

III - 348

岩盤内を伝播する弾性波の周波数特性に関する基礎的研究

京都大学工学部 正会員 谷本 親伯

京都大学工学部 正会員 岸田 潔

京都大学大学院 学生員○小田原雄一

京都大学大学院 学生員 松崎 聡

1. はじめに

岩盤構造物の設計・施工を行う際には、施工対象となる岩盤の内部状態を把握することが必要である。この岩盤内部の状態を予測する手法の一つとして、弾性波ジオトモグラフィーを挙げることができる。しかし、現在一般的に行われている速度ジオトモグラフィーでは、岩盤の力学的挙動に大きく影響を及ぼす不連続面の性質の把握などはできない。そこで、谷本らは弾性波のエネルギー減衰に着目した振幅減衰ジオトモグラフィーの研究を進めている¹⁾。本研究は、このエネルギー減衰の要因やその機構の解明を目指し、そのために新たに観測波形を処理して得られる振幅スペクトルを用いてエネルギー減衰を考察してみた。室内実験は弾性波の入力周波数を変化させて行い、各周波数における観測データから同時に振幅も読み取り、比較を行った。

2. 室内実験

室内実験は、ほぼ直径が等しく長さの異なる三種類の花崗岩円柱供試体NO. 1, NO. 2, NO. 3（寸法・物性については表-1参照）を用いて行った。実験装置および計測システムは図-1に示す。実験方法は、供試体の両端面中央部にA Eセンサー

表-1 供試体の寸法・物性

供試体	径(mm)	長さ(mm)	密度(g/cm ³)
NO. 1	47.57	59.7	2.57
NO. 2	47.57	108.5	2.58
NO. 3	47.50	208.8	2.61

（AE900S-WBエヌエフ回路設計ブロック）を取り付け、パルスジェネレーターから送信した正弦波一波長を入力側のA Eセンサーで供試体に入力し、供試体を伝播してきた弾性波を受振側のA Eセンサーで受振してプリアンプで増幅し、オシロスコープにより、観測した。入力波の周波数は、供試体NO. 2, NO. 3では10kHz～200kHzまでの範囲を10kHz毎、NO. 1については10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200kHzで実験を行った。また、供試体NO. 2のほぼ中央部を切断し、充填物として豊浦標準砂を1, 3, 5mmの厚さで挟んだ供試体でも同様の実験を行ったが、観測波形が微弱になったために第一波目の振幅値の読み取りは不可能であった。

A E センサー

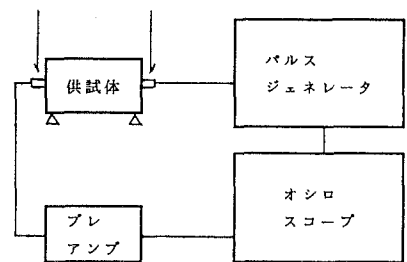


図-1 実験装置

3. 解析方法

今回の実験では、観測波形は等間隔の標本値として記録されている。一般に、N個の標本値として記録されている波動のフーリエ変換は

$$x_m = \frac{1}{2} \sum (A_k - i B_k) e^{i(2\pi k m / N)} \quad (1)$$

と表すことができる。分解された波動のk時成分の振動の大きさ、すなわち振幅スペクトルは

$$X_k = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad (2)$$

と表される。この X_k を二乗したものは波動のk次成分のパワーを表すことから、²⁾

$$P = \sum_{k=0}^{N-1} X_k^2 \quad (3)$$

が、観測波のパワーを表すものと考えられる。本研究では、式(3)から得られる値をパワーと定義して、このパワーによって室内実験の解析を行った。このパワーは、波動のエネルギーと相関をもつ値である。

4. 解析結果

まず、供試体NO. 1, NO. 2, NO. 3について先に述べた解析方法を用いて観測波形からパワーを求めた(図-2)。ここでは、同じく波動のエネルギーと相関を持つ値である第一波振幅値を読み取り(図-3)比較した。

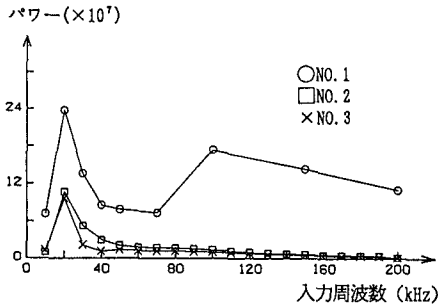


図-2 入力周波数～パワー

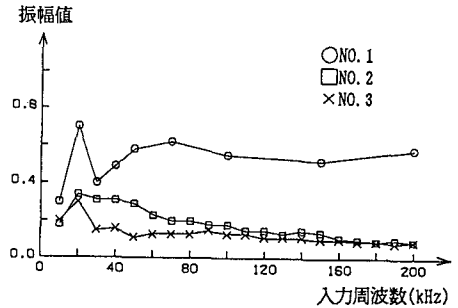


図-3 入力周波数～第一波振幅値

図-2 と図-3 とを比較してみると、供試体NO. 1とNO. 2との値の差は、NO. 2とNO. 3値との値の差よりも大きく、入力周波数が20kHz付近で減衰は最も小さく、以後入力周波数を大きくするに従って減衰は大きくなるなど、同じ傾向となることが観察される。次に、き裂を設けた供試体の実験について、同じく観測波形のパワーを求めた(図-4)。これを見ると、少なくとも充填物が1mmと3mmでは、10kHzを除いて他のいずれの入力周波数においてもこのパワーによって充填物の厚さの違いを評価することができる。

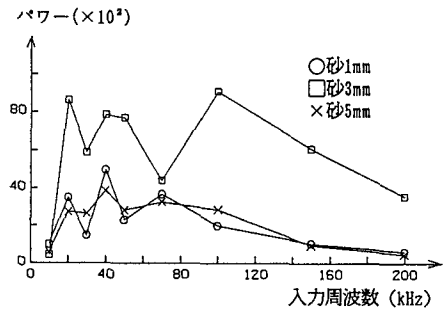


図-4 入力周波数～パワー

5. 結論

今回の室内実験および解析では、新たに定義したパワーを用いて供試体の長さの違いを評価することができ、不連続面での充填物の厚さも1mmと3mmでは違いを評価することができた。また、このパワーによる解析は、供試体の長さ(伝播経路の長さ)を変化させる実験において振幅値を用いた解析とよく似た傾向を示した。本研究におけるき裂のある供試体での実験の場合のように、観測波形が微弱なため、初期走時や第一波振幅値の正確な読み取りが困難な場合にもパワーによる解析は可能であり、観測波形全体を総合的に評価できるものである。これらのことから、振幅値による解析との類似点や相違点にも考慮して、今後パワーによる解析がエネルギー減衰の要因やその機構を解明してゆく手がかりとなることと期待する。そのためにも、特に供試体実験において、側面や端面での反射波の影響について解明し、フィルター処理などによってこれを取り除き、正確な評価に用いることのできる波動を識別することは、今後の大きな課題となった。

<参考文献>

- 1) 谷本親伯 他：弾性波周波数特性とジオトモグラフィーに関する基礎的研究
第23回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 1991
- 2) 大崎 順彦：地震動のスペクトル解析入門
鹿島出版会, 1976 pp44～94