

## 三軸伸張試験時における AE の発生様式 AE characteristics in a triaxial extension test

川方 裕則<sup>1\*</sup>, 高橋 直樹<sup>2</sup>, 高橋 学<sup>3</sup>, 吉光 奈奈<sup>1</sup>

Hironori Kawakata<sup>1\*</sup>, Naoki Takahashi<sup>2</sup>, Manabu Takahashi<sup>3</sup>, Nana Yoshimitsu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>立命館大学理工学部, <sup>2</sup>三井住友建設株式会社, <sup>3</sup>産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Ritsumeikan University, <sup>2</sup>Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd., <sup>3</sup>AIST

岩石は互いに凝着した粒状体の集合であるため、大きな偏差応力が加えられた場合、凝着のはがれや粒子の破碎といった微小破壊が発生し、これに伴ったアコースティック・エミッション (AE) とよばれる超音波が観測される。これは地震発生に伴う地震波と同じように、破壊時の変形過程で生じた弾性波である。AE には開口モードの破壊とせん断モードの破壊に対応するものがあり、岩石試料内部で発生する鉱物粒子レベルにおける変形過程をモニターする手法として圧縮破壊試験時に盛んに計測が行われてきた (例えば、Scholz, 1968 ; Lockner et al., 1992)。三軸伸張破壊試験においても最終破断面形成に先行して応力除荷に伴って AE が発生することが期待されるが、その活動様式や頻度についてはよく分かっていない。AE の波形を集録して解析し、その震源分布とその破壊モードを求めることで、三軸伸張破壊時の試料の変形過程が明らかになる。そこで、来待砂岩を用いておこなった三軸伸張試験時に弾性波速度計測と AE 計測を実施し、その変形過程を調べることを本研究の目的とした。ただし、来待砂岩のような空隙率が高い堆積岩の場合、短周期の弾性波が通りづらく、ノイズも高くなることが予想される。そのため、計測システムと解析には後述のような工夫を凝らした。

AE 計測は、圧電素子による電圧信号が設定した閾値を超えたときに記録が保存されるトリガー集録がもたら行われてきた。ノイズが高く生波形で AE の同定が困難な場合、この方法では集録に失敗する。トリガーレベルをノイズレベルよりも高く設定すると、ほとんどトリガーがかからず、イベント波形が集録されない。逆にノイズレベルよりも低く設定すると、トリガーが常時かかりっぱなしになり、システムが適正に作動しなくなる。そこで、本システムでは、100MSPS という高速サンプリングを維持しつつ、6チャンネル同時、1時間程度の連続集録を実現した。

試料は、直径約 50mm、高さ約 100mm の来待砂岩である。圧力容器の蓋を閉じて封圧流体を注入し、封圧を 80 MPa まで昇圧した。静岩圧状態にした後、軸圧が封圧よりも小さくなるよう、0.05 kN/sec の載荷速度で除荷した。除荷時を通じて AE の連続計測を実施した。供試体には伸張による破壊面とともにせん断面も形成されていた。計測された波形記録には大きなノイズが存在し、生波形の状態ではそれほど多くの AE を同定することはできなかったが、フィルターを施すことにより、より多くの AE 波形を同定することができた。連続集録をおこなったことにより、このように事後に適切なフィルターを選択して施し、イベント波形を同定することが可能となる。計測システムの不具合により、2チャンネル分ずつで時計が異なってしまった。共通に含まれているノイズ成分を用いて 4チャンネルまでの同期には成功した。これにより、これら 4チャンネルに含まれる AE については、同一イベントか否かの判別が可能となり、同一イベントの波形については、初動付近は極性を除いて形状は互いに似ていた。また、有意に早く到達した波形は、遅れて到達したものより振幅が大きく、AE の波形の特徴を満たしている。

さらに、AE の初動の極性を利用することにより、破壊モードについての知見を得ることができる。引っ張りによる開口型破壊に伴う AE の場合、すべての素子において初動の極性は押しになるが、せん断破壊に伴う AE では、初動の極性は押しと引きが 4象限に分かれて現れる。今回、すべて押しの AE と押しと引きが混在する AE の 3種類を検出することに成功した。このことは、三軸伸張破壊においてもその破断面から推定されるとおり、開口型の破壊とせん断型の破壊の両者が発生していることを示している。

キーワード: 三軸伸張試験, 来待砂岩, アコースティック・エミッション, 震源メカニズム

Keywords: Triaxial extension test, Kimachi sandstone, Acoustic emission, Focal mechanism