

岩石のAEのスケーリング則—振幅の大きいAEは周波数が低いのか？—

Scaling law of AE events during uniaxial compression

丹保 繁和 [1], 柳谷 俊 [2]

Shigekazu Tambo [1], Takashi Yanagidani [2]

[1] 立命館大・理工・数物, [2] 京大・防災研・地震予知セ

[1] Dept. Math. Phys., Fac. Sci. Eng., Ritsumeikan Univ., [2] RCEP, DPRI, Kyoto Univ.

AEの規模別頻度分布がべき乗則にのっているということが知られている。しかしながら、AEの規模別頻度分布はAEの大きさをセンサの出力として定めているにとどまっており、AEの大きさという量の本質的な理解は未だ為されていない。大きいAEと小さいAEとではその卓越周期に違いが見られるのか、ということが本研究の目的である。岩石の1軸圧縮破壊において発生するAEを長時間（2秒間）連続的に測定することにより、AEの最大振幅と周期との関係および主破壊に至る過程におけるAEの周期の変化を求めた。

2秒間の高速（5 MS/s）、高分解能（12 bit）、広帯域（1.5 kHz～20 MHz）そして広ダイナミックレンジ（ ± 2 mV～ ± 2 V）で連続測定可能なデータ集録装置を用いて、岩石の一軸圧縮破壊において発生するAE（アコースティックエミッション）の測定を行った。このシステムを用いて、主破壊に至る過程におけるAEの最大振幅あるいは周期の時間変化、そして最大振幅と周期との関係を調べた。

Mogi(1962)の実験により、AEの規模別頻度分布が自然地震と同様にべき乗則にのっていることが明らかにされた。それ以後の研究で使用されたダイナミックレンジは狭くどこまでべき乗則が成立するのか、明らかにされていなかった。大きいAEと小さいAEとではその卓越周期に変化があるのか、また振幅のスケーリング則のみならず別のタイプのスケーリング則はまだ確立していない。

従来のAEの測定システムではコンパレータを用いてAEの最大振幅に応じた数段階のレベルに弁別して、それぞれのレベルに達したAEの個数を数えるという方法を取っている。この方法ではあるAEの後続波を別のAEとしてカウントしてしまわないようにマスクタイムを設定しなければならない。よって、マスクタイム内に発生するAEについては測定されない。あるいはトリガを設定し、トリガ前後の波形を測定する方法もあるが、トリガに満たないような小さなAEについては測定を行えない。これらの方法に対して、今回のような連続測定は、ある期間内のすべての波形を集録して、その記録波形について解析を行うため、期間内のAEの取りこぼしがほとんどなくなる。したがって、さまざまなスケーリング則についてもより厳密かつ正確に求められることになる。

実験は、円筒整形された花崗岩試料（直径44 mm、高さ111 mm）に直径が5 mmのPZT素子（共振周波数1 MHz）を貼り、高入力インピーダンス（1 M Ω ）のプリアンプに入力し、トリガー上に構成したアンプを介してA/D変換ボードに入力し、2秒間集録する。試料を一軸圧縮で破壊させそれに伴うAEを集録した。試料の破壊強度は246 MPaであった。記録波形をみると測定開始から約1.8秒後に最大レンジを振り切れており、その時刻が主破壊の開始時刻であると考えられる。

実験で記録された波形の中からAEと考えられるものを抜き出し、初動と波全体での周期を計算した。そして、初動の立ち上がり時刻に対する初動の周期と波の全体での周期の関係から、主破壊に至る過程におけるAEの周期の変化を調べた。また同じ波形について最大振幅も求め、AEの周期と最大振幅との関係を調べた。結果として、AEの最大振幅は主破壊に近づくにつれて増大した。主破壊の直前では振幅が2 VにおよぶAEが観測された。初動と波全体の周期の時間変化では、両者ともAEの周期はおおむね変化していないことがわかった。AEの最大振幅と初動の周期、あるいは波全体での周期との関係は両者ともあまり相関がないように見えた。今回の実験では力学的な振動という範疇ではかいしゃくのできないタイプの波も見つかった。今後はこの波の成因についてさらに研究を続けるつもりだ。