

爆破の発震機構について

関西大学工学部 正員 ○中野正吉
 , , 岡野征郎
 ; 学生員 藤井和成

孔井内の火薬発破による実体波の性質について、それぞれわれわれは一つの立場から理論的な考察を行なった(藤井・中野)。ここにのべる内容はその理論考察の一部を実証するために試みた実験の結果である。

1. 孔井発破のメカニズムを単純化して、無限弾性体内にある円柱型空洞の側壁と底面に急激な圧力が作用するものとする。上述の論文(1)でわれわれはこの波源による放射実体波の性質を調べたが、今回特に実証の目的で注目したのは、そのうちのP波の指向性に関する結果である。すなわち理論ではP波の振幅がつねに

$$rP = \frac{1}{r^2} \{ F_1(c, \sigma) \sin^2 \theta + F_2(c, \sigma) \} \quad (1)$$

と表わされるが(θ は円柱軸に対する観測点の方向、 c は円柱孔の高さと直径で割った比、また F_1 、 F_2 は c と、媒質のポアソン比 σ によって定まる量であるが、その関数形は波源における圧力分布の与え方自体の関数でもある。)特に無限円柱孔($c=\infty$)についてはこれらの比の値が、波源の機構に関係なくつねに

$$F_1/F_2 = (1-2\sigma)/\sigma \quad (2)$$

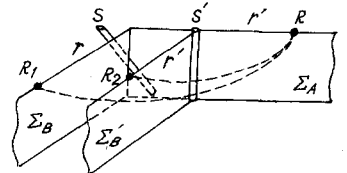
を満足することが結論される。また底面圧がそれ程大きくない場合には c の値がかなり小さくても(2)式は十分の精度で成立することも指摘できる。

2. このように理論的には明確な定量関係が導かれるが現実の発破でこうした関係がどの程度認められるかは実証実験としてもきわめて興味深い。実用性という点も考慮に入れつつ理論結果のうち、今回は特に(2)式の検討に重きを置いた。

1) 通常の孔井発破の c の値は十分大きく、上述の理論に照らして無限円柱孔とみなし得る。また、孔内に泥水等のたまりない発破の機構は火薬自体の存在する近傍に圧力が集中するはずであるから、底面圧の影響はほぼ無視できようであろう。我々が使用した円柱孔は直径1cm長さ100cm、50cm、20cmの三種で、いずれも無限円柱孔のモデルに該当し得ると考えられた。なお火薬源はつねに6号雷管1本を用いた。

2) フィールドは学内の軟弱地層からなる平地である。実証目的に使用するのは表層のみであるが、まずP波屈折法により地層構造の概略に見当をつけ(表層の深さ $H=3.75$ m、表層のP波速度 $V_p=250$ m/s、下層のP波速度 $V_p=500$ m/s)。

3) F_1 、 F_2 とを定めるには、P波振幅の指向性を用いた。円柱軸に対してことなる方向(θ の値)をもつ2点でP波の初動振幅を測定すれば θ の値と共に(1)に代入して F_1 、 F_2 が得られる。しかしフィールドはもとより均一な媒質でないから次の図に示す様な方法をとってフィールドと鉛直に切った



一断面(圓の Σ_A 面)での F_1, F_2 を求めることにした。

圓の、地表と角 θ をなす波源 S による R, R_2 での P 波初期の振幅値を P_A, P_0 とし、 Σ_A, Σ_0 面内での S による F_1 と F_{1A}, F_{10} と表わせば(1)式から

$$rP_A = \frac{1}{r_A V_A^2} \{ F_{1A} \sin^2 \theta + F_{2A} \} \quad rP_0 = \frac{1}{r_0 V_0^2} \{ F_{10} + F_{20} \}$$

同様に鉛直方向の波源 S' による R, R_2 での振幅を P'_A, P'_0 、また S' による Σ_A, Σ_0 面内での F_1 と F_{1A}, F_{10} とすれば

$$rP'_A = \frac{1}{r_A V_A^2} \{ F'_{1A} + F'_{2A} \} \quad rP'_0 = \frac{1}{r_0 V_0^2} \{ F'_{10} + F'_{20} \}$$

ここで S' が十分 S に近ければ Σ_0 と Σ_0' 面での物理定数は同一と考えてよい。また S と S' との波源としての違いは質量だけにあると仮定すれば(ふたたび(1)式)

$$F'_{1A} = gF_{1A}, \quad F'_{2A} = gF_{2A} \quad \text{および} \quad u' \quad F'_{10} = gF_{10}, \quad F'_{20} = gF_{20} \quad g: \text{定数}$$

が成り立ち、これらから F_{1A}/F_{2A} と $P_A, P'_A, P_0, P'_0, \theta$ を用いて表わすことができる。

$$F_{1A}/F_{2A} = (P_A P_0 - P'_A P'_0) / (P_A P'_0 - P_A P_0 \sin^2 \theta)$$

この結果を(2)式の右辺と等置すれば、 r - r' 内 Σ_A 面でのホアツソン比が得られる。初期記録の振幅はまわめて容易に読みとれるから精度さえ、高ければ比較的簡単に σ の概算値を知り一方法と言えよう。

4) 2)で述べた結果と P 波の波長とを考慮して、 $r, r' \sim 10 \text{ m}$ を基準にとり上の方法から F_1/F_2 および u の σ を求めた。Pick-upのradialおよび u vertical内成分間の感度の補正が不十分であったことと一因で、各観測点での初期振幅値はすべてradial方向一成分のみを用いた。実際正しくその方向を之向いていなければradial成分の振幅が数cmの大きさのとき十分の正確さをとって他成分は省略できる。記録および測定値の解析については、この要旨では省略するが結果として σ の平均値は $\bar{\sigma} = 0.450$ 程度の値を示した。

3. 次に σ の数値を検証するために一つの試みとして記録の後半に現われる表面波群を用いた。記録中のII群およびIV群は M 波のモードに対応しているから、まず波源より20mの距離から50mの地表までの3m間隔に上下成分の地震計を測線上に配置し各位相の走時を求めてII群とIV群の分離を行った。この2群が各々どのモードに対応するかは、20mおよび35mの2地表におかれた2成分地震計から、それらの地表で各群の M 波の粒子運動の時間的変化をみることによつて検討した。録²⁾の研究と同様に我々の場合もII群が M_2 波にIV群が M_1 波に当ることはほぼ確実である。さてよく知られている様に M_1 波の位相速度は波長の変化に応じて表層と下層のRayleigh波速度の間を変動し、一方 M_2 波の方は両者の S 波速度の間の値をとる。すなわち表層部の速度にはすべて有符をつけて表わすと $V_2/V_1 < V(M_1)/V_1 < V_1/V_1 = V_1/V_1$, $V_2/V_1 < V(M_2)/V_1 < V_1/V_1$ が成り立つ。 $V_2/V_1 = (V_2/V_1)$ および $u' V_1/V_1 = (V_2/V_1)$
 $= \sqrt{\frac{1-2\sigma}{2(1-\sigma)}}$ ほかの定数として表わされるから $V(M_1), V(M_2)$ の測定値を上不等式に代入して σ の範囲を求めることができる。 $V_1/V_1 \approx 2.0$ であり、またおほかなり大きいので、この方法で定められた範囲は限られており、実際上はほぼ1個の値を推定できるとみてよい。この群にして例えば M_1 波から定められた σ の値は0.45~0.46となるがこれは先の結果とのかなり良い一致を意味する。

1) 藤井, 中野: 円柱孔波源による弾性固体波, 地震25巻2号 (印刷中)

2) 飯田, 太田, 成瀬: 火薬爆発に伴う表面波, 地震19巻2号, 1966, pp.86~95.