

発破に伴う電気パルスについて

関西大学工学部 正 員 谷口敬一郎

関西大学工学部 正 員 楠見 晴重

関西大学大学院 学生員○角丸 義浩

1. はじめに

著者ら¹⁾は爆薬等が爆発するとき、比較的周波数の低い電磁界が発生することを見出した。この電磁界は爆薬に6号電気雷管を用いた場合、周波数は約5.8 KHzの減衰の速い振動波形であった。また、その電磁界をコイルによって捕えた場合の誘起電圧Eは、爆源からの距離Zに $E = CZ^{-m}$ の関係にあり、mの値は1.12~1.20の範囲にあった。本報では、この現象の発生機構の詳細な解明と、さらに爆薬の薬量と誘起電圧との関係、その誘起電圧の大きさの方向性について検討を行った。

2. 実験装置と実験方法

図-1は実験装置の概略を示すもので、電気雷管の爆発によって生ずる磁界を検出コイルによって受信し、メモリー・オシロスコープによりその誘起電圧波形をストレージして観測する。検出コイルは、直径20cmで巻数400回と800回

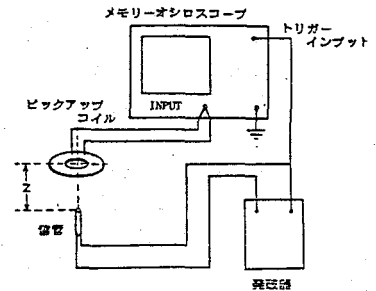


図-1 実験装置概略図

のものを2通り使用した。実験は次の4つの項目において、誘起電圧の観測を行った。(1) 雷管と2つのコイルを同一線上に一定間隔に離して設置したときの誘起電圧の時間差。(2) 空気中において、地磁気に対するコイルと雷管を結ぶ線の方法をパラメータとしたときの誘起電圧。(3) 砂中発破と空気中発破の誘起電圧の比較。(4) 薬量をパラメータとしたときの誘起電圧。

3. 実験結果と考察

(1) 写真-1は図-2のように雷管と2つのコイルを同一線上に、コイル間距離が30cmとなるように設置したときの両コイルの誘起電圧波形である。両波形には時間のずれは生じておらず、爆発時の任意空間での電磁界の存在は電離ガスの拡散により発生したものでなく、爆源に生ずる磁界によるものであと考えられる。この結果と誘起電圧Eと爆源からの距離Zの関係 $E = CZ^{-1.12 \sim 1.20}$ により、その発生機構は次のように推察される。爆発に伴って生じたガスが熱や衝撃波による作用で一部が電離状態となる。その電離ガスが爆発波面とともに変化し、これが地磁気を横ぎるとき Flemingの法則に従って導体内の磁束線に直角な面内に誘導起電力が生じ、うず状の誘導電流が流れる。このうず状電流により、電磁誘導作用による磁界を生ずる。

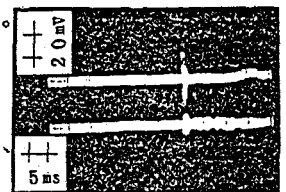


写真-1 観測波形

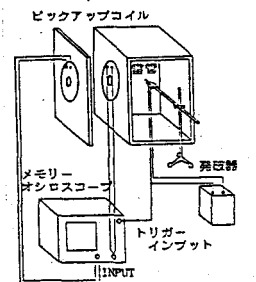


図-2 実験装置の設置図

Keiichiro TANIGUCHI, Harushige KUSUMI, Yoshihiro KAKUMARU

うず状電流 I を発振コイルと考えると、検出コイルに生ずる誘起電圧 E は、図-3の座標系を用いると、

$$E = 2\pi f \mu_0 A N_2 I a_1^2 N_1 / 2 (a_1^2 + Z^2)^{3/2} \quad \text{--- ①}$$

となる。 N_2, A は検出コイルの巻数と断面積で、 Z はコイル間距離を表わす。ここで、周波数 $f = 5.8 \text{ KHz}$ 、発振コイルの巻数 $N_1 = 1$ 、半径 $a_1 = 30 \text{ cm}$ とし、電流 I を爆薬の種類と薬量によって一定な値と考えたと①式の E と Z の関係は $E = C Z^{-m}$ となり、実測値とよく一致する。

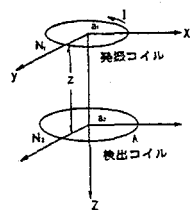


図-3 円電流の座標系

(2) コイル～雷管の方向と誘起電圧；図-4は大阪での地磁気の方角とコイル～雷管の位置を示す。地面に平行な面におけるコイル～雷管を結ぶ直線と磁北との角度を θ とし、 θ を 0° から 180° まで 45° ずつ変化させたときの電圧を表-1に示す。結果は θ が 90° 、つまりコイル～雷管の方向は地磁気を直角に横ぎるとき誘起電圧は最大となり、 $\theta = 0^\circ, 180^\circ$ のとき最小値となる。このコイル～雷管の方向による誘起電圧の増減は、電離ガスが横ぎる磁束成分の増減に一致しており、この現象が上述の Fleming の法則に基づくことが確かめられる。

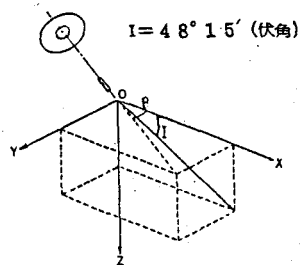


図-4 コイル軸と地磁気の方角

表-1 コイル～雷管の方向と誘起電圧

コイルの巻数	800 回巻				
距離	20 cm				
磁北からの角度(°)	0	45	90	135	180
誘起電圧(mV)	320	364	426	367	303

表-2 砂中空間発破と空中発破の比較

埋置深度	砂中空間発破(mV)	空中発破(mV)
30 cm 砂より砂 20 cm	103	288
40 cm 砂より砂 20 cm	84.8	245
50 cm 砂より砂 20 cm	72.1	162

(3) 砂中発破；表-2は図-5のように地面から50cmの砂中に空間を設けて、砂中空間で電気雷管を発破させたときの誘起電圧 E と同条件下での空中発破を比較したものである。空气中に比べ砂中空間での発破の誘起電圧は $1/2$ 以下の値となっている。また砂中に空間を設けず、同条件下で発破を行った場合、誘起電圧はさらに小さな値となった。これは空気よりも導電率の大きい媒質の砂中では、うず状電流の一部が媒質中に流れ、誘起電圧が小さくなると考えられる。

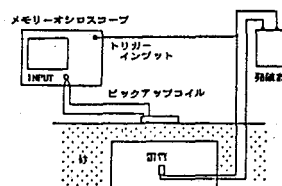
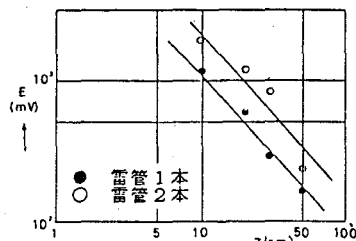


図-5 砂中発破

(4) 薬量と誘起電圧；図-6はコイル～雷管を結ぶ直線を地面に対して鉛直方向とし、雷管1本および2本についてコイル～雷管の距離 Z と誘起電圧 E との関係を両対数で表わしたものである。この結果から、雷管が2本の場合においても、 E と Z の関係は直線的であり、 $E = C Z^{-m}$ で表わされ m の値は1.20で雷管1本の場合と同様となり、薬量が増加しても減衰指数は変化しないことが判明した。

4. むすび

以上の実験結果は、この現象が Fleming の法則に基づき爆源にうず電流が発生したとする推察を裏づける値を示した。図-6 コイル～雷管の距離と誘起電圧



参考文献

1) 谷口, 楠見, 角丸; 発破に伴う電気現象, 昭和59年度, 工業火薬春季講演集, pp97~98, 1985.