

Ⅲ - A 306

岩石の弾性波伝播特性と含水比の関係について

山口大学大学院 学生会員 森永健司
山口大学大学院 学生会員 村上忠輔
山口大学工学部 正会員 佐野 修

1. はじめに

岩盤モニタリングの一手法として弾性波の利用があげられる。これは弾性波速度や弾性波の減衰を測定することにより、空隙の消長や状態変化を調査しようとするものである。弾性波伝播特性はきれつや空孔の影響を受けるが、その内部を満たしている水の影響も受ける。本研究では空隙の形状や量の異なる供試体を用いて、弾性波速度およびQ値と含水量の関係を実験室で求めた。

2. 実験方法

岩石供試体として、村田玄武岩、荻野凝灰岩およびWesterly花崗岩を用いた。玄武岩および凝灰岩は比較的丸い空孔が卓越した岩石であり、花崗岩は薄いきれつが卓越している岩石である。測定中に温度を一定に保てるようにまわりを断熱材で覆った主チャンバー内に供試体を設置した。また水やシリカゲルを副チャンバー内に設置し、主チャンバーと副チャンバーをバルブを取り付けたパイプで連結し、主チャンバー内の湿度を一定に保

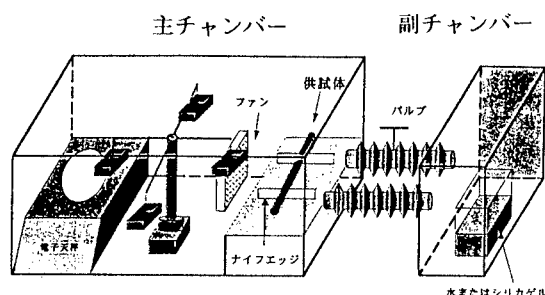


図1 実験装置図

つようにバルブを開閉した。主チャンバーと副チャンバーは独立に温度制御した。さらに主チャンバー内の環境を一樣にするため、ファンで攪はんした。実験装置を図1に示す。

弾性波速度およびQ値測定には直径8mm、長さ100～150mmの丸棒供試体を用い、共振法により測定した。供試体両端面に厚さ1mm、直径7mmの圧電振動子を接着し、長さ100mm、太さ0.1mmのリード線で接続した。弾性波測定用の岩石供試体はリード線から受ける反力が測定結果に影響を及ぼさないよう注意しながらナイフエッジの上に設置した。第一次共振周波数の前後7kHzの帯域の正弦波を一方の圧電素子に入力し、他端の圧電素子で受けた信号を増幅した(1kHz～1MHz)。共振周波数近傍では数Hz間隔で発振周波数を変化させ、振動が安定するまで待った後で実効値を測定した。

重量測定には弾性波測定用の供試体とほぼ同一のものを3ないし5本用い、乾燥条件を同一にするため両端面をエポキシ系接着材で被覆し、自動重量計測器に設置した。重量計測に用いた電子天秤の最小計量単位は1mgである。

予めすべての供試体を真空にし、水を導入した後、10気圧の水中に数分間置き、含水飽和状態と考えた。その後、実験期間中、温度を25℃一定に保ち、湿度を100%から5%まで10%ないし5%ずつ変化させ、その都度一定に保った。実験開始直後は30分おきに弾性波、供試体重量、湿度および温度を測定し、重量変化が比較的少なくなってから1時間おきに測定した。この様にして約3ヶ月間にわたって実験を行った。

3. 実験結果

実験結果のなかから、荻野凝灰岩およびWesterly花崗岩で得られた弾性波速度およびQ値と含水比の関係を図2、図3に示す。すべての岩石供試体のQ値は含水比が小さくなるにつれて大きくなった。

キーワード 弾性波速度 Q値 振幅 共振法 含水比

連絡先 山口県宇部市常盤台2557 山口大学工学部 Tel (0836)35-9447 Fax (0836)35-9429

しかしその変化の割合は一定ではなく、0.2～0.7の含水比を境にQ値の変化が大きくなる傾向が認められた。弾性波速度は含水飽和状態から含水比が低下するにつれて低下したが、ある領域を境に含水比の低下に伴い増加した。すなわち弾性波速度の最小値が存在することが分かった。

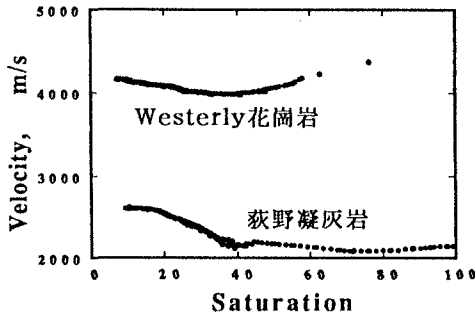


図2 Westerly 花崗岩および荻野凝灰岩の含水比変化による速度の変化

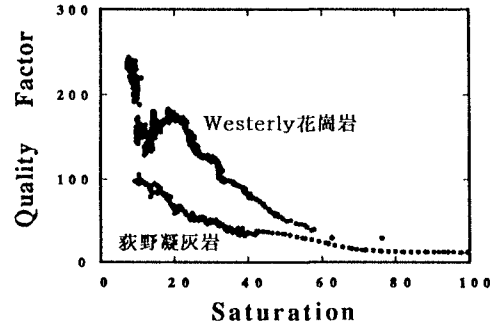


図3 Westerly 花崗岩および荻野凝灰岩の含水比変化によるQ値の変化

4. 考察

長い丸棒を伝播する縦波の速度, V_b , は bar velocity として知られており

$$V_b = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

で表される。ただし E はヤング率であり ρ は密度である。空隙内の水が空気と置換されると弾性率と密度が同時に低下する。すなわち上式の分子および分母の変化率が弾性波速度の変化率を決める。密度に関与する空隙量は空隙の実質的体積であるのに対して、弾性

率に関与する空隙量は長軸の3乗に依存するので、密度は丸い空隙の影響を主として受けると考えられる。含水比の低い領域の速度増加が凝灰岩で著しく、花崗岩で小さいことはこのような考え方で部分的に説明可能と思われる。しかし凝灰岩の空隙率が30～35%であることを考慮すると、乾燥により性質が変化する粘土鉱物などの影響も検討する必要があるように思われる。

含水比が変化しないならば、きれつの増加は弾性率低下すなわち速度低下をもたらす。またきれつの増加はQ値の低下すなわち受信振幅の低下をもたらす。岩盤内の応力状態の変化に伴ないきれつの開閉やきれつの進展が生じた場合、図4に示すような変化が検出されるものと考えられる。同じように本研究で得られた結果を図示すると図5のように、速度変化と振幅変化に大きな違いが生じることが分かる。したがって岩盤モニタリングを行うにあたりきれつの開閉や進展だけでなく、岩盤内の水の影響を同時に考慮することが重要である。

5. まとめ

Q値は含水比の低下にともない増加する。一方、弾性波速度は含水比が比較的大きな領域では含水比の低下にともない低下するが、含水比の低い状態では逆に含水比の低下に伴い増加する。したがって比較的含水比の高い状態の岩盤では、きれつの消長と水の増減が弾性波速度および振幅変化におよぼす影響に違いがあるので、水の影響ときれつの消長を判別することが容易と予想されるが、乾燥した岩盤では相対的に難しいと考えられる。

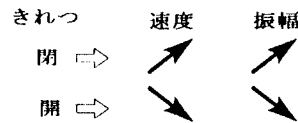


図4 応力による速度と振幅の変化

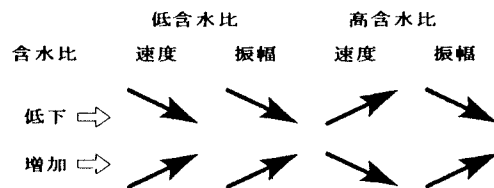


図5 含水比による速度と振幅の変化