

## III-639

## 不連続面の状態変化と弾性波伝播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, 岸田 潔  
 京都大学大学院 学生員 ○ 中西 祐輔, 小田原雄一

## 1. はじめに

弾性波探査の結果をジオトモグラフィー法で解析し、岩盤構造物を施工する対象領域を可視化することが近年盛んに行われている。しかし、解析結果は速度分布などを表示するのが主で、岩盤の力学的性状を表現するには不十分であるのが現状である。そこで本研究では、原位置岩盤の力学的性状の支配的な因子である不連続面の状態の変化が弾性波伝播挙動にどのような変化を及ぼすのかについて検討を行った。

## 2. 室内実験

本研究では、不連続面の状態変化として一軸圧縮状態（き裂閉合）及びせん断状態（き裂開口）における弾性波伝播挙動の測定を行った。両状態において同一形状のき裂に対して試験を行うため、供試体には自然の岩石のき裂を複製したモルタル供試体を用いた。供試体の寸法については表-1に示したとおりである。

弾性波の測定は供試体の両端面中央部にAEセンサー（エヌエフ回路設計ブロック AE900S-WB）を取り付けパルスジェネレータ（WAVETEK MODEL145）から送信したパルス波一波長を入力側のAE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AEセンサーで受振してプレアンプ（エヌエフ回路設計ブロック）で増幅し、オシロスコープ（エヌエフ回路設計ブロック）により観測し、初期走時と第一波振幅値を測定した。入力波は一定周波数65kHz、一定振幅4.48Vのパルス波とした。弾性波計測システムを図-1に示す。一軸圧縮試験は載荷フレームを用い、油圧ジャッキと油圧ラムによって圧縮し、ロードセルによって応力を、接触型変位計（東京測器研究所 CDP-50）によってき裂を含む供試体全体の变形量を、供試体に張り付けたひずみゲージ（共和電業 KFC-5-C1-11）によって供試体実質部分の变形量を測定した。これらより開口幅と弾性波伝播特性の変化の関係を求めた。せん断試験は、垂直応力を2, 4, 6kgf/cm<sup>2</sup>の3通り、せん断速度を毎分0.2mmのもとに実験した。せん断変位が1mm生じるごとに弾性波を入射し、弾性波伝播挙動、ダイレーションの関係を測定した。

## 3. 実験結果

一軸圧縮状態における弾性波伝播速度、第一波振幅値の変化を図-2, 3に、せん断状態における弾性波伝播速度、第一波振幅値の変化を図-4, 5に示す。図-2, 3の横軸には開口幅をとっているが、この開口幅とは垂直応力がかかる前にき裂がもっていたもとの開口幅から各応力時の開口幅変化量を差し引いたものであり、もともとの開口幅は応力-開口幅変化

表-1 供試体寸法

一軸圧縮試験用供試体

| 供試体 | 径(mm) | 長さ(mm) |
|-----|-------|--------|
| A   | 50.20 | 99.55  |
| B   | 50.18 | 101.75 |
| C   | 50.10 | 90.95  |

せん断試験用供試体

| 供試体  | 径(mm) | 長さ(mm) |
|------|-------|--------|
| C-2* | 49.98 | 58.55  |
| C-4  | 50.04 | 57.65  |
| C-6  | 50.29 | 50.80  |

\*数字は垂直拘束圧を示す

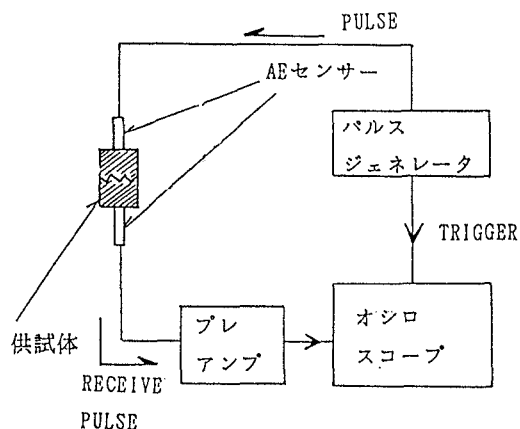


図-1 弾性波計測システム

量のグラフを  $\Delta u = \frac{bx}{a+x} + c$  で近似し、 $x = \infty$  とすることにより求めた。一軸圧縮時に関しては、図-2

3より速度は開口幅によらずほぼ一定であることが、第一波振幅値は開口幅の増加にともない大きく減少する傾向があることがわかる。

図-4, 5の横軸はダイレーションすなわち開口幅の増加を表している。図-4よりせん断時においても速度は、ほとんど変化しないことがわかる。図-5からは、第一波振幅値が開口幅の増加により大きく減少していることが分かる。しかし、垂直拘束圧の増加と速度・振幅値の変化に関しては相関性がみられない。

#### 4. 考察

弾性波伝播速度は供試体中の最短経路を伝播してきた波の速さであり、開口幅の変化により最短経路の長さが変化するため速度にも変化が生じると考えられる。しかし、本実験においては一軸圧縮時、せん断時ともに開口幅の変化は1mmにも満たないのに対し弾性波速度は約4km/sであるため、開口幅が変化し最短経路長が変化したとしても、伝播時間の変化が微小であるのは当然であろう。原位置岩盤においても存在する不連続面の開口幅の多くは1mm未満であり、粘土や水などの充填物を含んでいなければ伝播時間の遅れからき裂の存在を予測することは難しいと思われる。

一方、第一波振幅値は最短経路を伝播してきた波のエネルギーであり、開口幅の変化により最短経路での接触部分の面積が変化し接触部分でのエネルギーの損失の程度が変化するために振幅値に変化が生じると考えられる。最短経路での接触面積の変化も微小であると考えられるが、結果的にみて第一波振幅値は開口幅の増加により大きく減少しており、エネルギーは微小な接触面積の減少によって大きく損失されるのではないかと考えられる。

垂直拘束圧の増加と速度・振幅値の変化に関して相関性を得ることができなかったことに関しては、供試体の長さを正確にそろえることができなかったことが一因ではないかと考えられる。

#### 5. 結論

以上の実験結果をまとめると一軸圧縮時、せん断時ともに開口幅が変化しても弾性波伝播速度の変化は微小であるが、第一波振幅値は開口幅が増加するのにともない大きく減少することが分かった。したがって弾性波探査によりき裂の存在の予測を行う際には、き裂の存在の影響を敏感に反映する振幅値をパラメータとして用いることが妥当であると思われる。

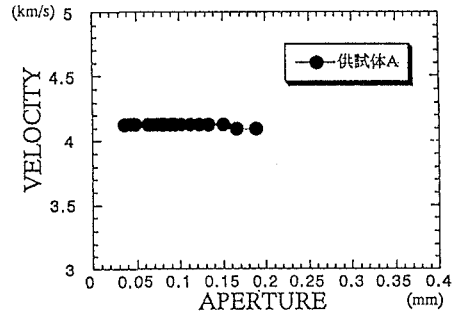


図-2 開口幅～弾性波速度

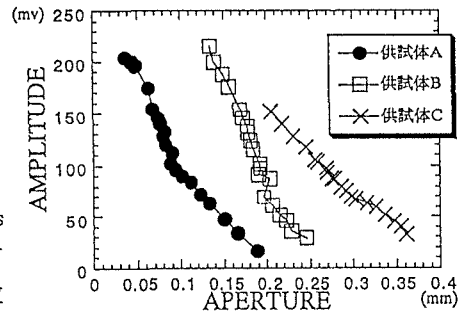


図-3 開口幅～第一波振幅値

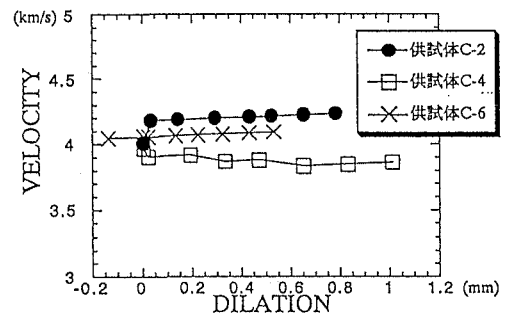


図-4 ダイレーション～弾性波速度

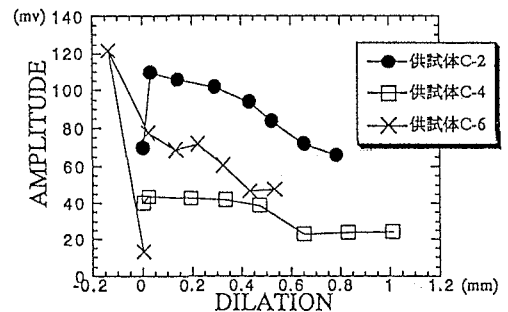


図-5 ダイレーション～第一波振幅値