

III-370

せん断状態における岩盤不連続面弾性波伝播挙動に関する基礎的研究

京都大学工学部 正 員 谷本 親伯, 岸田 潔
 京都大学工学部 学生員○藤崎 淳, 中西 祐輔

1. はじめに

トンネルや地下発電所といった地下空間の建設の際、岩盤掘削に伴い発生するゆるみ領域の二次元的あるいは三次元的な把握は施工における経済性、安全性の向上という点において非常に重要な問題となっている。このためゆるみ領域の把握に近年有効に用いられている手法が弾性波ジオトモグラフィーであるが、ゆるみが発現する主要因である岩盤不連続面とその弾性波伝播特性との関係は十分に解明されていない。これを知るため、過去において様々な室内実験が行われてきた^{1), 2)}。これを受けて本研究では、2種類のせん断状態下の岩盤不連続面における弾性波伝播挙動を測定し、その面のラフネスを考慮にいれて考察した。

2. 室内実験

供試体には採取したボーリングコアの自然の不連続面をモルタルで複製したものを5種類使用した。まず、ジョイントのせん断状態での弾性波の測定を行う前に不連続面の表面形状を測定した。測定にはレーザー変位計を用いたTKO式ラフネス測定器を使用した。これは、供試体を固定するx yステージ(シグマ光機:LST-100XY(1))をパルスコントローラ(シグマ光機:AS NET-2)とパーソナルコンピュータにより制御し、ジョイントの表面形状を測定するものである。x y方向の測定移動精度は0.005mmであり、測定間隔を任意に設定して自動計測を行う。また、レーザー変位計の焦点距離は40mm ± 5mmで分解能は最小4.0 μmである。今回の実験では0.5mmピッチで測定を行った。

弾性波の測定はパルスジェネレータ(WAVETEK:MODEL145)により供試体の一端に取り付けたAEセンサー(エヌエフ回路設計ブロック:AE900S-WB)を振動させ、供試体にパルス波一波长を入力し、供試体の他端で受信した波をプリアンプ(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:デジタルストレージオシロスコープ)に表示して行った。入力波は、一定周波数65kHz、一定振幅4.48Vのパルス波とした。

せん断試験機は、岩石一面せん断試験機(誠研舎)を使用した。これは垂直拘束圧一定、ダイレーション拘束などの様々な条件下での試験が可能であり、今回の実験では水平変位を0.2mm/min.で与え垂直拘束圧1.0MPaで一定での試験と、ダイレーションが0.4mmに達した時点でこれを拘束するという2種類の試験を行った。この際、弾性波の測定は水平変位0.5mm毎に行った。

3. 実験結果

せん断応力と弾性波伝播挙動の変化の例を垂直拘束圧一定の試験に関して図-1に、ダイレーション拘束の試験に関して図-2に示す。また、各供試体の第一波振幅値の変化を図-3、図-4に示す。なお第一波振幅値の値は、垂直応力一定のせん断条件の場合、垂直応力1.0MPa、水平変位0.0mm時の値で、ダイレーション拘束のせん断条件の場合、ダイレーション拘束後最初に測定した第一波振幅値の値で基準化したものとなっている。

4. 考察

まず、垂直拘束圧一定のせん断条件下での弾性波伝播挙動を考察するにあたり、せん断ピーク強度発生までのダイレーションカーブにおける最大の勾配(ダイレーション角)がせん断ピーク強度を支配している起伏の勾配を示していると考え、ダイレーションカーブよりこれを読

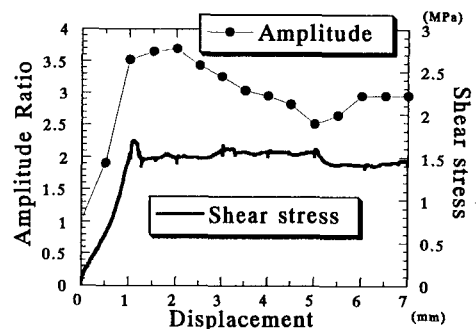


図-1 せん断応力および第一波振幅値の変化(垂直拘束圧一定)

みとった。また、レーザー変位計により測定したデータのせん断方向に対する前後の値を引き算し、この値を測定間隔で除して得られた傾きから傾斜角を計算した。これらから、各供試体についてダイレーション角とダイレーション角以上の傾き頻度を求め表にしたものを表-1に示す。ダイレーション角以上の傾斜角を持つ起伏はせん断ピーク強度発生までに破壊されていると考えられ、このときまでの第一波振幅値の増加はこの起伏の破壊によるジョイントの接触面積の増加によるものと考えられる²⁾。実際にダイレーション角以上の傾き頻度の大きいものほど第一波振幅値の増加も大きい傾向にあると言える。次にダイレーションを拘束したせん断条件での弾性波伝播挙動についてであるが、この場合はダイレーションを拘束したことにより起伏が破壊されるときのみせん断変形が許される。したがって、ダイレーション拘束後は起伏の接触-破壊が繰り返されることになり、起伏を破壊するためのせん断応力の増加と、起伏の破壊による接触面積の増加による第一波振幅値の増加が発生していると考ええる。

5. 結論

ジョイントがせん断変形する場合、せん断ピーク強度発生までは第一波振幅値は増加するが、これは起伏の破壊による接触面積の増加に起因していることがわかった。また、ダイレーションを拘束することにより、せん断変形を生じさせるために拘束前よりもさらに大きなせん断応力が必要となると同時に第一波振幅値も増加していく。これらのことから、ジョイントがせん断変形をする際、せん断に対する抵抗力を発揮しているときには第一波振幅値は増加していくということが出来る。これは、実際の弾性波ジオトモグラフィーを解釈する際に、第一波振幅値の増加が認められる領域が岩盤ブロックのせん断変形に対して抵抗力を発揮している領域と考え、重点的に補強を施し、安全で経済的な施工に反映できると考える。

参考文献：1) 谷本 親伯，他：不連続面の状態変化と弾性波伝播挙動に関する基礎的研究，第48回年次学術講演会講演概要集；2) 谷本 親伯，他：岩盤不連続面のダイレイタンス特性と弾性波伝播挙動に関する基礎的研究，平成6年度関西支部年次学術講演会講演概要集

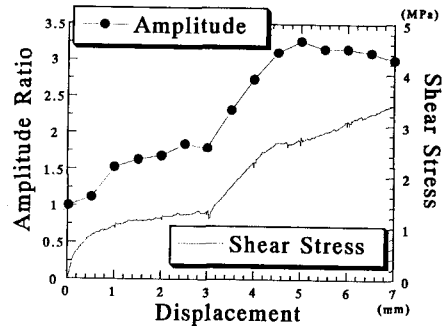


図-2 せん断応力および

第一波振幅値の変化（ダイレーション拘束）

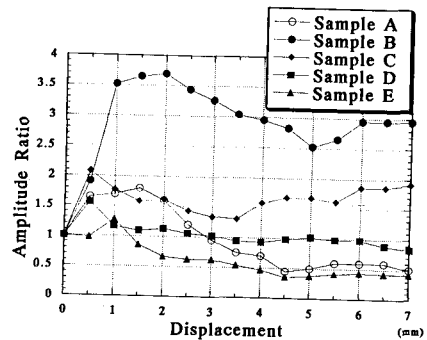


図-3 各供試体の第一波振幅値の変化
（垂直拘束圧一定）

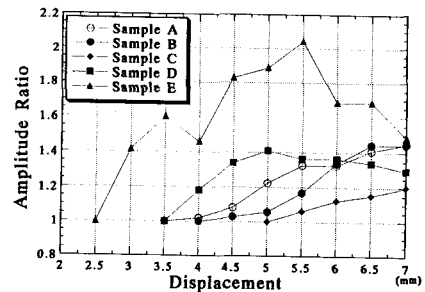


図-4 各供試体の第一波振幅値の変化
（ダイレーション拘束）

表-1 各供試体のダイレーション角および
ダイレーション角以上の傾き頻度

Sample	ダイレーション角	ダイレーション角以上の傾き頻度
Sample A	22.2	177
Sample B	12.4	640
Sample C	10.2	606
Sample D	12.8	577
Sample E	16.5	319