

III-51 間隙率の異なる砂中の音速の測定

東京工業大学 正員 奥島基良 正員 ○本岡誠一 跡部淳夫

1. はしがき 音波で地層探査を行なうさい、地中の音の伝搬速度を知っておく必要がある。そこで、二種類の粒度分布の砂とそれを混合した砂で、間隙率の異なるときの音の伝搬速度を音響管を用いパルス法で測定した。

2. 測定装置と測定方法 (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4)

2-1. 送波器と受波器 送波器は共振周波数 20 KHz のフェライト振動子を用い、脚部の node 付近の位置に振動波形検出用のチタバリ薄板が接着してある。振動子の先端には半波長の真鍮棒が接続しており、その node 位置に重しを取り付け砂に 1.3 Kg/cm^2 の加重がかかるようになっている。受波器 (Output I, II, III) は下記のような形状のチタバリ角板

Output I: $3 \times 3 \times 1$ (単位 mm)

Output II: $5 \times 5 \times 2$

Output III: $10 \times 15 \times 4.5$

2-2. 電気回路 フェライト振動子の駆動はコンデンサの放電電流で行なう。Fig. 3 は振動子の振動波形であり、上図のようなパルスで送波を行なっている。下図は振動波形の始めの部分を 50 倍に拡大したもので、パルスの搬送波は 20 KHz である。受波信号 (Output I, II, III) は増幅したのちシンクロスコープの Ch. I と Ch. II に入れる。一方、振動子の駆動に用いるトリガーパルス I で Ch. I の掃引を開始させ、同時にカウンタも始動させる。次にトリ

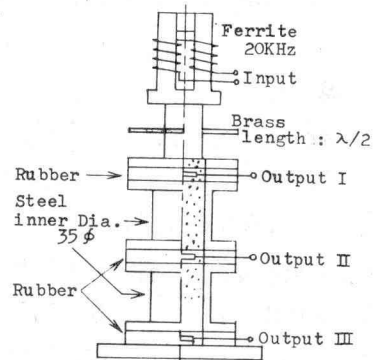


Fig. 1 Schematic diagram of apparatus

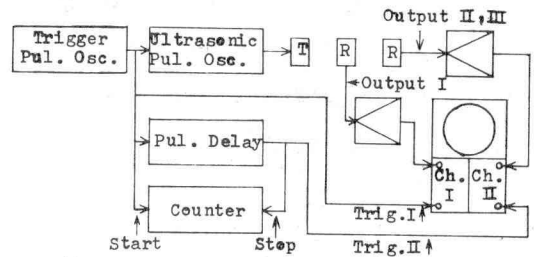


Fig. 2 Block diagram of measurement system

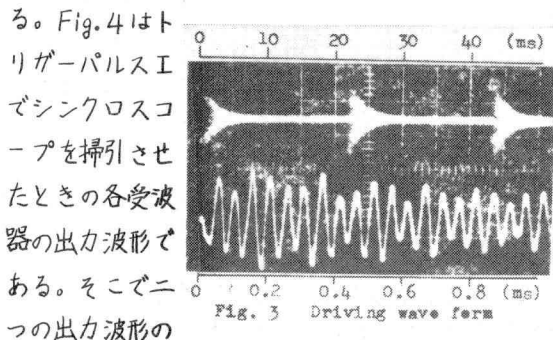


Fig. 3 Driving wave form

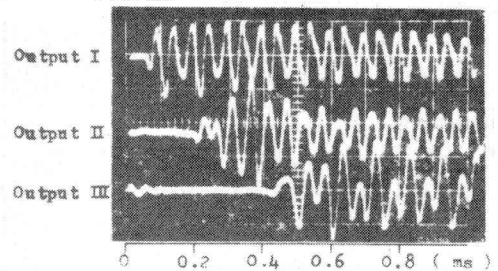


Fig. 4 One example of receiving wave form

一方をトリガーパルスⅡで掃引させるようにし、遅延回路の遅延時間を調節して波形の立ち上がり位置が一致するようにすると、そのときの遅延時間が二つの受波器の間の音の伝搬時間に等しい。このことは音響管内に水を入れて行なった測定によって確かめられた。

2-3. 砂のつめ方 Fig. 1 の下部の音響管内に軽く砂をつめ、その上に送波器を置き一定時間駆動する。そのさい、振動子の駆動電流を調節することにより間隙率を変えることができる。その上に一段音響管を取り付け、前と同様にして砂をつめる。各音響管に砂をつめるさいに受波器の位置を測定し受波器間の距離を求める。

2-4. 間隙率の測定 間隙率は定義より次式であらわされる。

$$n = (V - V_s) / V \quad V_s = W_d - (W_b - W_s) \quad (\%)$$

n : 間隙率 V : 砂の全容積

V_s : 砂粒子の容積

W_s : 乾燥させたときの砂の重量

W_d : ビーカに水を満たしたときの重量

W_b : ビーカに水と砂を満たしたときの重量

V と W_d は既知である。そこで音響管内の砂を全てビーカに取り出し、110℃の恒温槽内で乾燥させ、 W_s , W_b を測定して間隙率を求める。

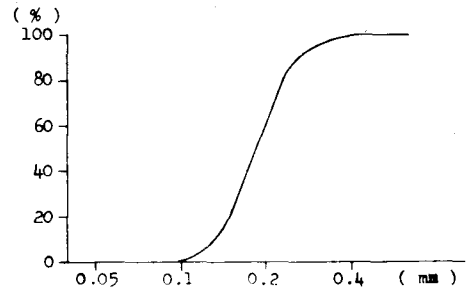


Fig. 5 Particle size accumulation curve of standard sand

3. 測定結果 測定は標準砂 (Fig. 5 比重 2.64 含水比 0.1%), 新潟砂 (Fig. 6 比重 2.71 含水比 0.5%) とそれを Fig. 7 に示すような割合で混合した砂について行なった。Fig. 7 の上方の点は Output I と II (距離約 6 cm) から求めた音速であり、下方の点は Output II と III (距離約 6 cm) から求めた音速である。理論値は次式から求めた。

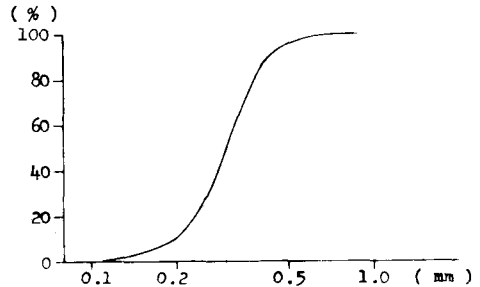


Fig. 6 Particle size accumulation curve of Niigata sand

$$V = \left\{ \frac{2}{3\phi(1-\phi)} \left(\frac{1-\sigma}{1+\sigma} \right) \right\}^{1/2} \left(\frac{P^{1/6}}{\left\{ \frac{1.75(1-\sigma^2)}{E} \right\}^{1/3}} \right) \quad (\text{m/s})$$

V : 音速 ϕ : 間隙率

ρ : 砂の密度

E : 砂の弾性係数

P : 圧力

σ : ポアソン比

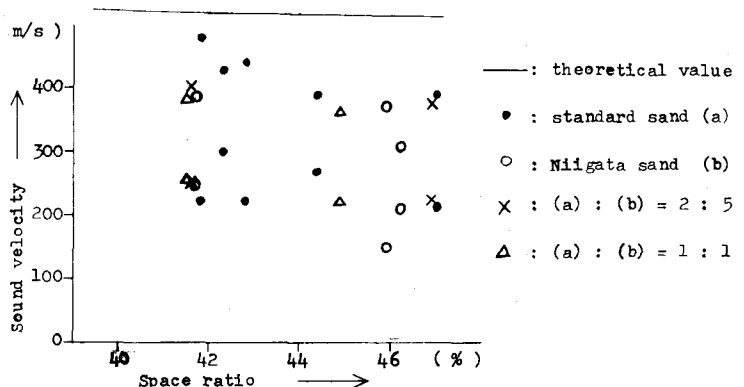


Fig. 7 Relation between the sound velocity and the space ratio

* "A Study of the Speed of Sound in Porous Granular Media" by H. Brandt, La Habra, Calif. Journal of Applied Mechanics, December 1955, pp. 479-486