

## 爆破の発震機構について

関西大学工学部 正員 O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で、ごまに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<sup>1)</sup>。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ようなものとする。上述の論文<sup>1)</sup>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

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

と表わされるが( $\theta$ 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、媒質のポアッソン比 $\sigma$ 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

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

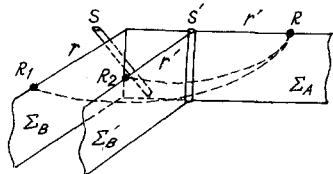
と満足することが結論される。また底面圧がそれ程大きくない場合には $c$ の値がかなり小さくても(2)式は十分の精度で成立することも指摘できる。

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えに入れた理論結果のうち、今回は特に(2)式の検討に重点をおいた。

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ら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るとであろう。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た(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)  $F_1$ 、 $F_2$ をまとめるには、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( $\theta$ の値)をもつ2点でP波の初動振幅を測定すれば $\theta$ 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を鉛直に切った



一断面(図の  $\Sigma_A$  面)での  $F_1, F_2$  を求めることにした。

図の、地表と角  $\theta$  をなす波源  $S$  による  $R, R_2$  での  $P$  波初動の振幅値を  $P_A, P_0$  とし、 $\Sigma_A, \Sigma_0$  面内での  $S$  による  $F_1$  と  $F_{1A}, F_{10}$  と表わせば(1)式から

$$rP_A = \frac{1}{P_A V_A} \{ F_{1A} \sin^2 \theta + F_{2A} \} \quad rP_0 = \frac{1}{P_0 V_0} \{ F_{10} + F_{20} \}$$

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  $\Sigma_A, \Sigma_0$  面内での  $F_1$  と  $F'_{1A}, F'_{10}$  とすれば

$$rP'_A = \frac{1}{P'_A V'_A} \{ F'_{1A} + F'_{2A} \} \quad rP'_0 = \frac{1}{P'_0 V'_0} \{ F'_{10} + F'_{20} \}$$

ここで  $S'$  が十分  $S$  に近ければ  $\Sigma_0$  と  $\Sigma'_0$  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素量だけにあると仮定すればふたたび(1)より

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

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、スールド内  $\Sigma_A$  面でのホアツソン比が得られる。初動記録の振幅はまづめ容易に読取られるから精度さえ、高ければ比較的簡単に  $\sigma$  の概算値を知る一方法と言えるであろう。

4) 2) で述べた結果と  $P$  波の波長とを考慮して、 $rP \sim 10 \text{ m}$  を基準にとり上の方法から  $F_1/F_2$  および  $\sigma$  を求めた。Pick-up の radial および vertical 両成分間の感度の補正が不十分であったことも一因で、各観測点での初動振幅値はすべて 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も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  $\sigma$  の平均値は  $\bar{\sigma} = 0.450$  程度の値を示した。

3. 次に  $\sigma$  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。記録中のいわゆる III 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 20 m の距離から 50 m の地奥まで 3 m 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 III 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、20 m および 35 m の 2 地奥におかれた 2 成分地震計から、それらの地奥で各群の  $\omega$  による  $\omega$  運動の時間的変化をみることにより検討した。飯田らの研究と同様に我々の場合も III 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  $V_2/V_1 < V(M_1)/V_1 < V_2/V_1 = \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{V_2}{V_1}$ ,  $V_2/V_1 < V(M_2)/V_1 < \frac{V_2}{V_1} \cdot \frac{V_2}{V_1}$  が成り立つ。  $V_2/V_1 = (V_2/V_1)$  および  $V_2/V_1 = (V_2/V_1)$   $= \sqrt{\frac{1-2\sigma}{2(1-\sigma)}}$  は  $\sigma$  の関数として表わされるから  $V(M_1), V(M_2)$  の測定値を上記の不等式に代入して  $\sigma$  の範囲を求めることができる。  $V_2/V_1 \approx 2.0$  であり、また  $\omega$  はかなり大きいため、この方法で求めた  $\sigma$  の範囲は限られており、実際上はほぼ 1 個の値を指定しているとみてよい。この群にして例えば  $M_2$  波から求めた  $\sigma$  の値は 0.45 ~ 0.66 となるがこれは先の結果とのかなり良好一致を意味する。

1) 藤井、中野：円柱孔波源による弾性実体波，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.