

## 震源核形成・成長に伴うAEの波形変化をとらえる試み(1) - 実験概要と圧電素子の較正

### Change in AE waveform related to source nucleation and development (1) - Outline of experiments and procedure of PZT compensation

# 川方 裕則[1], 西澤 修[2], 長 秋雄[3], 雷 興林[4]

# Hironori Kawakata[1], Osamu Nishizawa[2], Akio Cho[3], Xinglin Lei[4]

[1] 科技団/産総研, [2] 地調, [3] 産総研・地質調, [4] 地調・震

[1] JSTC/AIST, [2] GSJ, [3] GSJ, AIST, [4] Earthquake Res. Dept.

<http://www.gsj.go.jp/~kawakata/indexj.html>

AEを用いた地震学的研究は古くからおこなわれているが、波形解析に関する研究はほとんど見られない。波形解析は地震学の重要な手法のひとつであり、鉱山地震や自然地震に関して地震発生に先行する応力低下を検知できる可能性が指摘されている。これを検証するべくAEの波形解析を試みた。破壊核を有した岩石試料を用いて三軸圧縮試験を実施し、AE波形を採取した。

地震計は、必要とされる周波数領域に対して平坦な応答特性をもつが、AE測定に用いられるPZTはこの特徴をもたない。レーザードップラー速度計(LDV)は、高周波領域でも平坦な応答特性をもつが、圧力容器内では使用できない。そこで、LDVの波形を用いてPZT用の逆フィルターを作成した。

実験室内で岩石破壊実験および摩擦すべり実験をおこなうと、微小クラックの発生、成長および剪断に伴って発生すると考えられる弾性波動、すなわちAE(アコースティックエミッション)が観測される。AEを利用した地震学的研究は古くから盛んにおこなわれ、さまざまな重要な結果が得られている。b値の主破壊に先行する異常変化(たとえばScholz, 1968)や震源核形成に伴うAE震源の局所化(Lockner et al., 1992)の検出などはその一例である。しかしながら、AEに関する研究はb値のように振幅を用いたもの、震源位置のように初動走時を用いたものがほとんどであり、この他には初動の極性を使ってメカニズム推定がおこなわれた例(Lei et al., 2000)がある。しかしながらAEの波形解析をおこなった研究は全くといってよいほど見られない。

一方、鉱山掘削に伴って発生する半制御地震活動に関して、主要な規模の地震発生に先行して、応力低下を示唆するパラメタの異常変化がみられることが波形解析の結果から指摘されている(たとえばMendecki, 1997)。自然地震に関して、川方他(2000年地震学会秋季大会、本合同大会)は1989年伊豆半島東方沖群発地震に上記の手法を適用し、主要規模の地震発生に先行する応力低下が地震波形解析から検出できる可能性を指摘した。しかしながら、自然地震の場合、先行する地震活動が活発な場合がそれほど多くないこと、先行する小規模地震の波形が振り切れることなく十分なS/N比を持って収録されている例が少ないことなどから、十分な確証を得るにはいたっていない。この問題に関して十分な確証を得るためには、室内実験の際に収録されるAEの波形解析から同様の結果が得られるかどうかを詳細に調べ、発生する現象との関係を明らかにすることが不可欠である。

そこで、破壊核を有した岩石試料を用いて室内実験を実施し、破壊核成長に関連した主破壊に先行するAE波形の変化を調べるために、AEの波形解析をおこなう試みを開始した。室内実験は以下のような手順でおこなった。直径50mm高さ100mmの円筒形Westerly花崗岩試料を用意し、周変位速度を一定に保ちながら三軸圧縮をおこなう。ピーク荷重後約20MPaの応力低下が確認された時点で試料を回収し、破壊核を有する試料を得る(Kawakata et al., 1999)。この試料の側面に60度間隔5列の圧電素子(PZT)と上下圧盤の中央に1枚ずつの合計32枚のPZTを配置し、再度三軸圧縮試験を実施した。この実験中、破壊核近傍の3成分ひずみ場と同時にAE波形を採取した。この波形を解析して、上記の問題へのアプローチをおこなう。ただし、実験装置の都合上、2回目の載荷時はピーク荷重後を安定に制御することができず、主破壊は動的に発生した。

地震計は、ある必要とされる周波数領域に対して実効的に平坦な応答特性をもつが、AE測定に通常用いられるPZTは、素子の共振周波数を積極的に利用して高感度測定を実現しているため、この重要な特徴が欠落している。このことが、これまでAEに関する波形解析がおこなわれてこなかった大きな理由の一つである。PZTに代わる弾性波測定法としてレーザードップラー速度計(LDV)がある(西澤他, 1996)。LDVは高周波領域においても周波数に対して平坦な応答特性をもつため、記録される波形は実際の振動により近いものである。しかし、LDVは試料表面にレーザー光を照射することによって速度を測定するため、圧力容器内で試料を加圧する三軸圧縮試験などではリアルタイム測定はおこなえない。つまり、三軸圧縮試験中にAEを観測する場合にはやはりPZTに頼らざるを得ない。そこで、LDVの波形記録を用いてPZTで記録された波形を較正することにした。

先の実験で用いた試料と同じブロックから同一方向に採取された別の試料を用意し、先の実験と同様の観測点配置を設定する。ただし、うち一点のPZTは発振子として使用する。発振子にはパルスジェネレーターで入力信

号を与えるが、発振子自体が共振するため、この挙動も LDV で測定し、入力信号波形を把握する。各観測点では、発振子から射出された弾性波動を LDV, PZT 双方で記録する。周波数応答特性が同じであればこれら二つの波形は同じ形を示すはずであるが、先に触れた理由により、異なった波形を示すことがわかっている（西澤他, 1996）。二つの波形を比較することにより、PZT の有効な周波数領域を調べ、LDV の波形を基に較正をおこない、PZT 用の逆フィルターを作成する。PZT は波動の入力方向に敏感であるため、いくつかの入射角に対する逆フィルターが必要となる。本講演では、実験の概要、逆フィルターの作成および補正後の AE 波形の特徴について触れる予定である。