

耐静電気電気雷管の機構 (第1報)

木村道夫*, 井沢信之*, 佐久間信彰*

塞栓部に電導性樹脂の部分を含む電気雷管は、静電気に対して高度の安全性を有している。この種の電気雷管の静電気に対する安全機構は、電導性樹脂の二つの機能に基づいている。二つの機能の一つは、静電気が電気雷管に印加された時、必ず電導性樹脂部の空隙火花放電を行なわしめ、必ず電導性樹脂部を経由して静電気を移動させることにある。このような電導性樹脂の機能を、筆者は「優先放電機能」と名づけ、この種の耐静電気電気雷管を「放電型電気雷管」と呼んでいる。優先放電機能を高めるには、電導性樹脂の電導性をできるだけ高めること、いいかえればできるだけ体積固有抵抗の小さい電導性樹脂を用いることが望ましい。電導性樹脂のもう一つの機能「静電気エネルギー消費機能」については、第二報で報告する。

1. 緒言

耐静電気電気雷管 (電気雷管を以後 E/D と記す) として、塞栓部に電導性物質を含む種類のものがあ

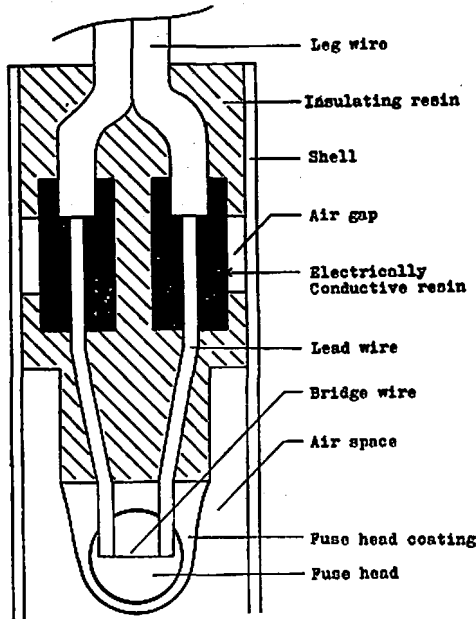


Fig. 1. A typical construction of ignition plug of static-resistant electric detonators

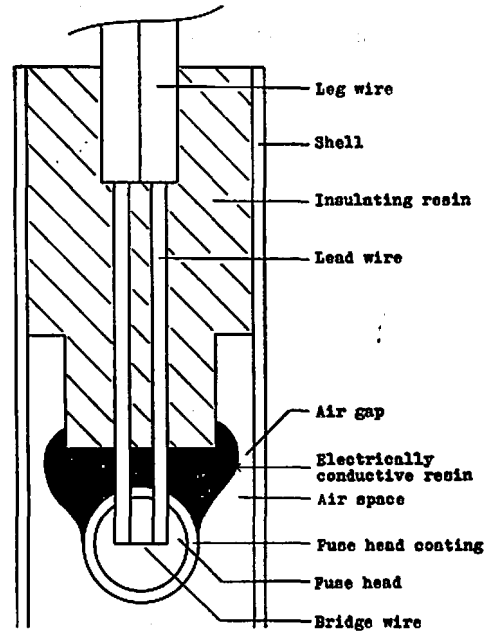


Fig. 2 A typical construction of ignition plug of static-resistant electric detonators

り、この種類の E/D を筆者は放電型 E/D と呼んでいる。放電型 E/D の点火装置部の代表例を Fig.1 および 2 に、普通 E/D の点火装置部の代表例を Fig.3 に、それぞれ縦断面図の形で示す。Fig.1 の点火装置の塞栓部は、円柱状の絶縁性樹脂と電導性樹脂とから成っており、電導性樹脂の外径は絶縁性樹脂の外径よ

昭和53年11月30日受理
*旭化成工業株式会社 化成品樹脂技術開発研究所 雷管開発室
〒882 宮崎県延岡市長浜町 5003-1

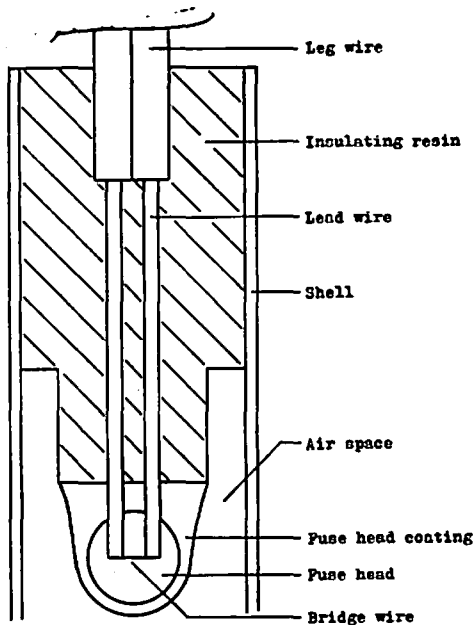


Fig. 3 A typical construction of ignition plug of conventional electric detonators
(Sample for measuring charge resistance and capacity of air space)

り小さい。電導性樹脂はその外周面の大半と上下面を絶縁性樹脂によって取囲まれながら、さらに絶縁性樹脂によって左右二つの半円柱部に分割されている。電導性樹脂の外周面の一部と管体との間に、空隙が設けられているのが、この E/D の大きな特徴である。左右二つの半円柱状の電導性樹脂の内部を、それぞれ一本の芯線ないし脚線が貫通している。放電型 E/D の代表例としては、この外に Fig. 2 に示すようなポピュラーな構造のものがある。Fig. 2 の点火装置は、絶縁性樹脂塞栓の電脚側に電導性物質を塗布し乾燥硬化させているもので、電導性物質と管体との間には空隙が設けられているのが特徴であり、その他の構造は Fig. 3 の普通 E/D と同一である。

これらの E/D の芯線と管体の間に静電気を印加すると、普通 E/D は 2000PF、数 kV 以上で容易に発火するのに対し、放電型 E/D は 2000PF、8kV 程度から 25kV 以上でも発火することはなく、静電気に対し高度の安全性を有している。放電型 E/D のこのような優れた耐静電気性が、電導性樹脂ないし物質の作用に基づくことは論ずるまでもないが、電導性樹脂のいかなる機能によるものかについて、筆者は実験的解明を試み、幾つかの知見と見解を得た。普通 E/D の静電気による発火の原因については幾つかの説があ

り¹⁾²⁾³⁾、点火玉の火花感度通電感度の測定結果も報告されている⁴⁾。しかし耐静電気 E/D の静電気に対する安全機構は、過渡現象を伴う複雑な過程に関するものであり、この問題に関する文献は非常に少ない⁵⁾。一方発破現場において静電気による親ダイ暴発事故は年々その跡を絶たざるのみならず、むしろ増加の傾向すら見られる。従って発破現場の安全性の向上のためにも、耐静電気 E/D の安全機構と普通 E/D の発火の機構は定量的に解明されるべきであると考え、筆者の知見と見解を三報に分けて報告することにした。

放電型 E/D の代表例として二つのタイプを挙げたが、静電気に対する安全機構に関し、両者の間に本質的な差異はないと考えられるので、実用上も特に優れた耐静電気性を有する Fig. 1 のタイプのものについて、以後専ら論じて行くことにする。

E/D の芯線と管体の間に静電気を印加すると、普通 E/D では点火薬部と管体の間の空間に火花放電が観察される。これに対し放電型 E/D では火花放電可能な経路として、点火薬部と管体の間の空間と、電導性樹脂部と管体の間の空隙と、二つの経路を有しているが、静電気を印加すると、必ず電導性樹脂部と管体の間の空隙に火花放電が見られる。この現象は放電型 E/D の安全機構の一つの鍵であり、電導性樹脂の重要な機能の一つを示すものと推定される。このような観点から筆者は、放電型 E/D においては何故火花放電が点火薬部の空間で発生せず、電導性樹脂部の空隙で起こるかについて、定量的な理解を得るためまず検討を加えた。点火薬部の空間または電導性樹脂部の空隙は、いずれも一種の空気コンデンサーであり、火花放電の生起は、点火薬部の空間コンデンサーまたは電導性樹脂部の空隙コンデンサーの充電と絶縁破壊の過程の結果であると考えられる。従って筆者はこれらの充電と絶縁破壊に関する因子として、空間コンデンサーならびに空隙コンデンサーの電気容量、充電抵抗および絶縁破壊電圧(火花放電開始電圧)について測定を試みた。第一報においては、これらの結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 試料

電導性樹脂部の空隙コンデンサーに関する測定を行なうための試料として、Fig. 4 に示すものを用いた。Fig. 1 の放電型 E/D の点火装置から、点火薬部の空間コンデンサーに関する部分を取除き、電導性樹脂部の空隙コンデンサーに関する部分を残したものが、Fig. 4 の試料であり、この試料を空隙試料と呼ぶことにする。

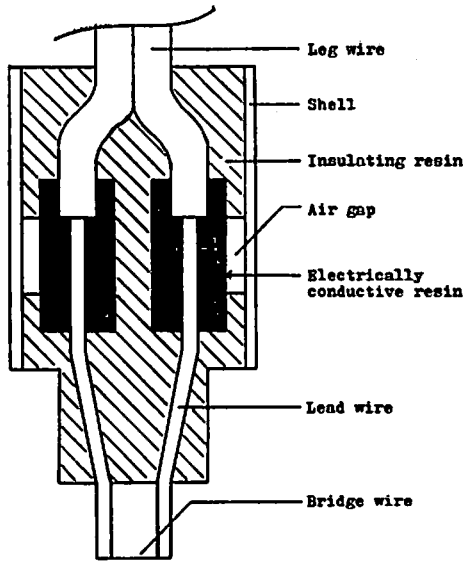


Fig. 4 Sample for measuring charge resistance and capacity of air gap

点火薬部の空間コンデンサーに関する測定を行なうための試料としては、Fig. 3 のような点火装置を有する普通 E/D を使用した。この試料を空間試料と呼ぶことにするが、添装薬および爆粉は模擬薬を用いた。

2.2 充電抵抗および電気容量の測定

試料の充電抵抗および電気容量の測定には、Fig. 5 のような測定回路を用いた。測定回路の端子 a および

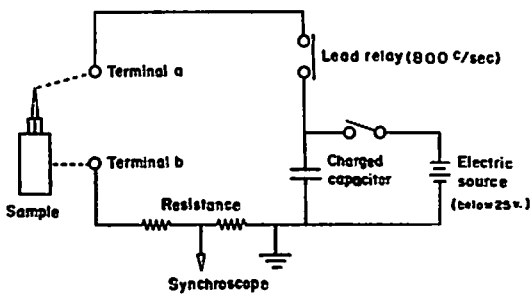


Fig. 5 Circuit for measuring capacity and charge resistance of samples

b の間に試料を挿入する。すなわち端子 a には試料の短絡された芯線を接続し、端子 b には試料の管体部分を接続する。試料と直列に外部抵抗 R_1 および R_2 がつながれている。 R_1 は $50 \sim 500 \Omega$ 、 R_2 は $10 \sim 30 k\Omega$ である。電源（電圧 25V 以下）により電気容量 $10 \mu F$ のコンデンサー A を充電する。コンデンサー A に蓄積された $10 \mu F$ 、25V または 5V の静電気を、リードリレーの作動により試料に印加して、空隙試料または

空隙試料のコンデンサーを充電させる。すなわちこの操作により、空隙試料においては芯線回路と電導性樹脂等の抵抗を經由して、電導性樹脂部の空隙コンデンサーに静電気が移動し (Fig. 4 参照)、空隙コンデンサーの充電が起こる。また空隙試料においては芯線回路と点火薬部の点火薬被膜等の抵抗を經由して、点火薬部の空隙コンデンサーに静電気が移動し (Fig. 3 参照)、空隙コンデンサーの充電が起こる。これらの空隙試料または空隙試料の充電過程に際し、外部抵抗 R_1 に生ずる電圧をシンクロスコープで観察し、その電圧波形から試料の充電抵抗と電気容量を算出する。シンクロスコープによる電圧波形の観測を容易かつ鮮明にするため、リードリレーは 800 回/秒の頻度でスイッチの開閉を行なうようになっている。

次にシンクロスコープで観測した電圧波形から、試料の充電抵抗と電気容量を算出する方法を説明する。試料が充電抵抗 R_x と電気容量 C_x のコンデンサーから成るとすると、Fig. 5 の測定回路は Fig. 6 のように変えられる。Fig. 6 において V_A と C_A はコンデ

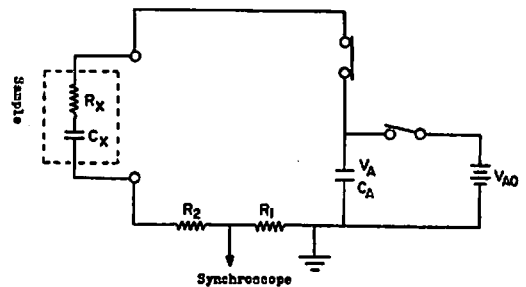


Fig. 6 Circuit for measuring capacity and charge resistance of samples

ンサー A の電圧と電気容量を示している。この時 $C_A \gg C_x$ である。測定回路の全抵抗を R とすると、Fig. 6 から R は次の(1)式で表わされることがわかる。

$$R = R_1 + R_2 + R_x \quad (1)$$

シンクロスコープで観測される外部抵抗 R_1 に生ずる電圧を e とし、 e と V_A の初期の最大値を各々 e_0 、 V_{A0} とすると、 e_0 と V_{A0} との間には次の(2)式のような関係が成立つ。

$$e_0/V_{A0} = R_1/R \quad (2)$$

(2)式に(1)式を代入して(3)式を得る。

$$e_0/V_{A0} = R_1/(R_1 + R_2 + R_x) \quad (3)$$

(3)式を変形して(4)式を得る。

$$R_x = R_1 V_{A0}/e_0 - (R_1 + R_2) \quad (4)$$

e の波形は Fig. 7 のような形をとるはずであり、初期にその最大値 e_0 が観察される。従って e_0 をシン

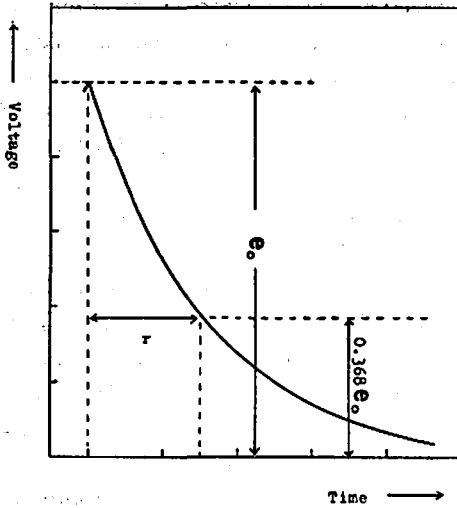


Fig. 7 An example of voltage against time curve observed by synchroscope

クロスコープ（周波数帯域：DC～200MHz）で実測すれば、 R_1 、 R_2 、 V_{A0} は既知であるから、(5)式から試料の充電抵抗が計算される。

同じく Fig. 7 から明らかなように、 e は初期の最大値 e_0 から時定数 τ に従って時間の経過とともに減少して行く。この時定数 τ は周知のごとく次の(6)式で表わされる。

$$\tau = C_x R \quad (6)$$

R は R_1 、 R_2 、 R_x の和で既知であるから、 e の波形から τ を実測すれば、(6)式により試料の電気容量 C_x が算出できる。

2.3 絶縁破壊電圧（火花放電開始電圧）の測定

空隙コンデンサーまたは空間コンデンサーの絶縁破壊電圧を測定するには、空隙試料または空間試料の短絡された芯線と管体の間に、2000PF の静電気を低い電圧から印加し始め、徐々に電圧を高めて行って、空隙または空間に火花放電の起こり始める電圧を測定し

Table 1 Charge resistance R_x and capacity C_x

resistance	$R_1(\Omega)$	500	500	500	200	100	50
	$R_2(k\Omega)$	30	10	—	—	—	—
sample	$C_x(\text{PF})$	6.1	5.9	6.2	6.7	6.1	5.5
	$R_x(k\Omega)$	8.6	7.0	6.8	4.5	3.7	2.3
Air gap	$C_x(\text{PF})$	1.6	1.5	1.5	2.0	2.0	1.7
	$R_x(k\Omega)$	276	256	174	90	71	52

て、絶縁破壊電圧とした。

3. 実験結果

3.1 充電抵抗と電気容量

試料の充電抵抗と電気容量の測定結果は、Table 1 の通りである。なお、測定は電源電圧 25V および 5V で行なったが、 R_x および C_x の測定値は 25V の時と 5V の時とで有意差が認められなかったため、両者の平均値を Table 1 に示してある。

電気容量 C_x は外部抵抗 R_1 、 R_2 の大小と無関係にはほぼ一定の値を示し、空隙コンデンサーの容量は平均 6.1PF であり、空間コンデンサーの容量は平均 1.6PF である。いずれも電気容量としてはきわめて小さい。

充電抵抗 R_x は外部抵抗の影響を顕著に受け、外部抵抗が小さくなるにつれ、減少する傾向を有している。空隙試料が 8.6～2.3k Ω の値であるのに対し、空間試料は 272～52k Ω という桁違いに大きな抵抗値を有している。

3.2 絶縁破壊電圧（火花放電開始電圧）

試料の絶縁破壊電圧の測定結果は、Table 2 の通りである。空隙試料は 2.5kV であるのに対し、空間試料は約 2 倍の 5.2kV である。

Table 2 Spark discharge voltage

Sample	Voltage
Air gap	2.5kV
Air space	5.2kV

4. 考察

4.1 試料の絶縁破壊電圧

空隙試料の絶縁破壊電圧が 2.5kV であるのに対し、空間試料の絶縁破壊電圧は約 2 倍の 5.2kV である。両者の差異を定量的に説明することは難しい。しかし空隙試料における電導性樹脂表面と管体の間の空隙の間隔が 0.77mm 以下に管理されているのに対し、空間試料における点火薬被膜と管体の間の空隙の間隔は 1.0～2.0mm であり、空隙の間隔よりかなり大きいことから、両者の差異は定性的には充分理解できる。

4.2 試料の電気容量

空隙試料の電気容量が平均 6.1PF であるのに対し、空間試料の電気容量は平均 1.6PF である。この場合も両者の差異を定量的に説明することは難しい。しかし一般的に平行板コンデンサーの電気容量が、平行板の間隔に逆比例し、平行板の面積に比例することから考えると、空隙試料の空隙の間隔が小さいことが、こ

のような結果をもたらしているものと思われる。

4.3 試料の充電抵抗

Fig. 6では充電過程における試料を、充電抵抗 R_x と電気容量 C_x が直列に連結したものとして示したが、試料の充電抵抗や静電気に対する機構についての考察を進めるためには、試料の電気的等価回路をさらに詳細に示す必要がある。

空間試料（普通 E/D と同一）の電気的等価回路を詳細に示すと、Fig. 8 のように表わされる。 R_{W1} およ

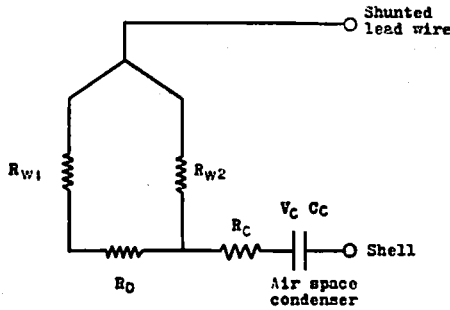


Fig. 8 Equivalent electrical circuit of conventional electric detonator shown in Fig. 3

び R_{W2} は芯線の抵抗値を表わす。 $R_{W1}=R_{W2}$ であることはいうまでもないが、左右の芯線を区別する必要から、このように表わす。 R_D は白金電橋抵抗、 R_C は芯線の電脚部から点火薬部の被膜表面に至る間の点火薬被膜等の抵抗、 C_C および V_C は点火薬部の空間コンデンサの電気容量と電圧を示している。

空間試料に静電気が印加され、空間コンデンサの絶縁が破壊されて、空間に火花放電が生ずる状態を観察すると、必ず左右二本の電脚の中の何れか一方から管体に向かって、火花が飛ぶのが認められる。従って空間試料すなわち普通 E/D の充電過程における電気的等価回路は、短絡された二本の芯線抵抗 R_{W1} または R_{W2} の何れか一方から (Fig. 8 では R_{W2} とした)、点火薬被膜等の抵抗 R_C を経て空間コンデンサにつながるものと考えた。このことは、第三報の普通 E/D の火花放電過程の報告においてさらに補足説明する予定である。要するに Fig. 8 の空間試料すなわち普通 E/D の充電過程における電気的等価回路は、芯線抵抗 R_{W1} 、 R_{W2} および白金電橋抵抗 R_D から成るループ回路に、点火薬被膜等の抵抗 R_C および空間コンデンサが直列につながったものと考えればよい。ループ回路の抵抗は脚線の長さによって若干の変動はあるが、 1Ω 前後の値である。従って Table 1 に示されている空間試料の $50k\Omega$ から $300k\Omega$ におよ

ぶ充電抵抗は、点火薬被膜等の抵抗 R_C そのものと見なして差支えない。 $50\sim 300k\Omega$ という抵抗値から考えると、点火薬被膜等はおもに論良好な電導体ではないが、同時にまた絶縁体もしくは誘電体でもないと判断され、Fig. 8 の電気的等価回路において点火薬被膜等を電気抵抗 R_C として表わすことは正しいと考えられる。

次に空隙試料の充電過程における電気的等価回路を詳細に示すと、Fig. 9 のように表わされる。 R_{D1} およ

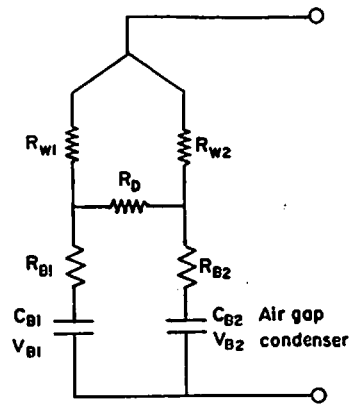


Fig. 9 Equivalent electrical circuit of sample shown in Fig. 4

び R_{B2} は各々芯線から電導性樹脂の内部を經由して電導性樹脂の表面に至る間の電導性樹脂の抵抗を表わしている (Fig. 4 および 1 参照、電導性樹脂は半円柱状の二つの部分に分割されている)。 C_{B1} 、 V_{B1} ならびに C_{B2} 、 V_{B2} は電導性樹脂部の空隙コンデンサの電気容量と電圧を示している。これらのコンデンサは各々 R_{B1} 、 R_{B2} に連結し、互いに並列である。

空隙試料または放電型 E/D に静電気が印加され、空隙コンデンサの絶縁が破壊されて、空隙に火花放電が起こる現象を観察すると、左右二つの電導性樹脂の表面と管体の間で、必ず同時に二つの火花放電が発生しているのが認められる。従って、 $R_{D1}=R_{D2}$ 、 $C_{B1}=C_{B2}$ 、 $V_{B1}=V_{B2}$ と考えられ、二つの空隙部の絶縁破壊電圧もほぼ等しいと考えられる。Table 1 に示されている空隙試料の電気容量 C_x は C_{B1} と C_{B2} の和に等しい。

空隙試料の場合にも、 R_{W1} 、 R_{W2} 、 R_D から成るループ回路に、電導性樹脂抵抗 R_{B1} および R_{B2} が各々直列につながっていることは、空間試料の場合に類似している。従って Table 1 に示されている空隙試料の充電抵抗 (R_x) $2\sim 9k\Omega$ は、電導性樹脂抵抗 R_{B1} および R_{B2} の合成抵抗そのものと見なして差支えない。

R_{B1} および R_{B2} の合成抵抗が点火薬被膜等の抵抗 R_C に比し著しく小さいのは、空隙試料または放電型 E/D に用いられている電導性樹脂が体積固有抵抗の小さな樹脂であるためである。

4.4 試料の充電の時定数

Table 1 の測定値 R_x と C_x を乗じて、空隙試料と空間試料の充電の時定数 τ_B , τ_C を求めると、Table 3 のような結果を得る。

Table 3 Time constant during charge of samples

sample	resistance	$R_1(\Omega)$	500	500	500	200	100	50	AVERAGE
		$R_2(k\Omega)$	30	10	—	—	—	—	
Air gap	τ_B (n sec)		52.5	41.3	42.2	30.1	22.6	12.7	33.6
Air space	τ_C (n sec)		442.1	384.8	261.9	180.0	142.2	88.4	249.9
	τ_C/τ_B		8.4	9.3	6.2	6.0	6.3	7.0	7.4

Table 3 から明らかなように、 τ_B または τ_C そのものは外部抵抗 R_1 および R_2 の影響を顕著に受けるが、両者の比 τ_C/τ_B は 6~9 の範囲にあり、平均 7.4 の大きさであり、外部抵抗の影響はほとんど認められない。このことから、空隙試料の空隙コンデンサーと空間試料の空間コンデンサーを同一の直流電流で充電すると、空隙コンデンサーは空間コンデンサーの約 7 倍の速度で充電されることがわかる。

4.5 電導性樹脂の「優先放電機能」

以上の結果を総合すると、空隙試料は空間試料の約 7 倍の速度で充電され、かつ空隙試料の絶縁破壊電圧は空間試料の約 2 分の 1 である。従って電導性樹脂部の空隙コンデンサーと点火薬部の空間コンデンサーを併せ持っている放電型 E/D (Fig. 1 および Fig. 10 参照) に高電圧の静電気を印加すると、電導性樹脂部の空隙コンデンサーと点火薬部の空間コンデンサーの充電が同時に開始されるが、電導性樹脂部の空隙コン

デンサーが確実に先に絶縁破壊を起こすことは、当然の現象であることが理解できる。

このような現象が電導性樹脂の機能によって惹き起こされることは明らかであり、筆者はこの機能を電導性樹脂の「優先放電機能」と名づけている。優先放電機能をより効果的にするためには、電導性樹脂と管体の間の空隙の間隔や電導性樹脂の露出面積について考慮し、空隙コンデンサーの絶縁破壊電圧や電気容量を小さくするのの一つの方法である。しかし空隙の間隔を狭めることは絶縁破壊電圧を低下せしめるのと同時に、電気容量を高めて充電の時定数を大きくするという逆効果を有し、E/D の構造上ならびに製造上この方法は制約が大きい。従って電導性樹脂として電導性の極力勝れたものを用いて、充電の時定数を極力小さくし、充電速度をできるだけ早めることが、優先放電機能を高めるためには、最も望ましい方法である。

以上、空隙試料ならびに空間試料の充電抵抗 R_{B1} , R_{B2} ならびに R_C 、同じく両試料の充電の時定数 τ_B および τ_C の実測結果から、結論として電導性樹脂の優先放電機能説を導いたわけであるが、筆者にとって残念なことは、5~25V の低圧領域の静電気を印加した場合の充電抵抗ないし充電の時定数の測定には成功したが、数百Vないし kV 級の高電圧領域の静電気を印加した場合の測定は、リードリレーの耐電圧の限界等に災いされ、成功に至っていないことである。しかしながら要は高電圧領域における τ_B と τ_C の比 τ_C/τ_B が優先放電機能説が正しいか否かの鍵である。Table 3 において τ_C/τ_B は外部抵抗の大小の影響をほとんど受けていないことや、電導性樹脂の特性から考えても、 τ_B と τ_C の相対的關係が高電圧領域において逆転することは極めて考え難いことであり、電導性樹脂の優先放電機能説は妥当なものと考えられる。

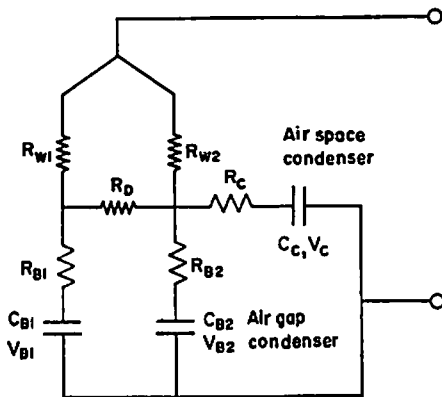


Fig. 10 Eequivlent electrical circuit of static-resistant electric detonators

5. 結 論

5.1 普通 E/D について

普通 E/D は点火薬部と管体の間に空間コンデンサーを有している。空間コンデンサーの電気容量は 1.6 PF であり、その絶縁破壊電圧は 5.2kV である。

普通 E/D の芯線と管体の間に高電圧の静電気を印加すると、空間コンデンサーの絶縁が破壊され、この部分に火花放電が生ずる。

5.2 放電型 E/D について

放電型 E/D は点火薬部と管体の間に空間コンデンサーを有するとともに、電導性樹脂部と管体との間に空隙コンデンサーを併せ持っている。放電型 E/D に高電圧の静電気が印加された場合に、これらの二つのコンデンサーはいずれも絶縁破壊を生ずる可能性を有している。

しかしながら空隙コンデンサーの絶縁破壊電圧は 2.5kV で、空間コンデンサーの約 2 分の 1 である。また空隙コンデンサーの電気容量は 6.1PF であるが、充電抵抗が小さいため、その充電の時定数は空間コンデンサーの約 7 分の 1 である。

従って放電型 E/D の芯線と管体の間に高電圧の静電気を印加すると、空隙コンデンサーと空間コンデンサーの充電が同時に開始されるが、確実に空隙コンデンサーが空間コンデンサーに先んじて絶縁破壊を生

じ、空隙の部分に火花放電を生ずる。放電型 E/D のこのような現象は電導性樹脂の機能によって惹き起こされるものであり、放電型 E/D の安全機構上の重要な鍵の一つである。筆者は電導性樹脂のこのような機能を「優先放電機能」と名づけている。電導性樹脂の「優先放電機能」を高めるためには、電導性樹脂としてできるだけ電導性の勝れたもの、つまり体積固有抵抗のできるだけ小さいものを用いることが望ましい。

6. 謝 辞

充電抵抗および電気容量の測定について、懇切な御指導、御援助をいただいたサン電子研究所の後藤次男氏および旭化成工業(株)薬品工場の木浦善徳氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 坂本, 工火誌, 36, 95 (1975)
- 2) 吉富, 兎玉, 工業火薬協会昭和48年度年会講演要旨集, 18 (1973)
- 3) 吉田, 採鉱と保安, 17, 15 (1971)
- 4) B. P. 709142 (1954)
- 5) E. L. Litchfield, BuMines Rept. of Inv. 7139, 1968
- 6) 中野, 田中, 水島, 工火誌, 26, 265 (1965)
- 7) W. Scharwücher, Nobel Hefte, 1967, 231

Mechanism of spark discharge type static-resistant electric detonators

by Michio Kimura*, Nobuyuki Izawa* and Nobuaki Sakuma*

Spark discharge type static-resistant electric detonators which have plug with insulating resin parts and conductive resin parts are much safer to static electricity than the conventional ones. We have been investigating the mechanism for the safety of the above mentioned plug.

In these detonators there are two air condensers in which the spark discharge can occur when static electricity is impressed. One air condenser consists of air gap between the surface of the conductive resin and the shell. Another air condenser consists of air space between the surface of the coated fuse head and the shell. Although there are thus two possible air condensers for discharge, the spark discharge of actually impressed static electricity does not occur in the air space and

occurs very easily in the air gap for the following two reasons.

- 1) Since the length of air gap is smaller than that of air space, the spark discharge voltage of air gap condenser is about half as high as that of air space condenser.
- 2) The time constant during charge of air gap condenser is much smaller compared with that of air space condenser, since the resistance of the conductive resin during charge of air gap is much smaller than that of the fuse head coating etc. during charge of air space.

There are two kinds of functions of the conductive resin which improve the safety against static electricity. As above mentioned, it is one function of the conductive resin to cause static electricity to effect spark discharge easily from the conductive resin parts through the air gap. A description about another function of the conductive resin will be made in the next report.

(*Research Division of Detonator Plant, Asahi Chemical Industry Co., Ltd.
4-5003-1 Nagahama-cho, Nobeoka, Miyazaki Pref., Japan)
