

京都大学工学部
京都大学大学院
京都大学大学院（現 建設省）

正 員 谷本 親伯, 岸田 潔
学生員○藤崎 淳, 中西 祐輔
正 員 小田原 雄一

1. はじめに

トンネルや地下空間建設の際岩盤掘削にともな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が非常に重要な問題になっている。このために近年有効に用いられている調査法が弾性波ジオトモグラフィーである。これは地盤に弾性波を入射し、その伝播挙動（伝播時間、振幅減衰）のデータをコンピュータにより処理することで不連続面の存在などの地盤情報を得る手法であるが、弾性波伝播挙動と不連続面の力学的性状との関係には不明瞭な点が少々残されている。このため従来様々な室内実験が行われてきた。¹⁾ これを受けて本研究では、せん断状態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入れて考察した。

2. 室内実験

供試体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式ラフネス測定装置を使用した。²⁾ 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ー（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。XY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 μ m である。今回の実験では0.5mm ピッチで計測を行った。

弾性波の測定はパルスジェネレーター（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長を入力し、供試体の他端に取り付けたAEセンサー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。これは垂直圧一定、ダイレイ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 1MPa 一定のせん断条件下でせん断を行った。この際弾性波の計測は水平変位 0.5mm 毎に行った。図-1に弾性波測定システムの概略を示す。

3. 実験結果

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その累積をヒストグラムに表したものを図-2に示す。図-3に水平変位とせん断応力および第一波振幅値の変化の例を示す。第一波振幅値はせん断ピーク強度発生まではいったん増加しその後は減少している。なお、第一波振幅値は垂直応力 1.0MPa、水平変位 0.0mm の時の値で基準化したものとなっている。

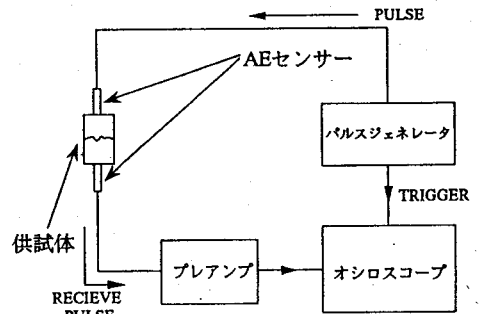


図-1 弾性波測定システム概略図

4. 考察

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がせん断ピーク強度を支配している起伏の勾配であると考え、ダイレーションカーブよりこれを読みとった。ジョイントがせん断変形をする際にはまず一番大きな傾斜角を持つ起伏が接触する。しかし、図-2に示したヒストグラムからもわかるように最も大きな傾斜角を持つ起伏の頻度は小さいためにそこに高い応力の集中が発生し容易に接触している起伏の破壊強度を上回ってしまい接触している起伏は（破壊強度＞接触面での応力）となるまで次々に破壊されていく。起伏が破壊されればジョイントの接触面積は増加し、これに伴い第一波振幅値も増加する。図-4に第一波振幅値の変化を、表-1にヒストグラムのデータより求めたダイレーション角より大きな傾斜角を持つものの頻度を示す。実際、せん断ピーク強度発生までに破壊されている起伏の多いものほど第一波振幅値の増加も大きくなっておりせん断ピーク強度発生までの第一波振幅値の増加は起伏の破壊による接触面積の増加に起因していると考えられる。ピーク強度発生以後の第一波振幅値の減少はせん断ピーク強度を支配していた起伏の破壊の後、せん断変形に伴う破壊部分での接触面積の減少に起因すると考える。

5. 結論

ジョイントのせん断変形に伴いせん断ピーク強度までは第一波振幅値は増加していき、せん断ピーク強度発生後は第一波振幅値は減少する。これは、せん断ピーク強度発生までの起伏の破壊による接触面積の増加とピーク強度発生後の接触面積の減少に起因していると考えられる。垂直拘束圧一定のせん断試験は、岩盤ブロックが自由な斜面を滑り落ちるような場合に相当し、トンネルなどの掘削において生じる岩盤ブロックの変形とは拘束条件が異なるが、せん断変形により起伏が破壊され接触面積の増加が生じることは同様であると考えられるので、せん断変形初期の段階では第一波振幅値は増加することが予想される。したがって、実際の弾性波ジョイントモグラフィにおいて掘削前後で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する抵抗力を発揮している領域であると判断し、その領域周辺がゆるみ領域であると考えられることが出来ると思われる。

参考文献：1) 谷本 親伯、他 (1993): 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回年土木学会次学術講演会講演概要集 2) 谷本 親伯・岸田 潔 (1994): 3次元非接触式プロファイラーと最大エントロピー法を用いた岩盤不連続面ラフネスの定量化、土木学会論文集（投稿中）

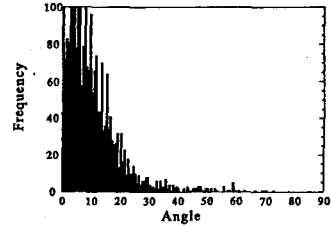


図-2 傾斜角ヒストグラム

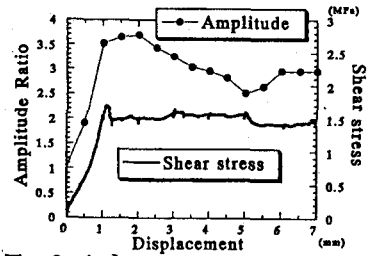


図-3 水平変位-せん断応力および第一波振幅値の変化

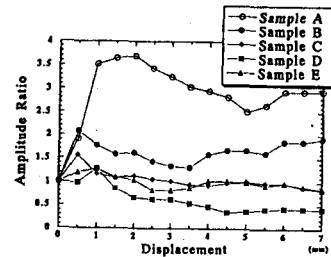


図-4 各供試体の第一波振幅値の変化

表-1 ダイレーション角より大きな傾斜角の頻度

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	12.4	640
Sample B	10.2	606
Sample C	12.8	577
Sample D	16.5	319
Sample E	19.2	315