

Ⅲ－18

拘束圧除による三軸圧縮試験と考察

○日本大学大学院 松本 恭一
 日本大学工学部 田野 久貴
 日本大学工学部 渡辺 英彦

1. はじめに

岩盤基礎にダム等の構造物を建設する場合には、岩盤の鉛直方向への荷重増加となる。このような場合の強度や変形性を室内試験から求めるには、一般に行われている拘束圧を一定として軸応力を増加させる試験（以下、軸方向載荷試験）が対応する。しかし岩盤の空洞掘削では軸方向載荷試験とは異なり、拘束圧を減少させる試験（以下、拘束圧除荷試験）が対応すると考えられる。一方、岩石が破壊を起こす際に生じる音（AE）には、破壊過程に対する多くの情報が含まれており、鉱山、炭鉱やトンネルの掘削等の広い分野に多く利用されている。

本研究では、大谷石供試体を用いて軸方向載荷試験と拘束圧除荷試験とを行い、軸方向載荷過程と拘束圧除荷過程におけるAE発生特性の比較について検討を行った。

2. 実験試料および方法

2. 1 岩石試料

岩石試料は直径 50mm、高さ 100mm の円柱形に整形した大谷石を 110℃で 24 時間炉乾燥させたものを用いた。

2. 2 実験方法

軸方向載荷試験は拘束圧を設定値まで載荷したのち、毎分 10kgf/cm² の軸応力を増加した。

拘束圧除荷試験は拘束圧を設定値まで載荷したのち、岩石試料と加圧盤を密着させるために、ある程度の軸荷重（約 500kgf）を載荷してから、毎分 10kgf/cm² で拘束圧を除荷した。軸方向載荷試験、拘束圧除荷試験の載荷条件を表-1 に示す。また実験個数は、各拘束圧につき 3 個行なった。

2. 3 AE測定および解析パラメータ

(1) AEの測定

供試体から発生したAEはセンサーで検出し、プリアンプに送られ、ここで検出したAEを 100 倍に増幅する。増幅されたAEはデータチェンバーに送られ、ここでフィルターにより雑音（ノイズ）を除去し、さらに 10 倍に増幅された後に、AEのパラメータ（計測時刻、発生数、最大振幅、立ち上がり時間、継続時間）として磁気テープに記録される。

(2) AEの解析

上記の方法により測定したAEから、イベントとAEの振幅分布を示すm値について解析を行った。m値は地震学の分野で石田、飯田¹⁾提案されている(1)式を適用し求めた。

$$n = k A^{-m} \cdots (1)$$

ここでAは最大振幅、nは最大振幅A+ΔAまでのAE発生数、kとmは定数である。このm値はAE発生数とその最大振幅を両対数に表し、直線近似したときの傾きより求められる。これより、この値が大きい場合

表-1 拘束圧の設定値

設定番号	設定拘束圧 (kgf/cm ²)	
	軸方向載荷試験	拘束圧除荷試験
1	30	200
2	45	220
3	60	250

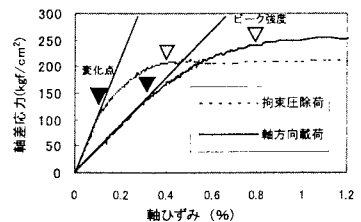


図-1 応力-ひずみ曲線図

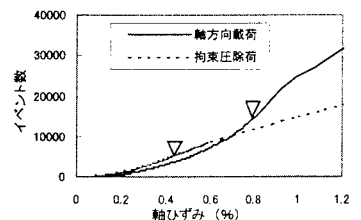


図-2 イベント-ひずみ曲線図

は規模の小さなAEの割合が多く、また小さい場合では規模の大きなAEの割合が多いことを示すことになる。

3. 実験結果

軸方向載荷試験は拘束圧 30kgf/cm²、拘束圧除荷試験は拘束圧 200kgf/cm² として行った場合の結果を示す。

(1) 応力-ひずみ曲線

図-1 に応力-ひずみ曲線を示す。非弾性への変化点を▼、ピーク強度を▽で示した。この図より軸方向載荷ではひずみ 0.8 %でピーク強度に達しているが、拘束圧除荷では 0.4 %でピーク強度に達している。これより軸方向載荷では徐々に変位が増大し破壊が起るのに対して、拘束圧除荷ではそれに比べ変形が小さいうちに破壊に達する傾向にある。

(2) AE イベント-ひずみ曲線

図-2 にAEのイベント-ひずみ曲線を示す。この図より、ピーク強度以前では、両試験ともほぼ同程度のイベント数である。しかし軸方向載荷では 0.4 %付近からAEの発生量が増加する傾向を示すのに対して、拘束圧除荷では少量の増加は見られるが、ほぼ一定の割合で発生する傾向にある。

(3) AE のm値-ひずみ曲線

図-3、図-4 に軸方向載荷と拘束圧除荷時のm値-ひずみ曲線を示す。軸方向載荷では、ひずみ 0.3 %付近と 0.8 %付近でm値に減少傾向が見られる。拘束圧除荷では 0.1 %付近と 0.4 %付近で減少が見られる。両試験とも2カ所でm値の減少がみられるが、最初のm値の減少は図-1 に示した応力-ひずみ曲線が弾性的に変化する点から、非弾性的に変化する付近で観測されている。2カ所目は各々ピーク強度に対応している。両試験を比較すると軸方向載荷のm値は拘束圧除荷よりも全体的に大きな値を示している。これは軸方向載荷では小規模な破壊から大規模な破壊へと計測されるAEの割合が変化しているのに対して、拘束圧除荷では載荷初期から比較的大規模な破壊の割合が多いためと考えられる。

(4) AE エネルギー-ひずみ曲線

図-5 および 6 に軸方向載荷と拘束圧除荷のAEエネルギー-ひずみ曲線を示す。このAEエネルギーは発生したAEの1イベント当たりのエネルギー量である。軸方向載荷ではm値が減少するひずみ 0.3 %付近と 0.8 %付近で連続して大きな値を示している。拘束圧除荷でもm値が減少する 0.1 %付近と 0.4 %付近の2カ所で連続して大きな値を示している。また軸方向載荷と拘束圧除荷を比較すると、拘束圧除荷の破壊は載荷初期から大きなエネルギーのAEが発生している。

4. まとめ

軸方向載荷と拘束圧除荷で発生するAEは、ピーク強度以前ではイベント数には違いは見られなかったが、その発生傾向に違いが見られた。またm値とエネルギーではその発生傾向は同じものの、大きさに違いが見られた。これより、両試験ではピーク強度までに発生するAEの質が異なると考えられる。これらは応力-ひずみ曲線の違いに示された応力経路の異なる破壊の特徴に対応しているようである。

参考文献

- 1) 宇津徳治：地震学第2版，共立全書

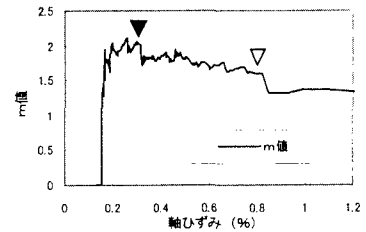


図-3 軸方向載荷試験のm値-ひずみ曲線

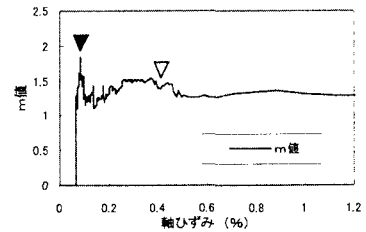


図-4 拘束圧除荷試験のm値-ひずみ曲線

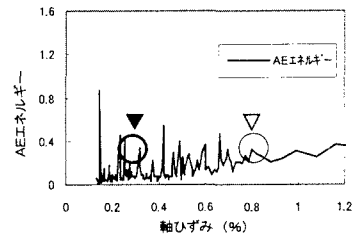


図-5 軸方向載荷試験のエネルギー-ひずみ曲線

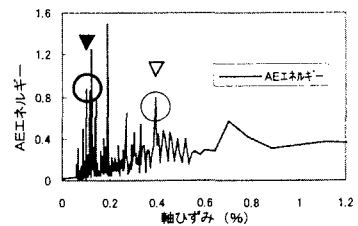


図-6 拘束圧除荷試験のエネルギー-ひずみ曲線