

岩盤不連続面を伝播する弾性波の周波数特性

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。これは、原位置岩盤で弾性波探査を行い、得られたデータを電子計算機を用いて解析することによって、岩盤内部を可視化するものである。現在一般的には、弾性波速度を解析する速度ジオトモグラフィーが行われているが、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にまでは至っておらず、大きな研究課題となっている。そこで谷本ら¹⁾は弾性波のエネルギー減衰を考慮し、観測波の振幅値を解析すると、不連続面の状態も含めた岩盤内の可視化を行うことが可能であると考え、振幅減衰ジオトモグラフィーについての研究を進めている。本研究では、同じくこのエネルギー減衰を考慮するものであるが、新たに観測波形を処理して得られる振幅スペクトルに着目し、解析を行った。

2. 室内実験

室内実験は大きく分けて二通り行った。まず、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)を用いた実験、そして、供試体NO. 2を、ほぼ中央で切断し滑らかに整形して両端面に平行な単一ジョイントを設けて、充填物として豊浦標準砂(自然乾燥状態、密度 1.48g/cm^3)を1mm, 3mm, 5mm挟んだ供試体NO. 4, NO. 5, NO. 6を用いた実験である。その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(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周期を入力側の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、他の供試体については10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200kHzで実験を行った。

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	50.7	2.57
NO. 2	47.57	108.5	2.58
NO. 3	47.50	208.8	2.61

A E センサー

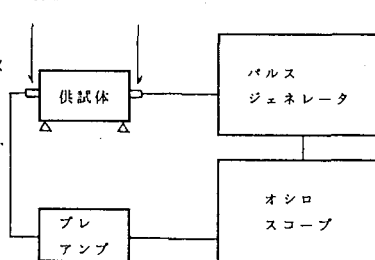


図-1 実験装置

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⁾

Chikaosa TANIMOTO, Kiyoshi KISHIDA, Yuichi ODAWARA, Satoshi MATSUSAKI

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

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、振幅値と同じく波動のエネルギーと相関をもつものである。

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て、同じ入力周波数で比較を行った(図-2)。入力周波数が10kHzを除いて、他の入力周波数ではパワーはNO. 1が最も大きくNO. 3が最も小さい。つまり、10kHzを除く他の入力周波数では、このパワーによって供試体の長さの違いを評価することができた。

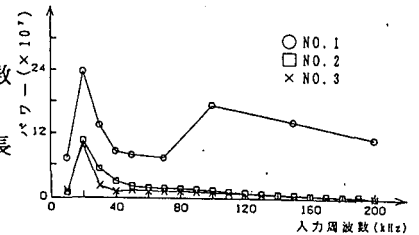


図-2 入力周波数～パワー

つぎに、供試体NO. 4, NO. 5, NO. 6について、同じく観測波形のパワーを求めた(図-3)。NO. 5とNO. 6ではその値にほとんど差は認められないものの、NO. 4とNO. 5を比較すると、10kHzを除いて明らかにNO. 4のほうがパワーは大きくなる。つまり、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た。

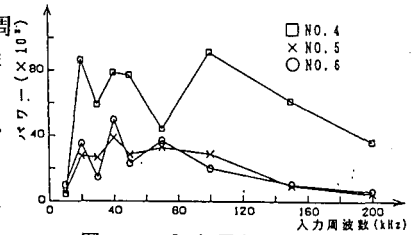


図-3 入力周波数～パワー

また、これらのき裂を含む供試体での観測波形から求めたパワーは、き裂がなく供試体の長さがほぼ等しいNO. 2でのパワーとその値を比較すると、いずれも 10^{-6} ～ 10^{-4} 倍となり、き裂を含むことによる影響がかなり大きいことがわかる。

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た。同じく、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。このパワーが不連続面の存在によって受ける影響はかなり顕著であり、不連続面の評価にも期待できると考える。また、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、観測波形が微弱で、伝播してくる波動と比較してノイズの割合が大きい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、このパワーによる評価は可能である。そして、振幅値による評価は観測波形の中からある振幅値を代表させてその評価を行うものであるのに対して、パワーによる評価では観測波形全体を総合的に評価できるものである。しかしその反面、同時に観測されてしまうノイズの影響も含んだ評価となることは問題である。特に本研究のように供試体実験においては、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