

水面変位の計測による水中衝撃圧の測定

花崎絃一・伊藤一郎

著者らは、水中で3号電気雷管を爆発させた場合に発生する球面圧力波のピーク圧力を、水面の変位速度を測定することによって求める方法について実験および数値計算による解析を行なった。その結果、圧力波のピーク圧力 $p(\text{kg}/\text{cm}^2)$ と爆源からの距離 $R(\text{cm})$ との関係はつぎのとおりである。

$$p = 9.13 \times 10^3 \left(\frac{1}{R} \right)^{1.45} \quad (\text{a})$$

また、球面圧力波の圧力と粒子速度との関係については次のことがわかった。

(1) 水中における電気雷管の爆発による球面圧力波はつぎの関係をほぼ満足している。

$$p = \rho C u \quad (\text{b})$$

ただし、 ρ および C はそれぞれ水の密度および音速であり、 u は粒子速度である。

(2) 球面圧力波の場合はその圧力と粒子速度の関係は (b) 式のような比例関係は一般には満足されない (Fig. 15 参照のこと)。したがって、水面変位を測定して圧力波のピーク圧力を求める場合には、別に何らかの方法でその波長を知る必要がある。

1. 緒言

水中におかれた爆薬の爆轟によって水中に投射される圧力波の伝搬の様相を把握することは、水中での爆破作業、とくに、構造物に近接した水中での爆破作業などを行なうためには欠くべからざることである。

従来から圧力波の圧力測定に関する研究は広く行なわれており、種々のデータが得られているが、数値計算による研究はあまり行なわれていない。

この研究は、水中衝撃波の伝搬の様相を数値的に解析する場合に必要な様々な定数を求めるために行なった一連の研究の一部分であり、水中で電気雷管を爆発させた際に、水中に投射される圧力波の波形、および粒子速度の伝搬による減衰状態などを測定したものである。

一般に薬量の多い場合についてのこれらの現象は、すでに実験的に多く研究されているが¹⁾、電気雷管のように非常に少量の薬量の場合は多少異った傾向を示すものと思われる。

なお、従来の研究においては、水中の圧力波の測定にはほとんど圧力計 (圧力に比例した出力が直接に得られる変換器) が用いられており、その他には高速度

写真撮影²⁾、あるいは、ピンコンタクトにより水中衝撃波の伝搬速度を測定して圧力を求める方法³⁾などが用いられている。

本研究では、新しい試みとして圧力波の粒子速度を測定して圧力を求める方法で測定し、その方法の妥当性を検討した。

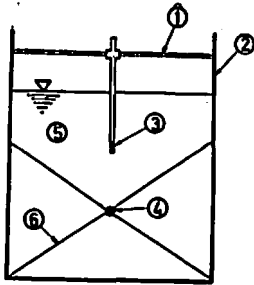
2. 圧力計によるピーク圧力の測定

2.1 概説

ここで述べる測定は、3. で述べるところの水面粒子速度の測定によるピーク圧力の測定により得られる結果と比較する目的で行なったものである。すなわち、水中で3号電気雷管を爆発させたときに水中に投射される圧力波のピーク圧を測定し、伝搬距離との関係を求めた。

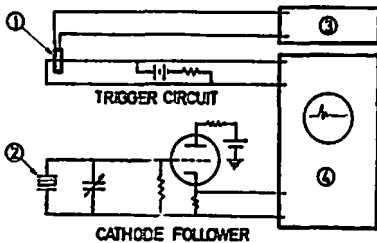
2.2 実験装置

Fig. 1 に示すように、水槽に水を満たし、水深 30 cm のところに管体の底部が下になるように電気雷管を固定し、その下方の所定の位置にチタニウム磁器圧電体を用いた圧力計を置いた。計測回路は Fig. 2 に示すように、圧力計からの出力をカソードフォロワを通じてシンクロスコープの入力端子に入れ、単掃引によってブラウン管上に現われる圧力波形をカメラで写真撮影し、ピーク圧力の測定を行なった。なお、



- ① Steel frame ② Water tank
- ③ No. 3 electric detonator ④ Pressure gauge
- ⑤ Water ⑥ String

Fig. 1 Configuration of apparatuses for the measurement of the pressure wave using a pressure gauge.



- ① Electric detonator ② Pressure gauge
- ③ Blasting circuit ④ Cathode ray oscillograph

Fig. 2 Block diagram showing the measuring circuit.

シンクロスコープの単掃引起動には電気雷管の管体に巻きつけた細いエナメル被覆銅線が、管体の破裂と同時に切断されることを利用した。したがって、銅線の切断と同時に外部トリガ入力端子に所定の電圧が加わるようにしておけば、電気雷管の起爆とシンクロスコープの単掃引開始とを同期させることができる。

2.3 実験結果および考察

2.2 で述べた方法によって測定した記録の一例を Fig. 3 に示す。すなわち、縦軸は圧力の大きさを示し、横軸はシンクロスコープの掃引すなわち時間の経過を表わしている。

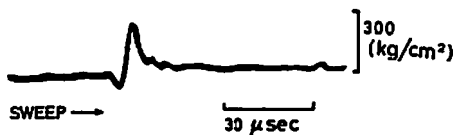


Fig. 3 An example of records obtained at 20cm from the source

なお、この図において、圧力波の到達と同時に圧力波形は負側へ振れているが、これは圧力計の極板(受圧面)が圧力波の進行方向と平行に設置されているためである。すなわち、圧力波の到達と同時に圧力計の側面(円筒面)に圧縮波が入射されることによって極板間隔が開くことになり、あたかも受圧面が引張力を受けたかのような挙動を示すからである。

さて、実験の結果をまとめ、爆源からの距離 $R(\text{cm})$ と圧力波のピーク圧力 $p(\text{kg}/\text{cm}^2)$ との関係を示した図が Fig. 4 である。この図より p と R との関係は

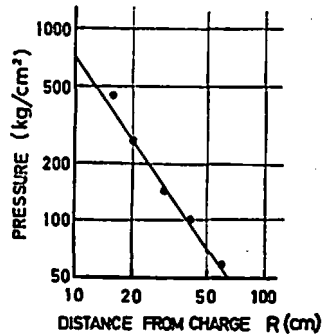


Fig. 4 Relation between the distance from the source and the peak pressure

次式で表わされることがわかる。

$$p = 2.09 \times 10^4 \left(\frac{1}{R} \right)^{1.45} \quad (1)$$

(1) 式によれば、伝搬距離に対するピーク圧力の減衰率の値は1.45であることを示しているが、この値は一般に水中で爆薬を爆発させたときの圧力の減衰率がほとんど1.0に近い⁴⁾ということとを考慮するとかなり大きいことがわかる。したがって、この実験で爆源として用いた電気雷管のごく少量の爆薬(約1gr)が爆発した場合に生ずる圧力波は、Fig. 3 に示すように、かなり高い周波数成分を含んでいることがわかるが、このように周波数の高い圧力波は周波数の低い圧力波に比べて減衰率が大きいということがわかる。

3. 水面粒子速度の測突によるピーク圧力の測定

3.1 概 説

この測定では、まず水中で3号電気雷管を爆発させたときに、水中に投射される圧力波による水面の粒子速度および爆源から水面までの距離を測定し、それらの関係を求めた。ついで、粒子速度と圧力との関係を用いて、測定により得られた粒子速度の値から水中圧力波のピーク圧力を求めてその減衰性について検討した。

3.2 実験装置

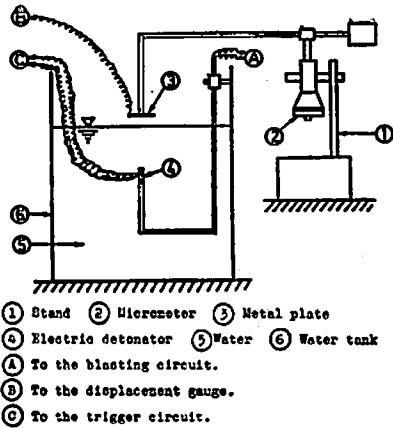
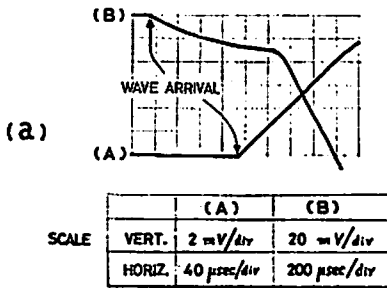


Fig. 5 Configuration of apparatuses for the measurement of the particle velocity on water surface using a displacement gauge.



(a) Raw records from a cathode ray oscillograph.
(b) Calibration curve.
(c) Displacement-time curve.

Fig. 6 An example of records

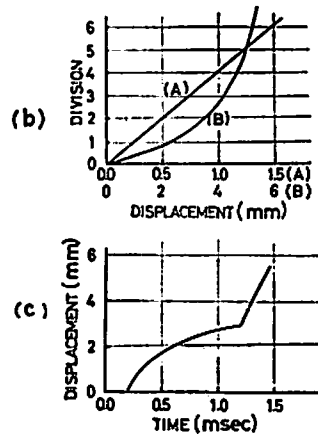
いるが、下側のビーム (A) は上側のビーム (B) に比べて掃引速度が5倍、鉛直方向の感度が10倍の設定で観測した記録であり、極性も正負が逆になっている。こうすれば、下側のビーム (A) で圧力波到達時の正確な変位を観測しておき、さらに上側のビーム (B) でその後の水面の動きを観測することができる。

Fig. 6(b) は校正曲線を示したものであり、これを使って、Fig. 6(a) に示した記録写真の上側のビーム (B) の記録から得た水面の時間的変化を表わした図が Fig. 6(c) である。この図をみれば圧力波が水面に到達すると同時に水面は圧力波の波内粒子速度の二

Fig. 5 に示すように、水槽に水を満し、所定の水深のところに管体の底部が上を向くように電気雷管を固定して、その真上の水面上に微小変位計の極板を設置して水面の変位の時間的変化状態を計測できるようにした。すなわち、極板と水面との間の静電容量の変化に伴う微小変位計の出力電圧の変化をシンクロスコープの入力端子に入れ、ブラウン管上に現われる波形を写真撮影し、得られた図形を図上微分することによって粒子速度を求めた。なお、シンクロスコープの掃引同期信号は 2.2 で述べた方法と同じ方法で得るようにした。

3.3 実験結果および考察

この実験で得られた記録の一例を Fig. 6 に示す。Fig. 6(a) は、シンクロスコープのブラウン管上に現われたビームの移動軌跡である。鉛直方向には微小変位計からの出力が表わされており、水平方向は時間の経過を示している。この図では 2 本のビームが示されて



倍の速度で上方に運動したのち自由落下運動に移りその後しばらくしてから再び急激な上昇運動がみられることがわかる。後者の急激な上昇運動は、電気雷管の爆発により発生した爆轟ガスの膨張に伴う水の移動によるものと思われる。したがって、この急激な上昇運動を始める時刻を正確に測定すれば、爆轟生成ガスの挙動を把握するための一資料となるであろうと思われる。なお、Fig. 7 は電気雷管の管底から水面までの距離の種々の値について、水面の時間的変化の代表的なものを示した図である。

さて、上述のようにして得られた水面変位の時間的

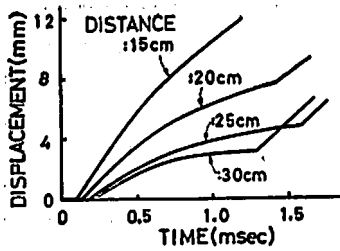


Fig. 7 Examples of displacement-time curve

変化の曲線を図上微分することによって、水面での粒子の最大変位速度を求めることができる。また、音響理論によれば、水面での粒子速度は、もしその位置（水面）が水中である場合に示す粒子速度の二倍であることが知られている。したがって、この関係を考慮すれば、水中の点の最大粒子速度と爆源からの距離との関係を求めることができる。(Fig. 8)。

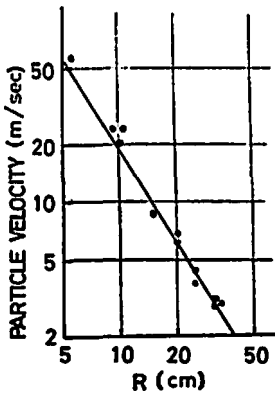


Fig. 8 Relation between the distance from the source and the peak particle velocity

また、今回の実験のように圧力波が球面状に拡がっていく場合、すなわち球面波の場合は、粒子速度と圧力とは一般には比例しないが、ある条件のもとでは、すなわち、圧力波の波長が短かく、爆源から遠いところでは、圧力 $p(\text{kg/cm}^2)$ と粒子速度 $u(\text{cm/sec})$ はほぼ比例関係にあり、その比例係数（音響インピーダンス）は、圧力波の伝搬速度 $C(\text{cm/sec})$ と媒体の密度 (kg/cm^3) との積で表わされる。すなわち、つぎの式が成立する。

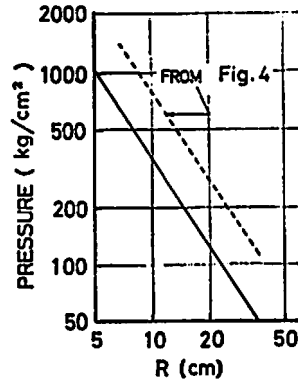
$$p = \frac{\rho}{g} \cdot C \cdot u \quad (2)$$

ただし、 $g=980\text{cm/sec}^2$ である。

したがって、最大粒子速度、密度および伝搬速度が

求められておれば、ピーク圧力の値は(2)式によって求めることができる。

今回の実験で用いた3号電気雷管の爆発により生じる圧力波の伝搬速度 C を二個のチタン酸バリウム磁器圧電体を用いて二点間を圧力波が伝搬する時間を測定することによって求めた結果、爆源から 10cm 以上離れたところでは $C=1500\sim 1580\text{m/sec}$ (水温 20°C) であり、ほとんど一定であると考えられる。したがって、水の密度を $\rho=1.0 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^3$ とすれば Fig. 8 から(2)式を用いてピーク圧力と爆源からの距離との関係を求めることができる。Fig. 9 の実線はこのようにして求めた両者の関係を表わしたものであり、つぎの式で表わされる。



(solid line...obtained by displacement gauge, broken line...obtained by pressure gauge)

Fig. 9 Relation between the distance from the source and the peak pressure.

$$p = 9.13 \times 10^3 \cdot \left(\frac{1}{R}\right)^{1.45} \quad (3)$$

また、Fig. 9 の破線は 2. で述べた実験により得られた結果である。この図によれば、同一条件について二つの方法で得られたピーク圧力の絶対値にはかなりの差がみとめられるが、距離による圧力の減衰率を示す直線の勾配はほとんど一致していることがわかる。

このように、二つの方法で測定したピーク圧力の絶対値が一致しないことの原因として考えられることは、2. で述べた実験で使用した圧力計の機械的な動的特性が被測定現象に比して充分良好でなかったため、かなりオーバーシュートした記録が得られ、実際の値よりかなり大きい結果が得られたものと思われる。

また一方、本節で述べた実験による実際の値よりも小さく測定される原因もある。すなわち、表面は曲面を形成しながら、移動すると考えられるが、記録解析

では平面を保持したまま移動するものと仮定して計算していることである。しかし、この原因による誤差は非常にわずかなものと考えられるので、ピーク圧力の絶対値は本節で述べた方法で得られた結果の方がより正確な値を示しているものとする。ちなみに、Kirwood-Bethe らが求めている結果と今回得た結果とを比較してみる。すなわち、Fig. 10 はピーク圧力 P

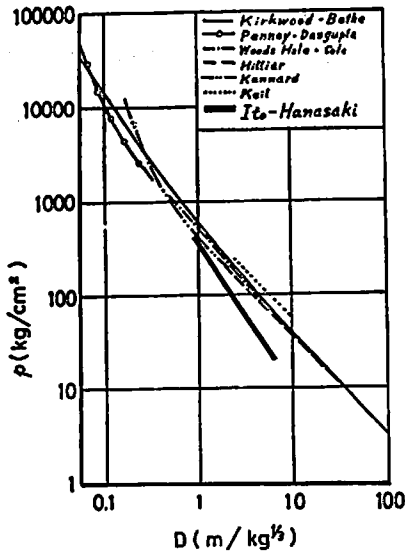


Fig. 10 Relation between the scaled distance and the peak pressure

と爆源からの距離を薬量の立方根で除した値 D との関係を図の右上に示すそれぞれの研究者が行なった結果について表わした図である⁵⁾。同図の太い実線で表わした曲線は本節で得られたものである。

Fig. 10 から明らかなように、 D の小さいところでは太い実線は他の曲線と傾向がよく一致しているが、 D の大きいところでは他の曲線の減衰率が 1.0 に近づいてゆくのに対し、太い実線は図に示した範囲では減衰率はまだ 1.0 にならない。この理由は、今回の実験で使用了薬量が非常に小さく、圧力波の持続時間(波長)が短いため、圧力波が伝播する過程で水中に吸収されるエネルギーが多く、伝達される圧力が小さくなってしまふものとする。これらのことに関するくわしい考察は 4. で述べる。

4. 波長方程式による解析および考察

本節においては、無限のひろがりをもつ水中を伝播する球面波の圧力と粒子速度との関係を球座標における一次元波動方程式を説くことにより明らかにした。すなわち、対面波の伝播に伴って媒質によるエネルギー吸収が生じることを考慮した場合の解析につい

て述べる。一般に、球面波の波長が短いときにはエネルギー吸収が大きい⁶⁾ので、このような解析を行なわなければ実際の現象と解析結果は一致しないものと思われる。とくに 2. および 3. で述べた実験の結果によれば、水中圧力波のピーク圧力の距離に対する減衰率は 1.45 となっており、幾何学的な考察だけによる減衰率 1.0 よりかなり大きい値を示している。

したがって、この場合は明らかに媒質によるエネルギーの吸収があるものと思われる。

4.1 圧力および粒子速度の一般解

一般に球状装薬の爆発により爆源から放出される圧力波は、球面状の波面をもって、すなわち球面波として水中に伝播していくものと考えてよい。

球面波では、変化量(波内圧力、粒子変位、粒子速度)はすべて時間と、球面波の中心からの距離 r のみの関数であり、波内圧力 p に関する波動方程式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial^2(rp)}{\partial t^2} = C^2 \frac{\partial^2(rp)}{\partial r^2} \quad (4)$$

ただし、 C は音波の伝播速度である。よく知られているように(4)式の解は

$$p(r, t) = \frac{1}{r} \left\{ f\left(t - \frac{r}{C}\right) + g\left(t + \frac{r}{C}\right) \right\} \quad (5)$$

で与えられる。ただし、 f および g は任意の関数であり、 f は中心から外へ伝わっていく波を表わし、 g は外から中心へ向って伝わる波を表わしている。いま問題にしている水中での爆発による波は中心から外へ向う波であるから、つぎの式に表わされるように波内圧力は中心からの距離に反比例することがわかる。

$$p(r, t) = \frac{1}{r} f\left(t - \frac{r}{C}\right) \quad (6)$$

また、粒子加速度 β は、 r 方向の圧力勾配に比例するから、つぎの式が成立する。

$$\rho\beta = \rho \frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial r} \quad (7)$$

ただし、 u は粒子速度、 ρ は水の密度である。

さらに、(7)式に(6)式で表わされる圧力波形を代入して解くと、粒子速度 u にはつぎの式で表わされる。

$$u(r, t) = \frac{1}{\rho Cr} f(\tau) + \frac{1}{\rho r^2} \int f(\tau) d\tau \quad (8)$$

ただし、 $\tau = t - r/C$ である。

4.2 媒質によるエネルギー吸収を考慮した解析

一般に球面波は幾何学的な理由により伝播距離に反比例して減衰してゆくことは(6)式からも理解できる。しかし、このような幾何学的な理由の他に、球面波の

エネルギーが媒質に吸収されることによっても減衰が助長される。たとえば粘性によるもの、熱伝導によるもの、分子振動によるものなどがエネルギー吸収の原因と考えられる⁷⁾。

このような影響による減衰係数は伝搬する波の波形の角速度 ω の自乗に比例するものとされている⁸⁾。

したがって、圧力波形が正弦波である場合は(6)式はつぎのように書き直される。

$$p(r,t) = \frac{r_1 p_1}{e^{-k\omega^2 r_1}} \frac{e^{-k\omega^2 r}}{r} \sin \omega t$$

$$= \frac{r_1 p_1}{r} e^{-k\omega^2(r-r_1)} \sin \omega t \quad (9)$$

ただし、 k は定数であり、 p_1 は $r=r_1$ における圧力波形の振幅である。

また、 $r=r_1$ における圧力波形が任意の波形である場合、その波形のフーリエ変換を $F_c(\omega)$ および $F_s(\omega)$ とすれば(6)式はつぎのように変換される。

$$p(r,t) = \frac{1}{r\pi} \left\{ \int_0^\infty e^{-k\omega^2(r-r_1)} F_c(\omega) \cos \omega t d\omega \right. \\ \left. + \int_0^\infty e^{-k\omega^2(r-r_1)} F_s(\omega) \sin \omega t d\omega \right\} \quad (10)$$

さて、2、で述べた実験の場合の $r=20\text{cm}$ における圧力波形 (Fig. 3) を Fig. 11 図に示す実線の曲線で近似した場合のこの波形に対するフーリエ変換 (Fig.

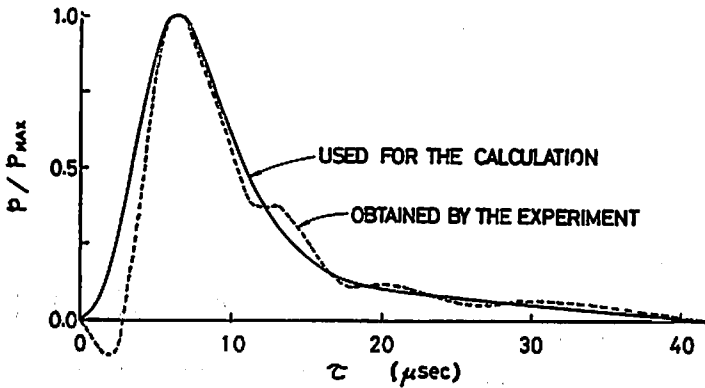


Fig. 11 Pressure wave form modified for the numerical analysis

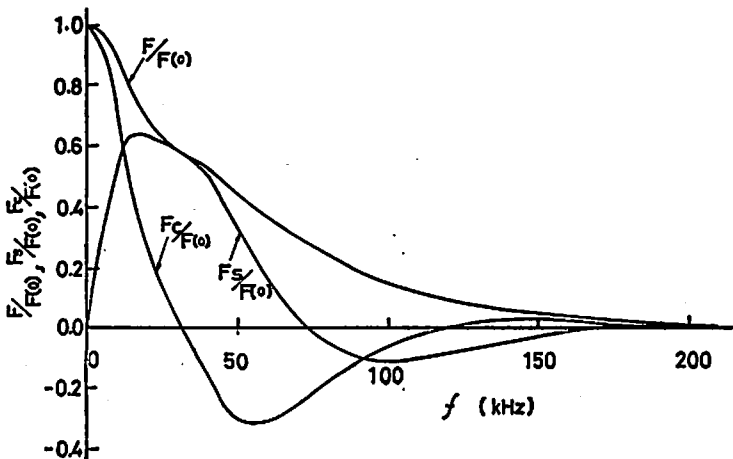


Fig. 12 Fourier integral for the wave shown in Fig. 11

12) を求め、(10)式により k の値を種々変化させた場合の $p(r,t)$ の値を計算して、圧力波の伝搬による圧力振幅の減衰の機相を調べてみた。その結果を、 r の

各値に対する圧力波形のピーク値 p_{max} を p_1 で除した値と r との関係として Fig. 13 に示した。そこで、Fig. 13 と実験で得られた結果、すなわち Fig. 4 と

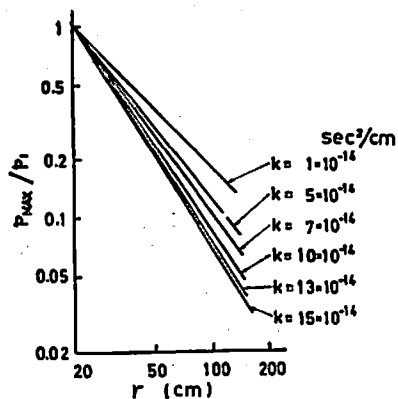


Fig. 13 Relation between the distance from the source and the peak pressure as the function of k

を比較してみると、 k の値が $7.0 \times 10^{-14} \text{sec}^2/\text{cm}$ のときほぼ両者の曲線が一致していることがわかる。

さて、ここで得た k の値 $7.0 \times 10^{-14} \text{sec}^2/\text{cm}$ を用いて、 $r=20\text{cm}$ において圧力波形が次式で表わされる圧力波について(10)式により各点のピーク圧力を計算した。

$$\left. \begin{aligned} f(\tau) &= 0 & (\tau < 0) \\ f(\tau) &= \frac{r_1 \rho_1}{2} (1 - \cos \alpha \tau) & (0 \leq \tau \leq \frac{2\pi}{\alpha}) \\ f(\tau) &= 0 & (\tau > \frac{2\pi}{\alpha}) \end{aligned} \right\} (11)$$

ただし、 $\alpha = 2\pi/T$ であり、 T は圧力波形の持続時間を表わす。

Fig. 14 は、 r の各値におけるピーク圧力 p_{\max} と r との関係を持続時間 T をパラメータとして表わした図である。この図をみれば、圧力波形の持続時間 T

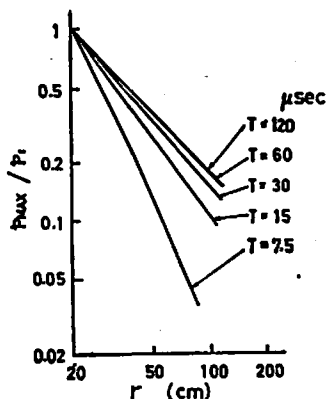


Fig. 14 Relation between the distance from the source and the peak pressure as the function of T

が $60 \mu\text{sec}$ 以上になれば、ピーク圧 p_{\max} に関する限り、伝搬距離 r に対する減衰率の値はほぼ 1.0 であるが、それより小さい T の値に対しては、減衰率が大きくなっていることがわかる。

つぎに、粒子速度に関する(8)式についても爆質によるエネルギー吸収が生ずる場合には、つぎの式が成立するものと仮定して粒子速度と圧力との関係を検討してみる。すなわち、

$$u(r, t) = \frac{1}{\rho r \pi} \left\{ \int_0^{\infty} e^{-k_0 + (r-r_1)} \left(\frac{F_C(\omega)}{C} - \frac{F_S(\omega)}{r\omega} \right) \times \cos \omega r \, d\omega + \int_0^{\infty} e^{-k_0 + (r-r_1)} \left(\frac{F_S(\omega)}{C} + \frac{F_C(\omega)}{r\omega} \right) \times \sin \omega r \, d\omega \right\} + S(r) \quad (12)$$

が成立するものとする。ただし、 $F_C(\omega)$ および $F_S(\omega)$ は $r=r_1$ における圧力波形のフーリエ変換を表わす。

さて、 $r_1=20\text{cm}$ における圧力波形が(11)式の高周波パルスで表わされる場合の任意の位置 r での粒子速度波形を求めるために、(12)式に(11)式を代入し、 $k=7.0 \times 10^{-14}$ として計算した。その結果から任意の位置 r における粒子のピーク値 u と ρC との積を求め、先に(10)式より求めた各点に対応する圧力波形のピーク値 p_{\max} といま求めた $\rho C u_{\max}$ との比と伝搬距離 r との関係求めた結果を Fig. 15 に示した。さらに、2. で述べた実験で得られた波形の近似波形 (Fig. 11) を用いて求めた $p_{\max}/\rho C u_{\max}$ と r との関係は Fig. 15 に破線で示した曲線で表わされる。

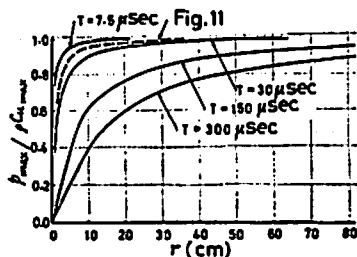


Fig. 15 Relation between the distance from the source and the ratio of the peak pressure to the peak particle velocity as the function of T

Fig. 15 をみればわかるように、水中圧力波の持続時間 T が一定なら(すなわち波長が一定なら) r が大きいほど、または r が一定ならば T が小さいほど $p_{\max}/\rho C u_{\max}$ の値が 1.0 に近づいてゆき、いいかえれば(2)式を満足するようになり、その圧力波は平面波の挙動を示すことになる。

今回測定した3号電気雷管による圧力波形の場合は

Fig. 15 の破線で表わされるように、爆源から 10cm 以上はなれたところでは $p_{\max}/\rho Cu_{\max}$ の値は 0.95 より大きくなり、ほぼ (2) 式を満足しているものと考えられるので、3.3 で述べた解析方法によりほぼ満足すべき結果が得られているものと考えられる。

5. 結 言

水中衝撃波のピーク圧力を求める方法の一つとして水面の粒子変位速度を測定する方法があるが、この方法による測定と圧力計による測定を 3 号電気雷管を起爆した場合について行ない、両者の結果を比較検討した。その結果、従来多くの研究者によって行なわれた実験結果との比較や、音響理論の立場からの考察などから、水面変位の測定によってもピーク圧力がほぼ正確に求め得ることを確認することができた。

ただし、水中を伝搬する球面圧力波の粒子速度と圧力の大きさとの関係は、4. で述べたとおり、圧力波の波形（とくに持続時間）および伝搬距離によって異なる。したがって、粒子速度を測定してピーク圧力を正確に求めるには、高い周波数特性のある圧電体（圧力校正が困難）のような変換器で同時に圧力波形を正確

に観測しておき、別に微小変位計（校正が行ない易い）などを用いて求められた粒子速度から Fig. 15 を参照してピーク圧力を算出するという方法が望ましいものとする。しかしながら、このような方法は実際の現場測定ではわずらわしくなるため、圧力計の校正法として実用に供されるのが適当であろうと考える。

参 考 文 献

- 1) R. H. Cole : Underwater Explosion, Chapter 5, Princeton Univ. Press, 1948
- 2) 吉田正, 赤羽周作, 田中雅夫, 松本榮 : 工業火薬, 31巻, 134号, 319頁, 1970
- 3) 佐々宏一, 伊藤一郎 : 工業火薬, 27巻, 109号, 228頁, 1967
- 4) E. Enhamre : Kungl. Tekniska Högskolans Handlingar, Nr 82, Sweden, 1954
- 5) 文献 4)
- 6) 小橋豊 : 音と音波, 袋華房, 132頁, 1957
- 7) 文献 6)
- 8) 文献 6)

Determination of the underwater shock pressure by measuring the particle velocity on the water surface

by Kouichi Hanasaki and Ichiro ITO

In this paper the authors described the results of experimental and mathematical studies in which the authors tried to determine the peak pressure value of the spherical pressure wave propagating in the water caused by an explosion of an electric detonator, by measuring the particle velocity on the water surface.

The empirical equation showing the experimental results is,

$$p = 9.13 \times 10^8 \left(\frac{1}{R} \right)^{1.45} \quad (a)$$

where, p is the peak pressure of pressure wave in kg/cm^2 and R is the distance from the source in cm.

The main results obtained by the mathematical analysis are as follows :

(1) In the case the spherical pressure wave in the water caused by an explosion of an electric detonator, the following relation is almost satisfied :

$$p = \rho Cu \quad (b)$$

where, p is the peak pressure, ρ is the density of water, C is the sound velocity in

water and u is the peak particle velocity of water accompanied by the wave.

(2) However, in general, the relation between the peak pressure and the peak particle velocity of water varies with the change in both the duration of the spherical pressure wave and the distance from the source, and in these cases, the equation (b) is not always satisfied (see Fig. 15). Therefore, when the measurement of the particle velocity of water is used as a method for determining the peak pressure of the pressure wave in water, the duration of the pressure wave must be known by any other means.

(Faculty of Engineering, Kyoto University, Kyoto, Japan)

ニュース

ダイナマイトに取って代わる

ダイナマイトに取って代わるように設計された小径の「アイレマイト」はアルミニウムの入ったゲル状の半固体で柔軟性のあるポリエチレン・チューブで包装されている。

採石、土木建設、鉱山で小孔径で威力のコントロールが必要な場所で要求される。

この爆薬は外部からの衝撃や水に対しても比較的鈍感であり、どのような角度の発破孔にでも容易に早く装薬もタンピングもできる。

後ガスは無害で頭痛も起らない。

Canadian Mining Journal

Sept. 1974 p. 49.

(日本化薬) 岩武

国際火工品工学シンポジウム

1975年6月11~13日、西ドイツ、カールスルーヘ所在の推業、爆薬化学研究所で国際シンポジウムが開かれます。火工品工学に関する最新の知見に関して、次の項目に分類して行なわれます。抄録による申込は2月15日、本論文は4月15日までなので、本誌の発行が何時になるか、間に合わないかも知れませんが、ニュースとして御知らせします。1題目20分で5~10分の討論時間を後に設けます。

火工品反応の機構、音熱光のエネルギー、応用システム、製造、包装、危険性、保安、点火剤遅延剤、兵器関係、安定度と有効寿命、試験測定法、期間中展示も行なわれます。

(水島)