発破器では 40 個位の斉発が可能であり電圧 150V の発破器では 30 個位の斉発が可能であり電圧 35V のものでは 20 個位の斉発が可能ということになる。

以上の計算には母線の抵抗及び母線からの漏洩は考

えていない。又計算するに設けた仮定も成立しない場合が多からうし坑内水の電気伝導度も種々雑多である等の為以上の如き計算値が個々の発破現場に於いて一様に成り立つものではない。

今結線部も水中に浸した場合の発破成績の二例を示す。使用した電気雷管は綿巻脚線付瞬発である。

1)

第5表 発火数/結線数

発破器	結線数(ヶ)	100	50	20
550V 20 μ F		65/100	60/50	—
450V 50 μ F		100/100	50/50	—
150V 200 μ F		—	60/50	—
35V ダイナモ式		—	—	20/20

水温 4°C 屋外溜池

2) 坑内に於ける試験⁵⁾

使用発破器 500V 48 μ F, 坑内温度 30°C 瞬発電気雷管50個直列

成績: 中央部19個不発残留

以上の二例から分る通り似た発破器を用いても水の種類により非常に異つた成績を得ているので水がある個所では発破器の能力は低下するがその低下がどの位であるかということは断定出来ないことが明らかである。

さて 2) に述べた如き個所での発破作業には綿巻脚線を用いること自体が無理なわけであるからかかる場合は絶縁度の完全なビニール脚線を用い結線部は空中に出すか又は粘着テープにて蔽う如くして発破作業を行うべきである。

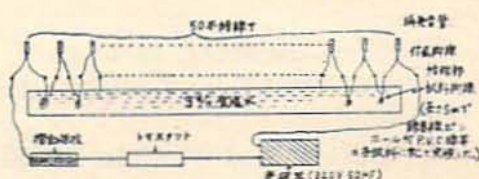
然しビニール線も被覆にあるピンホールが問題となる。その実験成績は次の如くなつた。⁶⁾

即ちピンホールの無いビニール脚線は極めて優秀な

第 6 表

種	類	綿巻線		P · V · O							
		ナシ	ナシ	175m に1ヶ	100m に1ヶ	50m に1ヶ	25m に1ヶ	10m に1ヶ	5m に1ヶ	1m に1ヶ	
ピンホール		ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
3% NaCl 溶液に浸す時間	直後 30分	直後	浸さない	直後	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ
雷管全抵抗 Ω	51.7	52.1	52.0	51.8	49.6	52.0	52.2	51.7	52.0	51.9	42.2
試料+雷管抵抗 Ω	77.5	73.8	76.3	77.4	70.0	71.1	70.1	70.8	70.1	68.5	58.0
NaCl 溶液中に浸した直後 Ω	76.4	68.6	76.3	77.4	69.9	71.0	69.9	70.6	70.0	68.0	57.5
NaCl 溶液中に浸して30分 Ω	—	38.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
発火数	6/50	1/50	4/50	4/50	4/50	20/50	26/50	27/50	24/50	7/50	3/50

註) NaCl に浸すとリークにより全抵抗が変化するので発火試験の直前に全抵抗が 280 Ω になる如く摺動抵抗器により調節し発火させる。この 280 Ω という値はリーク無い場合50個の電気雷管がやつと完爆する位の値である。



第 11 図

成績を示すがピンホールが10mに1個以上となると急激に悪くなり5mに1個では綿巻脚線使用の場合と同等になる。即ちピンホールの無いビニール脚線を用いれば水中或いは水の多い個所での電気発破は安心して行えるわけである。

結 論

混洩電流ある場合の電気発破に於いて不発残留を発生する現象は知られているがこの説明に電気雷管の発火特性即ち電橋切断時間及び点火時間のそれぞれの平均値及び分散を導入したダイナミカルなものはなかつた。そこでこのダイナミカルな考え方により不発残留の発生の確率を数式的に導いた。この数式による計算値と実験値とはかなりよく一致する結果を示した。

然し実験発破に必要なものは100回の発破作業のうち何回不発を生ずるかという不発率ではなく毎回毎回の発破が失敗なく行われる条件を見つけることである。然しこの解法もかなり面倒なので一般に我国で市販されている発破器を使用して綿巻脚線付電気雷管を混洩ある個所で発破させた場合発破器の能力はどれ位低下するかを大雑把に検討したところ大体記憶能力の半分以下なら先ず大丈夫ということになるが坑内水の種類其の他の条件によりこの値は非常に異なるので一般論としては成り立たない。

混洩の多い個所での電気発破にはピンホールの無い

ビニール脚線付電氣雷管を用い脚線部は空中に出して置くか又は絶縁テープを巻いて用いれば乾燥状態に於ける発破と同じ程度の発破が行われる。猶本報告にはコンデンサー式発破器を使用する場合でもその電圧のみを考へて居り電圧のみに左右されるが如き結論を出して居るが厳密にはコンデンサーの容量も考慮に入れるべきは各章にて述べた通りである。

本研究を行うにあたり終始御指導を賜つた工学博士日野能雄氏に厚く御礼申し上げる。又橋本武氏の研究高山英利氏の助言、石川正治氏、加藤清視氏の御協力

に負う所非常に大なるものがある。之等の諸氏に深甚なる謝意を表する。

文 献

- 1) 木下四郎：工火協 15巻1册(昭29)、15巻3册(昭29) 16巻1册(昭30)
- 2) 石山舎人：石灰石22号(昭28)
- 3) 山田正幸外：工火協14巻3册(昭28)
- 4) 橋本 武：九州鉱山学会誌21巻1号(昭28)
- 5) 日化厚研 *B*, 1952~20号
- 6) 日化折火研 A第53~58号

電氣雷管の不発に就て

静電容量並に絶縁抵抗に関する実験(其の一)

(昭和30年7月18日受理)

山田正幸・小原博美

(日本化薬株式会社仁豊野作業所)

I. 概 説

従来電氣雷管を斉発させた時不発を生ずる原因はリーケージに依るものである事は周知の事実であつたが、其の後高周波の影響に依るものであるとの学説も発表され、之に対し種々討論された結果、現在の所不発の原因はリーケージに依るものである事は確実であるが、高周波に依るものである事は未だ確認されていない様である。

然し乍ら多数発結線回路に於てリーケージが全く無いと想像される切羽に於いても尙不発を生ずることがあるとすれば此の原因が何であるかを探求する必要が認められた。

筆者等は此の目的に関し電氣雷管の脚線間又は発破回路配線全体とアースとの静電容量に関し実験を行つた。其の結果脚線間又はアースの間に誘電率大なる鉱石粉が存在する時は両脚線間がコンデンサーの作用をなし電流をチャージアップし電氣雷管が不発となる可能性がある事を認め、更にコンデンサー型点火器の能力表現法並に使用法に修正を加える必要がある事を認めた。

II. 実験の種類

本実験に於ては次の各種の実験を行つた。

(実験第一) 鉱石粉中に於る脚線間の静電容量の測定。

電氣雷管をボアホールに装填する時くり粉が脚線間に介在する場合がある。此の時の脚線間の静電容量を測定した。

(実験第二) 脚線間の静電容量の不発に及ぼす限度。脚線間の静電容量がどの位迄大きければ其の雷管が不発になるかと言う事を実験した。

(実験第三) 矩形波発火電流を用いた場合の回路の静電容量と不発率の関係。

脚線間に静電容量がある場合コンデンサーの如き急激な減衰電流を持つ点火器と電池の如き減衰しない矩形波電流を持つ点火器とどちらが有利であるかを実験した。

(実験第四) 多数結線回路の回路相互間並に大地との静電容量の測定。

80発を結線した回路に於て回路相互間の静電容量並に大地に対する静電容量の大きさを各種の條件に就き測定し、実験第二の場合と比較した。

(実験第五) 発破回路の接地抵抗の測定。

80発を直列に結線した回路に於て回路相互間の絶縁抵抗並に接地抵抗を各種の條件に就て測定した。