

III-346 岩石の圧縮応力下で発生するA E波動特性

西松建設株式会社 正会員 ○ 石山 宏二
 西松建設株式会社 正会員 平田 篤夫
 西松建設株式会社 正会員 稲葉 力

1. 緒 論

脆性的な破壊挙動を示す硬質な岩盤の力学的性質は、そこに存在する割れ目に大きく影響を受けた結果であることはよく知られている。このような岩盤の場合、破壊の直前に急激にその剛性が低下するのではなく、発破による影響や、局部的に生じる過大な応力集中のために、切羽付近の岩盤は常時劣化が進行しているものと考えられる。すなわち、弾性域からマイクロフラクチャーが発生するにともなう、材料としての岩盤の弾性係数が徐々に低下していることが予想される。このことは、大清水トンネルにおいて、岩盤の弾性波伝播速度が掘削の進行にともなう低下傾向を示した¹⁾ことと調和的である。

岩石試料による室内試験においても、ランダムな微小破壊によるマイクロクラックの発達による体積ひずみの増加にともなう、弾性波伝播速度の低下²⁾やその振幅の減衰が顕著になる³⁾ことが示されている。静的な載荷試験による応力-ひずみ関係のみでは、ダイラタンシーが顕著になる領域以外は、岩石の非線形性を明確に特徴づけることはできない。

本研究では、岩石の一軸圧縮載荷試験時に計測したA Eの波動特性を検討することにより、破壊現象との関係について考察する。

2. 実験概要

岩石試料は結晶質であり、低応力状態から結晶粒界や粒子内部の潜在亀裂のずれ等により多数A Eが発生すると考えられる石英閃緑岩を対象とする。供試体は $\phi 5\text{cm}$, $L10\text{cm}$ の円柱に整形し、目視で潜在的な割れ目のないものを選んだ。一軸状態で静的に載荷し、ロードセルで軸荷重を、載荷軸方向および軸直交方向に貼付したストレインゲージで静ひずみを測定した。載荷は $0.05\sim 0.01\%/ \text{min}$ の範囲の載荷速度で行った。載荷時にマイクロフラクチャーの発生にともなう生じるA E波形を12bit分解能のFFTアナライザーを用いてAD変換し、 GPIBを経由してパーソナルコンピュータに取り込んだ。

計測系の総合周波数特性は $50\sim 500\text{kHz}$ の範囲で平坦で、利得は70dBである。

3. A Eの周波数特性

Fig.1は一軸圧縮試験における応力-ひずみ関係と各応力レベル毎のA Eの平均リングダウンカウント/イベントを示す。応力の増加にともなう、イベント当りのリングダウンカウントが多くなっていることがうかがえ、微小破壊の規模が徐々に大きくなっていることを示している^{4) 5)}。応力-ひずみ関係では、きわめて弾性的な挙動を示している。軸応力 $\sigma = 900\text{kgf}/\text{cm}^2$ 付近で急激にリングダウンカウントの大きいA Eが発生している。このことは、破壊にはいたらないものの比較的規模の大きい破壊が発生したことを示唆している。

Fig.2 (A), (B)は各応力レベル毎に計測したA Eの波形とそのフーリエスペクトルである。

地震学で説明される移動震源モデルがA Eにも適用できると仮定すると、破壊長 (L), 破壊速度 (V_r), マグニチュード (M) の間には次式が経験的に成立つ。 $\log (L/V_r) = a M + b$

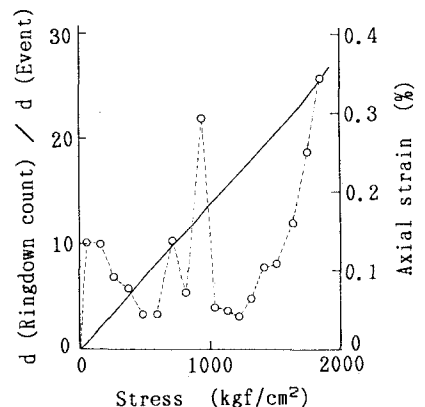


Fig.1 Relation between the ringdown count per event (O) and the stress-strain curve.

ここで、 a , b は定数である。 L/V_r は破壊時間に相当し、地震波の卓越周期が地震の規模に依存して長くなるという経験式とも調和的である。 $\sigma = 1900\text{kgf/cm}^2$ は破壊直前の状態であり、スペクトルの卓越帯域が低周波数側へ移動している。また、 $\sigma = 900\text{kgf/cm}^2$ 付近においてリングダウンカウントが急増した部分のスペクトルも破壊直前と同様な傾向を示している。

4. 結 論

石英閃緑岩の静的な一軸荷重載荷時に発生する、マイクロフラクチャーの増加にともなって変化すると考えられる岩石物性を、A Eの波動特性により評価検討した。

供試体レベルの寸法の破壊に際しても、その応力増加の過程では、材料の強度に応じてある特定の応力状態から、破壊の大きさが急増するポイントが存在している⁴⁾。応力-ひずみ関係からではその把握が困難な岩石の場合においても、岩石の性質が弾性域から変化していること、またA Eの周波数特性が微小破壊の程度と相関性が高いことが示された。

〔謝 辞〕

本研究を実施するに当たり、熊本大学、金子勝比古助教授には懇切な御助言を頂きました。記して感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 下河内稔, 小田重雄, 木沢恒雄: 清水トンネルにおける山はね現象からの一考察, 第5回岩の力学シンポジウム講演論文集, 1977.
- 2) 金子勝比古, 井上博之, 佐々宏一, 伊藤一郎: 岩石の破壊の進展に伴う弾性波伝播速度の変化-岩石の破壊の進展に伴う弾性波伝播特性に関する研究(第1報)-, 日本鉱業会誌 94巻 1080号 1978-2.
- 3) 井上博之, 金子勝比古, 佐々宏一, 伊藤一郎: 岩石の破壊の進展に伴う弾性波の振幅の減衰-岩石の破壊の進展に伴う弾性波伝播特性に関する研究(第2報)-, 日本鉱業会誌 94巻 1083号 1978-5.
- 4) 平田篤夫, 石山宏二, 稲葉力: 岩石供試体の動的性質から推定される岩盤の力学特性, 土木学会第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, 1988-2.
- 5) 菅原勝彦, 金子勝比古: 長壁式採炭における地圧と破壊音, 日本鉱業会誌 102巻 1177号 1986-3.

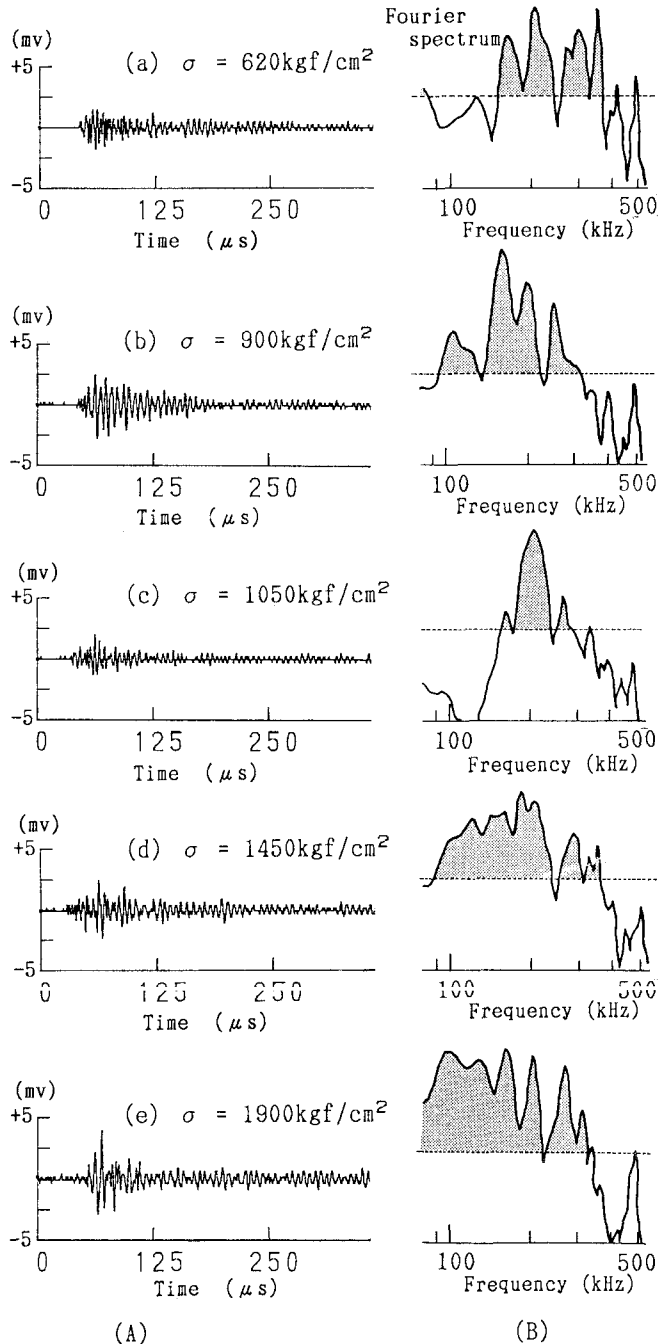


Fig.2 (A) AE wave forms , and (B) Fourier spectrum under the uniaxial stress state.

The stress state of $\sigma = 1900\text{kgf/cm}^2$ is just before a failure on this Quartz-diorite. This broken line in (B) is the same level of Fourier spectrum.