

水中発破の基礎的実験について

関西大学工学部 正員 谷口 敬一郎
 明治コンサルタント 平尾 幸太郎
 関西大学大学院 学 〇衣笠 吉雄

1. 序言

爆薬が水中で爆轟すると、瞬時に高温・高圧のガス球が生成し、衝撃波が周囲の水中に伝播する。爆薬のもつエネルギーの約半分はこの衝撃波により水中に放出される。残余のエネルギーは爆発ガス中に残存し、周囲の水を外方に押し続けガス球が膨張する。この現象はさらに慣性による膨縮をくりかえし、パルスパルスを生ずる。パルスパルスのピーク圧は衝撃波のそれに比べて20%以下である。したがって、水中発破において対象物の破壊に寄与するのは、ほとんど衝撃波によるものと考えられる。

この報告では、実験的に水槽を用いて雷管による小規模な発破を行ない、衝撃波の観測方法、ピーク圧の測定方法などの基礎的な問題について検討を加えた。

2. 実験装置

水中圧力のピックアップとしては円筒型のチタン酸バリウム振動子をアダルトライトで固めたものを用いた。Fig.1に示す形のもので、 $l=10\text{mm}$ 、 $a=12\text{mm}$ 、 $t=1\text{mm}$ 、共振周波数800KHzである。この型の振動子の圧力に対する起電力の感度は次式で表わされる。

$$V/P = a \cdot g \cdot l_e \quad (\text{m}^2\text{V/N}) \text{----- (1)}$$

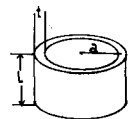


Fig. 1

ただし、 a :振動子の半径、 g :電圧出力係数 Vm/N 、 l_e :機械結合係数

ここに使用したピックアップの感度は実験的に $P=1.82\text{V} (\text{Kg/cm}^2) \text{---- (2)}$

の値が得られた。観測装置にはメモリスコープを用い、単現象の波形を保存して記録した。掃引のトリガーは発破電流の一部を用いた。なお、比較のために地震探査用の可動線輪型ピックアップを水槽の壁に固定し、地中ピックアップとして用いた。

実験装置全体の配置図はFig.2に示されているとおりである。

3. 衝撃波と距離との関係

水槽内においてFig.2のようにピックアップと雷管を配置し、衝撃波と距離との関係を観察した。Fig.3はその記録の一例である。1号雷管ならびに0.5号雷管を用いた場合、記録した波形のピーク電圧をよみとり、式(2)からピーク圧を求めると、Table(1) および(2)のような結果が得られた。ここに用いた雷管はとくに別注したもので1号の薬量は0.3gr、0.5号は0.15grである。これらの結果を図示するとFig.4、Fig.5のようになる。実験においては、ピックアップの破損のために爆源を40cm以下に近づけることが困難である。爆源近傍の衝撃波を推定するために、広く用いられている

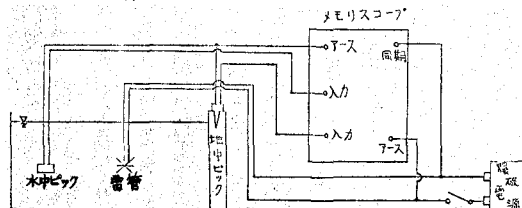


Fig. 2

ここに用いた雷管はとくに別注したもので1号の薬量は0.3gr、0.5号は0.15grである。これらの結果を図示するとFig.4、Fig.5のようになる。実験においては、ピックアップの破損のために爆源を40cm以下に近づけることが困難である。爆源近傍の衝撃波を推定するために、広く用いられている

Kirkwood-Brinkley の式

$$P = K(W^{1/3}/R)^d \quad \text{----- (3)}$$

ただし、P:ピーク圧力(Kg/cm²)、W:薬量(Kg)、R:距離(m)、K:常数(TNTで537)、d:1.13
を用い、雷管からの距離を10cm、1mとして計算
してみると、1号雷管では320 Kg/cm²、4500 Kg/cm²
となり、0.5号雷管では250 Kg/cm²、2300 Kg/cm²と
なる。

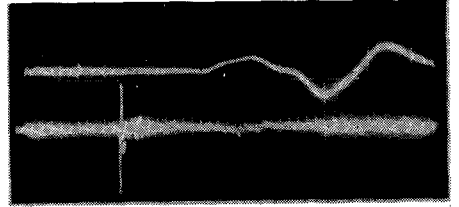


Fig. 3

Table 1

(cm)	(V)	(Kg/cm)
40	34.0	61.9
50	25.6	46.6
60	20.0	36.4
70	16.0	29.1
80	15.5	28.2
90	13.0	23.7
100	11.0	20.0

Table 2

(cm)	(V)	(Kg/cm)
40	18.3	33.3
50	14.8	26.9
60	11.1	20.2
70	9.58	17.4
80	8.13	14.8
90	7.75	14.1
100	7.05	12.8

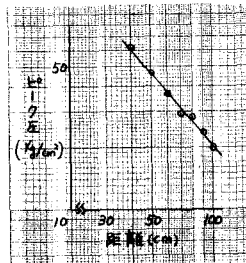


Fig. 4

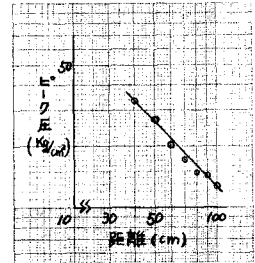


Fig. 5

4. 考察

基礎的な実験の結果からKirkwood-Brinkleyの式が成立することが確かめられ、これを利用して爆源近傍における衝撃波のピーク圧力を推定した。1gr以下の雷管においても、1mの距離において数1000 Kg/cm²の衝撃圧が発生することが明らかになった。一般の岩盤、コンクリートの破壊強度 250 Kg/cm²を考慮すれば、この値は優に破壊強度を上まわるもので、岩石を十分に破壊することができる。実際の爆破のようにKg orderの薬量を用いるとすれば、衝撃圧は約10倍以上となろう。したがって、しばしば用いられる水中でのはりつけ発破工法は十分に価値あるものと考えられる。また、バブルパルスの圧力が衝撃圧の10%と仮定しても、岩盤の破壊に寄与することが考えられるが、この問題についてはさらに検討する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 伊藤寿恒・葛原典孝：物理探鉱，才18巻，才2号，昭和40年6月，P 77