

## 広帯域連続集録から得られた AE のコーナー周波数と地震モーメントの関係 (2) Relationship between corner frequency and seismic moment for AE from continuous and broadband records (2)

吉光 奈奈<sup>1\*</sup>, 川方 裕則<sup>2</sup>, 高橋 直樹<sup>3</sup>  
YOSHIMITSU, Nana<sup>1\*</sup>, KAWAKATA, Hironori<sup>2</sup>, Naoki Takahashi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>立命館大学, <sup>2</sup>立命館大学, <sup>3</sup>三井住友建設株式会社

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University, <sup>2</sup>College of Science and Engineering, Ritsumeikan University, <sup>3</sup>Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd.

### はじめに

さまざまな規模の地震について、震源パラメタがどのようにスケール依存するかということは、破壊の特性を知る上で重要な問題である。これまでの研究から、 $M_w - 2$  程度までの地震について、コーナー周波数が地震モーメントの-3乗に比例するという関係(三乗則)が示されている。しかし、岩石破壊実験時に発生するさらに小さい破壊(Acoustic emission; AE)についてもこの関係が成り立つかどうかは、まだはっきりとわかっていない。

過去の岩石破壊実験で AE の集録に用いられてきた圧電素子(PZT)は共振が強く、特定の帯域でのみ感度が高いという特徴があり、スペクトル解析による震源パラメタ推定には不適であった。Sellers et al. (2003) は、大気圧下で行われた破壊試験時に広帯域集録された AE 波形から震源パラメタ推定を行い、AE の震源パラメタが自然地震におけるスケール則の延長上に位置することを示唆した。しかし、彼らの AE 集録はトリガ方式であり、トリガ後のマスクタイムに隠れた AE や、振幅の小さい AE を取りこぼしていた可能性があった。また、周波数に依存しない感度補正しか行われておらず、トランスデューサの特性が適正に除去されていたとはいえなかった。Yoshimitsu et al. (2011) では、これらの問題を解決するために、広帯域・連続で岩石の一軸圧縮試験に伴う AE の集録を行い、震源パラメタの推定を行い、AE のコーナー周波数と地震モーメントがこれまでに示唆されてきた三乗のスケール関係の延長上に位置するという結果を得た。ただし、Sellers et al. (2003) や Yoshimitsu et al. (2011) の結果からは、AE 単独で三乗則を満たすかどうかははっきりとしなかった。本研究では、Yoshimitsu et al. (2011) の結果が試料に特有なものなのか否か、また AE 単独で三乗則を満たすのかを調べるために、計測を高度化して圧縮破壊試験を行い、震源パラメタ推定を行った。

### 実験

直径 50 mm、高さ 100 mm の円柱形の Westerly 花崗岩について、軸と平行方向の 6 面(60度毎、10 mm 幅)を研磨し、試料の上端面から 25 mm の位置に 3 個、下端面から 25 mm の位置に 3 個、保護用のチタン製ケースに入れた広帯域圧電トランスデューサ(感度帯域:100 - 1000 kHz)をエレクトロン・ワックスにより貼付した。さらに、感度の違いと帯域の違いを比較するため、2 つの広帯域圧電トランスデューサに隣接させて、上下端面から 15 mm の位置に従来型の PZT(中心周波数: 500 kHz)を貼付した。試料上下に取り付けた金属容器内にも各 1 個ずつの広帯域圧電トランスデューサを配置し、実験を行った。室温・乾燥・大気圧下で、破壊強度(468 MPa)に達するまで一軸での載荷を制御下で継続し、その後急速に除荷して試料を回収した。試験中に数回、各トランスデューサに矩形波を与えて透過波を計測し、試料内の速度推定を行った。さらに、レーザー Doppler 振動計で圧電トランスデューサ表面の振動を計測し、広帯域圧電トランスデューサの特性を推定した。

### 解析・結果

実験終了から 2 分程度前の時間帯について連続波形を調べ、振幅異常が見られた波形のうち、AE 波形と思われるものの初動(P 波到達時刻)を手動で読み取り、最小二乗法により震源決定を行った。P 波速度(円筒軸方向; 5420 m/s、動径方向; 5430 m/s)は、実験開始前に試料内を透過させた波から推定された値を用いた。イベント波形の S 波部分のスペクトルから圧電トランスデューサの周波数特性を除去することで較正を行い、解析に使用する S 波変位スペクトルを得た。

複数のトランスデューサで S/N の高い記録が得られているイベントについて、得られた変位スペクトルの低周波振幅レベル、S 波速度、震源距離を用いて、地震モーメントとコーナー周波数を推定した。得られたコーナー周波数と地震モーメントの値は、Yoshimitsu et al. (2011) によるものと近い値であり、これまでに見つかっている三乗則の延長上に位置した。このことから、個体による震源パラメタのばらつきは大きくないことがわかった。さらに、AE が単独で三乗則を満たすか否かについて検討を進める。

キーワード: コーナー周波数, 地震モーメント, スケール則, アコースティックエミッション, 岩石破壊試験

Keywords: corner frequency, seismic moment, scaling, AE, rock fracture experiment