

遠隔制御発破装置について

植田武雄・中野雅司

水深の大きい所や、潮流の激しい所では、有線発破に替るものとして遠隔発破が要求される。われわれは、電磁誘導による遠隔制御発破装置を開発した。

この装置は受信器に電池を内蔵せず、海上から一定周波数の電磁波を送り、受信器内部の発火用コンデンサーを充電するもので安全性は高い。

開発段階から実用化に至る一連の実験を通じて、本装置の特性を種々把握したが、最終的に、発振機出力 20kw、ループアンテナ径 94m (電線 14mm² 6重巻き)、大型受信器 (外径60mm、長さ 120cm) の実用化品で、75~80m の水深での使用が可能になった。

発振周波数は、岩盤への電磁波の透過などから考えて、550Hz が良好と判断し、決定した。また受信器の斉発性は、発火パラツキ 1ms 以内のものを作り得た。

ループアンテナの保持が一つの問題点であるが、伊方における実験ではさして支障はなかった。

1. 結 言

最近本四架橋工事で代表される、大型水中土木工事が数多く計画あるいは施工されている。これらの工事は、従来施工されてきた港湾しゅんせつ工事や、岩盤除去工事と異り、水深の大きい所や潮流の激しい所での施工を主体とすることが多い。このような、施工条件の酷しい場所での工事には、従来実施されてきたような工法が適用されにくい場合が多い。本四架橋工事を例に挙げてみると、最大水深 40~50m、潮流 4~7ノットという条件下での基礎岩盤の掘削、橋脚基礎打設、架橋工事等が必要とされる。このような工事にあたっては、作業は主として海上において行なわれるが、この場合潮流、波浪、風などの影響を受け易く、陸上作業に比して作業能率や稼働率の低下は著しい。この点を検討するために、昭和30年よりほぼ20年間にわたり基礎調査を含む種々の調査検討が行なわれ、いよいよ着工の段階に入ったわけである。

このように、大型工事の実施にあたっては、多くの年月にわたる。綿密な調査研究が必要とされ、これに伴い新しい技術も開発されることになる。本四架橋工事についても、数多くの新技術が開発され、すでに学会誌などを通じて、発表されたものも多い。

本四架橋工事の成果を左右する、基礎岩盤の掘削のための、火薬類および爆破の研究もその一つである。こ

の点については、産火を中心に公共機関、火薬会社の各担当者が、新しい火薬類および、爆破工法などの検討を数年にわたり実施し、多くの成果を得ている。

本報告書で述べるのは、この内の遠隔制御発破方法に関するものである。陸上や浅海での爆破作業には、従来より有線による爆破が実施されているが、深海や潮流の激しい所での爆破については、装薬結線作業には、大きな困難がともなう。作業上の困難性はもとより、潮流による断線、海水による漏洩など、陸上における爆破では予期できない問題がある。これらを防止するため、遠隔操作による起爆方法が当然要求される。

遠隔操作による起爆方法には、音波利用、光利用超音波利用、圧力利用、電磁波利用などの方法およびこれらの内いくつかの組合せによるものなどが考えられる。この内超音波利用法については、すでに沖電気(株)が製品化に成功し、公表されている。われわれは、受信器に電池を内蔵させないということを前提に、数年来開発研究を実施してきたが、その結果電磁波を利用した、遠隔制御発破装置の開発に成功した。

本報告書に述べるのは、この装置についてであり、すでに、数多くの基礎実験および現場実験を実施した結果実用化に成功したものである。

なお、実験の成果の一部については、すでに工業火薬協会の昭和48年秋季大会、昭和49年春季大会で発表

昭和49年7月26日受理
* 日本油断(株)武豊工場 愛知県知多郡武豊町西門22

済である。

2. 実 験

2-1 原 理 等

開発した装置は、電磁波を利用したものである。

いま、ある導体に電流が流れると磁場が発生する。この時磁力線はこの電流を取り巻くようにできる。この電流が円形に流れる場合、磁場はこれを貫くようにできる。この時、この磁場の中に、閉じた回路がある場合には、ファラデーの電磁誘導の法則により、この閉じた回路には起電力が生じる。

今回われわれの開発した装置は、この現象に着目したもので、その細かい原理を以下に述べる。

第1図は本装置の略回路の例を示すものである。図1により、作動の機構を示すと、円形に張ったループアンテナ①に、制御用発振機②から周波数数百 Hz~数 KHz の交流電力を送ると、ループアンテナには、発振機の能力に応じて、強力な電磁界が発生する。③

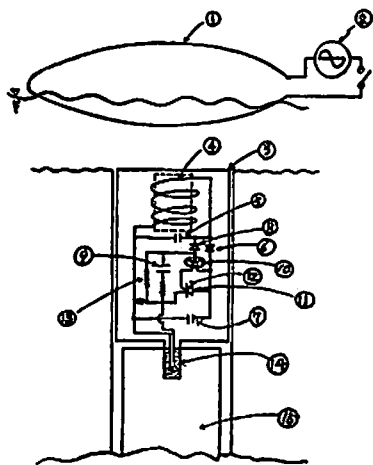


Fig. 1 The schematic circuit diagram of a remote control circuit and apparatus

は点火装置であり、プラスチックの容器中に密閉されていて、この中のアンテナコイル④とコンデンサ⑤は、ループアンテナに発生する電磁界の周波数に同調して交流電圧を発生する。この電圧はダイオード⑥により発火用大容量コンデンサー⑦を充電していくが、これと同時にダイオード⑥は、小容量コンデンサー⑧を急速に負に充電し、電界効果トランジスタ⑨のゲートを負電位に保つため、FETには電流は流れない。したがって、⑩のトライアックのゲート⑩は、0電位であり、このためトライアックには全く電流が流れない。

発火用の大容量コンデンサー⑦が十分に充電された

時点において、制御用発振機の発振を停止すると、抵抗③により、小容量コンデンサー⑧は急速に放電し、FETの負電圧が低下し、このためFETが導通し、トライアックのゲート⑩に起動電圧が加わる。このことにより、発火用コンデンサーの電力は、トライアックを通じて、電気雷管⑪に放電され、電気雷管が爆発する。このため、爆薬⑪は瞬時に起爆される。

以上が動作の原理となる。なお、制御発振機の構成については、複雑になるので省略するが、簡単に記すと、直流電源(バッテリー)より供給される電力を、コンデンサーとコイルより成る回路により、希望する周波数(数百 Hz~数 KHz)に変調し、整流機により交流に変換して、ループアンテナに流すようにしてある。

なお、安全装置として、実用品については、発振機に自動周波数変調装置、受信器にはゼナーダイオードおよびリードスイッチを設けた。その目的は、自動周波数変調装置は、発振操作に入ってから作業を中断したい場合に、発振周波数をずらし、受信器の受信能力を失くし、内部自己放電により発火用コンデンサーの電力を消滅させるためのものである。また、ゼナーダイオードは、過充電による発火用コンデンサーの破損防止のために、雷管点火に必要な以上の電力を発火用コンデンサーに送らぬ保護回路の役目をし、リードスイッチは、水密性を保った容器の外部から、発火用コンデンサーの両端を短絡するためのスイッチで、取扱い現場およびその他の場所で、存在する電磁波による不慮の応答を避けるため、装填寸前までコンデンサーの両端を短絡しておく装置である。(実際に自然界に存在する電磁波には、数百 Hz~数 KHz のものはほとんど存在しないと考えられるので、このような不慮の応答はまず考えられない。)

2-2 実 験 方 法

ループアンテナに発生する電磁界の強さを測定するには、磁場の中に磁束計を置いて計測すればよい。しかし、遠隔制御発破装置の目的は、遠隔操作により受信器を作動させることになる。したがって、電磁界の強さと、受信器の作動性の二点を同時に知るためにも、受信器に内蔵されている。発火用大容量コンデンサーに蓄積される電力を知ることが好ましい。われわれは、この点を考慮して、ダミー受信器により電磁界の強さを測定することにした。

実験に使用した発振機は、開発段階の小型機(A-I型、出力0.7kw)、中型機(A-II型、出力1kw)、現場小型実用機(A-III型、出力10kw)および、現場大型実用機(A-III改型、出力20kw)の4種の発振機で、それぞれの発振能力に応じて、ループアンテナ

ナの径、巻数、電線径などは変化し、受信器の能力、大きさも当然変化している。従って、ダミー受信器も発振機の能力に合せたものを作製して使用した。

実験方法の概略は、図2に示すとおりである。すなわち、ループアンテナを円形に地上、海上、岩盤上などに張り、発振機より特定周波数の交流をループアンテナに流し、電磁界を作る。この磁場の中にダミー受

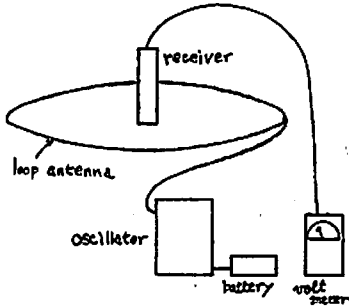


Fig. 2 Method for measuring the output voltage of dummy receiver

信器を置き、その位置や高さを変化せしめて、ダミー

受信器の出力を電圧計または電磁オシログラフでチェックした。また、受信器の斉発性のチェックの場合には、実用の受信器（ゼナーダイオード内蔵）の出力波形（発火用コンデンサーの放電波形）を電磁オシログラフによりチェックした。

また実験項目は次のようなものである。

- 1) 受信器の同調周波数の範囲。2) 受信器の充電圧および充電時間の測定。3) 多数斉発の発火バラツキ測定。4) ループアンテナ形状による磁界の変化。5) 受信器の耐水圧性、6) 磁界の分布、強度の測定。7) 起爆性試験。8) その他の試験。

2-3 実験結果、考察

2-3-1 受信器の同調周波数範囲

受信器の同調周波数は、自然界に存在する他の磁界に対して応答しないためにも、周波数同調領域は狭いことが望ましい。理想論としては、ある定められた周波数のみに同調するのが好ましいが、受信器のQ特性によって同調領域は決定される。同調周波数 550Hz、5.5kHz の2つの受信器について、その同調範囲を調べた結果は図3のとおりである。この時受信器はループアンテナの中心に位置せしめ、発振機は A-III 型を

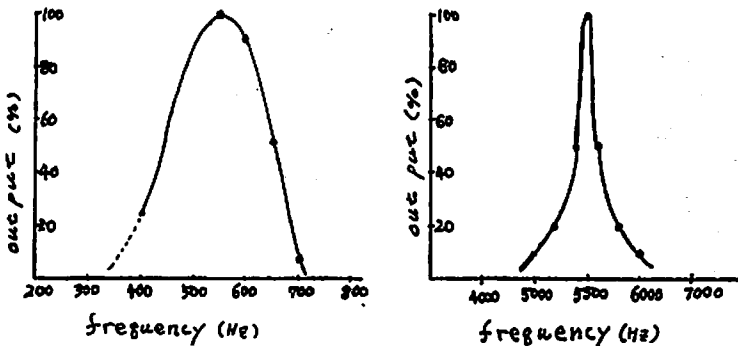


Fig. 3 Frequency response curves (receiver response curve out put % VS frequency)

使用した。曲線の減衰が急な程、他の磁場に対する応答性が少ないことを示すが、何れの受信器の場合 100 Hz ずれば出力は約 50% 減、200Hz では 70~80% 減となる。さらに 550Hz の受信器では 300~700 Hz 以外、5.5kHz の受信器では 4.5kHz~6.5kHz 以外ではほとんど応答がない。この周波数帯域における自然界の電磁波は存在しないから、安全性は充分と考えてよい。ちなみに、自然界に普通に存在する電磁波は、10kHz 以上または、50~60Hz のものである。

受信器の周波数同調性を確認したあと、高圧線近

傍、溶接機、発電機、テレビ、ラジオ中継局、一般電灯線近傍などで、電線、機械類に受信器を近接せしめてその同調性を測定したが、出力は全く0であった。

なお、電磁波の進行方向と受信器軸方向のなす角度による受信器の感度について若干述べると、この角度が 90° すなわち、電磁波の進行方向に対し、受信器の軸方向が直交する場合は、感度出力 0.0° の場合すなわち軸方向が一致する場合は感度 100% である。また 45~70° では感度 70~80% で、180° 即ち、受信器の天地逆の場合には感度 100% である。このことから、実際の装填に際しては、受信器の軸方向が電磁波

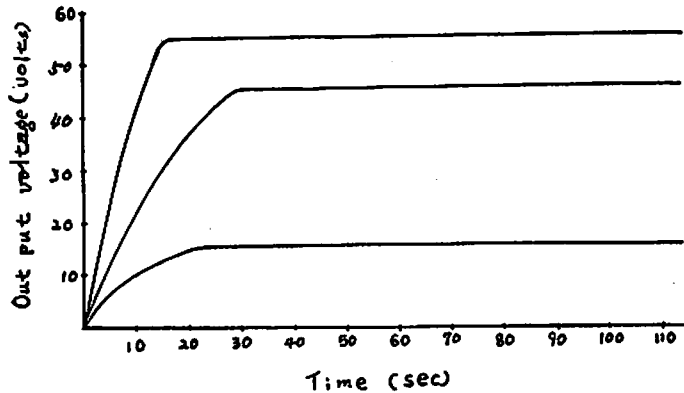


Fig. 4 Relation between charge time (sec) and out put voltage

の進行方向と一致もしくはこれに近い状態にする必要がある。

2-3-2 受信器の充電々圧および充電時間

受信器の充電々圧と充電時間の関係は、爆破時の発振時間と関連づけて考える必要がある。すなわち、受信器の発火用コンデンサーの充電が完全に成された状態で発振機よりの発振を停止せねば、不発の原因にもなる。

いま、実験結果の1例として、種々の受信器使用、たて軸に出力 (volt) よこ軸に発振時間 (sec) を取ってグラフで示すと、図4のようになる。この時発振機は A-III 型を使用した。

図4からもわかるように、充電時間が30秒以上になれば、受信器の発火用コンデンサーの充電々圧は 100% に達する。したがって、実際の発破においては、発振時間を1分以上とれば、受信器の発火用コンデンサーの充電不足という不安は全くなく、不発の心配もないといえる。なお、受信器の発火用コンデンサーの容量は、100 μ F または 200 μ F のものを使用している。したがって、雷管の発火に必要な受信器の最小出力は 5~7volt であり、このことは実験でも確認している。

2-3-3 磁界の分布、強さの測定

発振機よりループアンテナに交流電流を流し、ここに生ずる電磁界の分布、強さがどのようなものであるかを知ることは、実際の発破作業に適用する場合最も必要な項目である。この測定に当っては、前に述べたように、ダミー受信器よりの出力を求めて、検時を実施した。実験は多数に亘ったが、これを列挙してもいたずらに頁数を割くことになるので、そのうち代表的なものとして、i) 電磁波が透過する媒体の差違による影響、ii) 中規模海中試験、iii) 大規模空中試験、の3例について記す。

i 電磁波が透過する媒体の差違による影響

受信器を海水中、砂中、空中、岩石中に存置せしめて、受信器の出力を調べた。その結果は図5に示すとおりであるが、このとき使用した発振機は、出力 0.7 Kw 発振周波数は 5.5KHz、および 550Hz のもので、ダミー受信器は、極小型 (30mm ϕ , 30mm l) 小出力のものである。この実験においては受信器の位置を中心、半径方向中間、ループアンテナ直下と移動し、ループアンテナ平面からの距離を変化せしめたが、いずれの場合も出力の減衰傾向は変らなかった。図5に示したのは、受信器の位置がループアンテナ中心でループアンテナ平面からの距離を変えた例である。

図5の結果からみると、発振周波数 550Hz の場合は媒体による影響は全くみられないが、5.5KHz の場

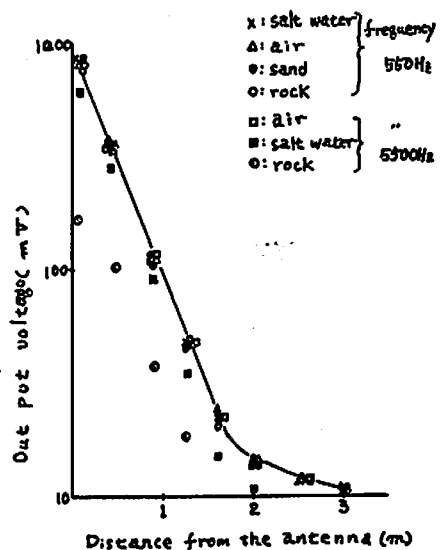


Fig. 5 The decrement of out put voltage in various medium

合は空中→海水中→土中(砂中)→岩石中の順で若干受信器の出力が低下する。すなわち、磁場の周波数が低いほど、電磁波の透過は良好となる。この点も考慮して、実用型の磁場の周波数(すなわち発振周波数)を550Hzとした。

ii) 中規模海中試験

この実験は、大成建設の四国電力伊方原子力発電所取水口工事の現場で実施した。使用した発振機はA-Ⅲ型、受信器は同周波数550Hz(外径60mm、長さ70cmの塩ビ筒入り)のもので、実験場の条件等は次のとおりである。

実験場; 花崗岩、水深; 7~10m、流速2ノット

ループアンテナ; 直径40m、8角形(海上保持はブイを用いたが、相当の凹凸あり。)

電線 14mm²、3重巻

この実験の際には、O. D. 穿孔機で岩盤に穿孔(径70mm、長さ5m)、ダミー受信器をここに挿入し岩盤中の出力減衰をも測定した。更に、斉発性、起爆性などについても検討したがこれらの点については後述する。

磁界の分布、強度測定結果は図6のようである。

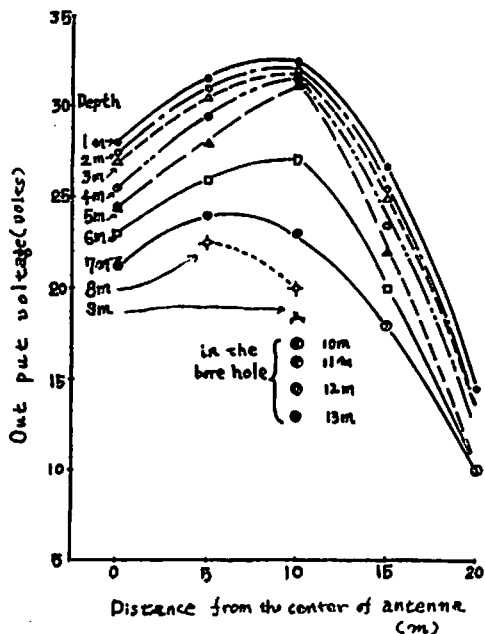


Fig. 6 Experimental data in Igata

この結果から、本装置は充分実用に供し得ることが明白であり、また岩盤中への電磁波の透過も良好であるといえる。

実験の際に最も困難が予想されたのは、ループアンテナの張り方である。流速2ノットという速い潮流の中で、海上にループアンテナを保持するのは、相当難しいと予想されたが、テトラポッドのアンカーに60kgの浮力をもつブイ8ヶでアンテナを保持し、相当の凹凸を生じたが実用上の支障はなかった。この判断の基準になったのは、工場で実施した同規模の空中実験結果と、伊方における実験結果ならびに、2-3-3i)の結果の比較から、結果に有為差が認められなかったからである。

iii) 大規模空中試験

この実験には、発振機としてA-Ⅲ改型、受信器は同周波数550Hzの大型(外径60mm、長さ120cm)、ループアンテナは、14mm²3芯キャブタイヤコード2巻き(すなわち14mm²線6巻き)直径94mという、本四架橋工事想定的大型実用品を使用した。こういった実験は、本来ならば実際に工事が実施される現場、またはこれと同等の規模の海域で実施すべきであるが、実験場所の設定が難しかったことや、期日の都合もあり、中部電力武豊火力発電所構内の埋立地を利用して、空中における磁界分布、強度の測定実験を実施した。このような方式を採用したのは、i)およびii)の実験から、550Hzの周波数の電磁波では、空中、海水中など媒体の差に伴う磁界の強さに差がないと判断したからである。

なお、ダミー受信器の空中での保持には、アドバルーンを使用した。すなわち、揚力約6kgのアドバルーン2ヶにダミー受信器約(6kg)を取り付けて空中に浮かせ、ロープによりダミー受信器の位置、高度を変化させた。また、ダミー受信器の出力は直流電圧計を用いて計測した。

実験結果をたて軸にダミー受信器の出力(volts)、よこ軸にループアンテナの位置をとって図示すると、図7のようになる。

電気雷管の発火は、先にも述べたように5~7voltで可能である(発火用コンデンサ容量100~200μF)。したがって、図7からみても判るように、中部電力で実施した実験条件では、受信器の位置50~55mの高さまでは起爆可能といえる。ループアンテナの円形磁場の外でも相当の出力が得られることが確認できたが、安全性を考えれば受信器は円形磁場の中に位置せしめねばならない。また、この実験の際には、発振機の能力は60%程度に押えて使用した。したがって、従来の試験結果と照し合せて考えた場合、発振機の能力を100%に挙げれば、75~80mぐらゐの高さまで起爆可能である。すなわち、空中と海水中における、受信器の出力に差がないことを考え合せれば、水深75

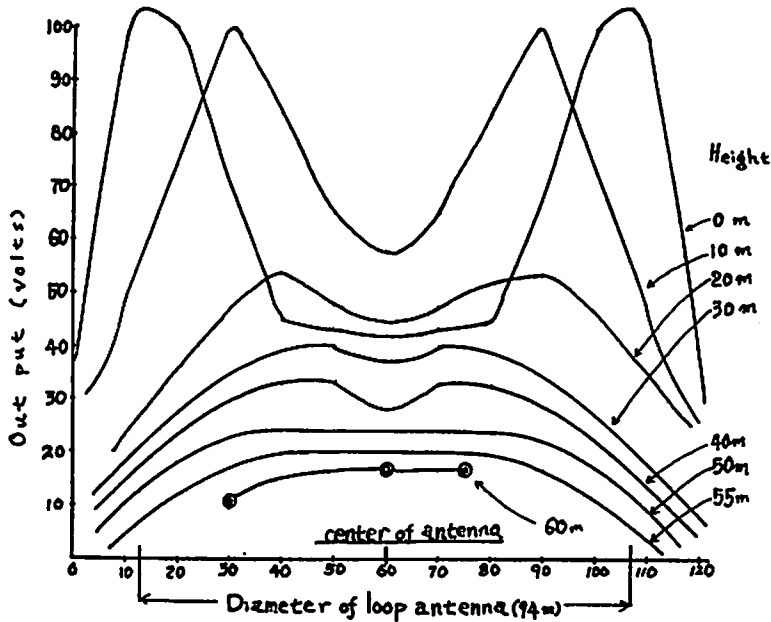


Fig. 7 Experimental data in Chuden

~80mぐらいでの遠隔起爆が可能ということになる。

2-3-4 受信器の斉発性

水中発破の場合、斉発性が問題になるのは、隣接孔の爆発により生じた衝撃波により受信器や雷管が破損すると、不発残留の原因となるからである。

測定はループアンテナの内側に受信器を多数個配置し、発振機より 550Hz の信号を発振して、発振停止後の受信器出力信号を電磁オシロでチェックした。こ

のとき、受信器相互の間隔は 1~1.5m としたが、これは相互誘導を防止するため、予備実験の結果からは、相互誘導防止には 30cm 以上の間隔が必要ながわっている。

表1は測定結果の一例を示したものであるが、表中の数字は、発振停止から発火までの時間 (ms) である。

Table 1 Experimental data—dispersion time in simultaneous ignition of receiver (ms)

Receiver	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Rariance
1 (IGATA)	25.4	22.7	26.4	25.4	28.2	—	—	—	—	—	—	—	5.5
2 (")	25.4	22.7	23.6	25.4	27.3	—	—	—	—	—	—	—	4.7
3 (CHUDEN)	25.4	22.7	23.6	25.4	27.3	26.5	27.3	25.4	23.6	25.4	22.7	23.6	4.6
4 (")	25.4	22.7	23.6	25.4	28.2	25.4	25.4	25.4	23.6	26.5	23.5	22.7	5.5
5 (UTILITY ARTICLE)	5.8	5.8	6.3	5.9	6.0	6.3	6.3	5.8	5.4	5.7	6.1	5.6	0.9
6 (")	5.7	5.7	6.3	5.8	6.0	6.2	6.3	5.7	5.5	5.7	6.0	5.7	0.8

表1を見ると、発火時間の最も早いものと最も遅いものの差は、伊方、中電の場合 5.5ms 実用品では、0.9ms である。さて、水中の衝撃波は約 1500m/sec の速度で伝播するから、装薬間隔 1.5m の場合では、

発火時間のバラツキは 1ms 以内に押えることが望ましく、電気雷管の点火バラツキも考慮すれば、発火時間のバラツキは少ないほど好ましい。なお、受信器の発火時間のバラツキは、電子回路を構成しているコン

デューサーと抵抗による時定数の相違によるものであるから、バラツキを相当少なくすることは可能であるが、全くバラツキを無くすことは困難である。しかし、雷管の点火バラツキや受信器の外筒が破壊して内部の電子回路が影響を受けるまでの時間遅れを考え合せた場合、受信器の発火バラツキは 1ms 以内におさまれば十分と考えられる。

2-3-5 ループアンテナ形状に伴う磁界の変化

ループアンテナの形状を真円状、四角形状、六角形状、八角形状に変化させてみて、磁界の分布を測定した。

その結果、磁界の分布は中心から同心円状に拡が

り、アンテナの形状変化に伴う磁界の強さの差異は認められなかった。すなわち、実際の使用にあたってはアンテナの形状が四角形か、六角形であれば支障はないと考えてよい。ただし磁界の強度は、内接円が各辺と接する外側の部分（各2辺と内接円の接点2点と、辺の交点を結ぶ部分）は、磁界の強度が相当弱くなるので、受信器は、内接円の内側に位置させることが好ましい。

2-3-6 受信器の耐水性

受信器の耐水性は、爆薬の耐水圧を調べる高圧注水試験方法によった。受信器の構造は、図8に示すとおりであるが、耐水圧試験には、パラフィン充填した

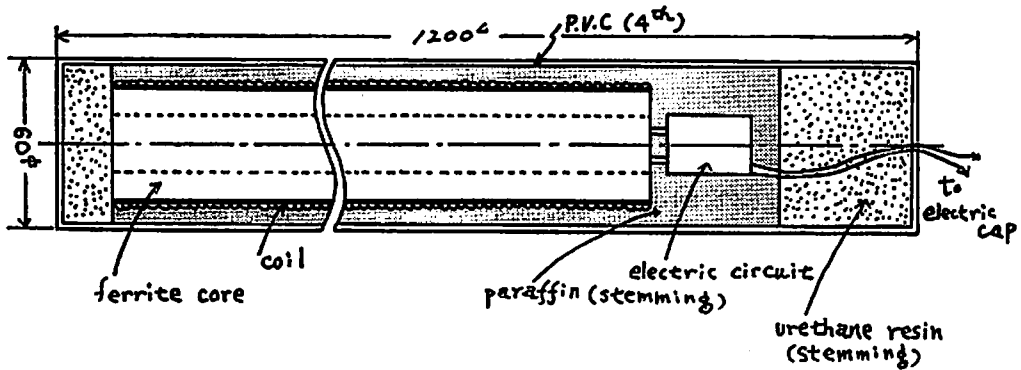


Fig. 8 The schematic structure of the receiver

同調コイル部分と電子回路部分をシリカゲルに置換したダミー受信器を使用し、シリカゲルの変色程度のチェックにより耐水圧性を判定した。

その結果、10kg/cm²の加水圧下30日間でも問題はなかった。

受信器内部への浸水の可能性は、出力コードの心線を通して毛細管現象によるものが考えられるが、これは防水コネクタ使用等の防水処置を施せば充分と考えられる。

2-3-7 起爆性試験

伊方における実験を除いては、起爆性の検討は点火玉で実施した。すなわち、磁界の中に置いた受信器の出力端子に点火玉を取り付け、発振機よりの発振を停止することにより、点火玉の発火性を見た。伊方実験の場合、水深下10mの装薬孔に新桐ダイナマイトと、電管を取り付けた受信器を一体化して装薬し、(10kg × 4 孔) 発振機操作により遠隔起爆した。

結果はいずれも良好で、不爆、残薬等異常は全く認められなかった。

2-3-8 その他の試験

i) 受信器の磁界遮断とその影響

受信器を金属管に挿入した場合感度は0になる。金属以外のものなら影響は全くなかった。若干の金属塊の存在でも大きな影響は見られなかった。したがって使用する場合、受信器を金属筐体や、ケーシングパイプの中に入れて使用することは避けねばならぬが、岩盤中、砂中等での使用は支障ない。

ii) 落下衝撃の影響

コンクリート床上に受信器を一定の高さより落下せしめて、異常の有無を調べた。その結果、落高110cmまでは異常はないが、落高120cmの場合には、

◎垂直方向落下の場合外筒に座屈を生ずる。

◎水平および斜め方向落下の場合異常なし。

という結果になった。何れの場合にも、内部機構に異常は認められないが、外筒に破損を生じた場合防水上使用不可能になるので、取扱いには注意せねばならぬだろう。なお、外筒をFRPにすれば、強度は相当増加するものと考えられる。

iii) 温度環境試験

恒温槽にて、受信器の温度環境を-10℃、0℃、30℃、60℃に保って、その影響をみた。その結果0℃、30℃の条件では異常は認められなかったが、-10℃、60

℃の場合は、出力に影響はみられないが、斉発性については、通常 0.6~0.9ms のバラツキのものが、5~10ms のバラツキを生じる。しかし常温放置 (0℃~30℃) 1時間で元の状態に戻る事が明らかになった。

数度におたる実験の結果、通常の中工事で取扱われる場合 (0℃~40℃) には、斉発性、発火性に問題はないが、異常環境 (-10℃ 以下とか 55℃ 以上) の場合斉発性に問題がある事が判明した。しかしながら、水中工事に使用される場合、水中に装填後、2時間程度経過すれば問題はないと考えられる。

3. 結 言

電磁波を利用した遠隔制御発破装置の開発から実用化に至るまでの一連の実験結果から、以下のような結論を得た。

- 1) 受信器の周波数同調性は良好で、一般に存在する磁界に対する応答性はなく安全である。受信器が、装薬孔中に装填されることを考えた場合、同調周波数 550Hz にする方が好ましい。
- 2) 同調周波数 550Hz の場合、電磁波の透過度は良好で、透過媒体が空気、海水、淡水、岩盤、砂などの相違があっても影響はない。
- 3) 受信器の斉発性については、発火バラツキ 1ms 以内の良好なものを作り得た。
- 4) ループアンテナの形状は四角形か六角形で充分である。
- 5) 受信器の耐水性性は良好で、水深 100m 程度までの使用なら問題はない。
- 6) ケーシングパイプや金属匡体を使用した場合、受信器の発火能力はない。
- 7) 発振機出力 20kw、ループアンテナ径 94m (電線は 14mm²×6 巻)、大型受信器 (外径 60mm、長さ 120cm) の実化タイプのものを使用すれば、水深 75~80m での遠隔起爆が可能である。

以上のような結論を得たわけであるが、例えば本四架橋工事のような、大規模掘削工事を想定した場合、充分に実用に供し得ると考えられる。

電磁波式遠隔制御発破装置使用上の最大の問題点は、ループアンテナの海上または海中の保持であろう。

相当な重量と長さを持つループアンテナの保持には、あらかじめ検討が必要であろうが、伊方における実験結果から考えて、アンカーとブイによる保持が最適であろう。そのほかの保持方法としては、あらかじめ掘削領域周辺の海底にループアンテナを敷設する方法なども考えられるが、工事条件に合わせて最良の方法を採用すれば良いと考える。

この困難を除けば、本装置の長所、すなわち①受信器に電池を内蔵せず安全であり、水中放置に制限はない。②装薬孔中に挿入しても受信器の能力に支障はない。の2点を最大限生かすことができる。

さらに改良を加えることにより、陸上の大発破や大型ベンチ発破にも応用できるものと考えており、将来隧道発破などにも、小型高能力のものを開発し適用することも可能であると考えている。

付 記

本装置の実用化に当っては、東海無線株式会社大角氏の絶大なる援助を得た。ここに深く感謝の意を表すると共に、実験に当り種々御協力頂いた大成建設株式会社伊方作業所の諸氏並びに中部電力武豊火力発電所の諸氏に厚く御礼申し上げる。最後に、本実験の一部は、本四公団よりの48年度受託研究の一環として実施したことを報告する。

なお、伊方実験の際の写真巻末に付足しておく。



Photo 1 Oscillator (A-III Type)

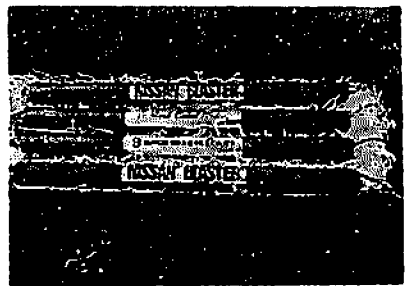


Photo 2 Receiver

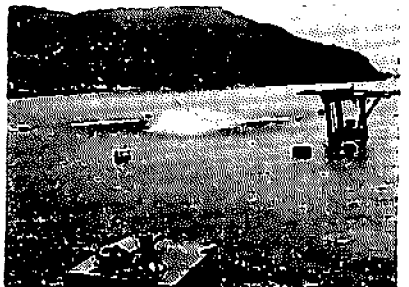


Photo 3 Blast (IGATA)

Remote controlled firing system

by Takeo Ueda & Masashi Nakano

This report relates to a series of experiments by a remote controlled firing machine in order to detonate explosives used to break rocks and other solid materials.

This machine is to provide a remote controlled circuit and apparatus for detonating explosives without using a battery, etc. as an electric supply source and which can charge a condenser by means of an electromagnetic field immediately before the ignition of the explosive and which is extremely simple in construction and reliable and safe in handling.

After a series of experiments, we completed the large scale machine for practical use. And using this machine, it can be remotely control a receiver arranged under the surface of the sea, 75~80m deep.

Furthermore, this machine makes use of the electromagnetic field whose frequency is 550 Hz which is not used in common radio communications and electric supply sources. And the electromagnetic field is received by the tuned antenna coil, so that that there is no risk of a ignition circuit being mis-operated by a presence of electromagnetic waves whose frequencies are different from 550 Hz.

A number of receiver arranged in the electromagnetic field emitted from the loop antenna can be ignited almost simultaneously (in 1.0 millisecond). (Nippon Oils & Fats co., Ltd. Taketoyo Factory)

(Nippon Oils & Fats Co., Ltd. Taketoyo Factory)

アジ化鉛含有シート状起爆薬

生 沼 仙 三*

酢酸鉛のシート状成形物をアジ化ナトリウム水溶液で処理してアジ化鉛のシート状成形物を得る方法を検討し、厚さ 0.7~1.9mm、密度 0.32~1.1g/cc、アジ化鉛含有量 38~77% の目的物を得た。爆速は 1,000~2,600m/sec。このシートより切り出したペレットは PETN 等を起爆することができた。

1. 緒 言

起爆薬は一般に火工品に用いられているが、非常に鋭感なものであるから、安全な火工品にするまでの取扱工程数をできるだけ少なくすることが爆発事故防止の面においては必要であろう。

このような方法としては、所望形状の成形物中に起爆薬を生成させればよいことが考えられる。

前報¹⁾においては、その研究の一つとして、綿糸、麻糸などのヨリ目や繊維間にアジ化鉛を生成させる方法により小径導爆線の製造を試みたが、本報においては、シート状樹脂成形物中にアジ化鉛を生成させる方法を検討した。そして得たアジ化鉛のシート状樹脂成形物について、起爆薬として利用するに際し、必要と思われる爆速、起爆力、感度などを調べた。

2. 実験と結果

2.1 材 料

バインダーとして用いた樹脂は、アセチル化度52%のアセチルセルロースと、ブチラール化度 78% のブチラール樹脂である。溶剤は、アセトンとフルフリルアルコールの混合物を用いた。

アジ化鉛は、酢酸鉛とアジ化ナトリウムよりつくった。その酢酸鉛は、試薬1級の3水塩を 70°C で脱水し、冷却後粉砕し、150 メッシュより小さい粒度のものを用いた。アジ化ナトリウムは試薬1級品である。

浸透促進物として、東洋沓紙製、粒度 100~200 メッシュの沓紙粉末（セルローズパウダー）、試薬1級のアセトアミドおよびジエチル尿素を用いた。

2.2 原料シートの調製

小径導爆線の場合には、糸のヨリ目や繊維間に硝酸鉛の結晶を含ませ、それをアジ化ナトリウム水溶液で処理して製造したが、アジ化鉛のシート状成形物を作

るには、単に酢酸鉛をバインダーで成形したものをアジ化ナトリウム水溶液で処理しても得られない。アジ化ナトリウムが浸透しないからである。そこで、その浸透を促進させるものを加え、酢酸鉛をバインダーで成形した。その調製法は下記のようなものである。

バインダーを溶剤にとかし、それに酢酸鉛と浸透促進物を加えて混合する。次にその混合物を底の平らなガラス容器に流し込み、乾燥用塩化カルシウム入りデシケーター中に一昼夜静置し、アセトンを除去し、原料シートを得る。

用いた各試料は重量比で、バインダー 3、アセトン 25~30、フルフリルアルコール 0~10、酢酸鉛 3~10、浸透促進物 0~10 である。この際フルフリルアルコールは、高沸点のものであるから塩化カルシウムに吸収されず、用いた量そのまま原料シートに含まれているものと思われる。

そのシートは、フルフリルアルコールが多くなるにつれてやわらかくなり、酢酸鉛、浸透促進物が多くなるにしたがってかたくなる傾向を示した。そして、アセチルセルロースの代りにブチラール樹脂を用いたものはやわらかいことが認められた。

浸透促進物を含まない原料シート、また浸透促進物としてアセトアミドまたはジエチル尿素を含む原料シートについては、前記成形ガラス容器に付着しているものをそのまま次の処理に供した。沓紙粉末を含む原料シートについては、セロハンシートで被覆した成形ガラス容器で製造したが、原料シートをセロハンシートより剝離し、次の処理を行なった。

2.3 アジ化鉛の生成

原料シートをアジ化ナトリウム水溶液に浸漬し、ついで水洗、乾燥した。その際、アジ化ナトリウム水溶液は所定濃度にし、計算量の 10~15 倍量を用いた。

アジ化鉛の定量は、試料数 10mg を秤取し、パイ

昭和49年7月18日受理

* 東京工業試験所第7部 神奈川県平塚市新宿85