

Ⅲ-A316

凝灰岩の圧縮応力下での破壊に伴うAE発生特性

(株)竹中工務店 正会員 甲村雄一* 下河内隆文* 岩本 宏* 上田貴夫**

1. はじめに

本研究では、岩石や岩盤の破壊寿命を予測する手法を検討する目的で凝灰岩を用いた室内試験を行い、圧縮応力下での破壊に伴う応力-ひずみ特性およびAE発生特性を明らかにした結果について報告する。

2. 試験方法

試験に用いた岩石は、栃木県産の凝灰岩(通称大谷石)である。供試体は一軸圧縮試験(以下圧縮試験と呼ぶ)用は $\phi 35\text{mm} \times h 100\text{mm}$ 、一軸圧縮クリープ試験(以下クリープ試験と呼ぶ)用は $\phi 35\text{mm} \times h 70\text{mm}$ で作製した。作成後の供試体は室内で1ヶ月以上自然乾燥した後それぞれの試験に供した。圧縮試験は一定速度で応力を増加させる方法(0.01MPa/sec)で、また、クリープ試験は前述の応力速度で載荷していき、所要の応力に達した後一定応力を保つ方法で実施した。応力は供試体上部のロードセルで荷重を測定し、これを供試体の初期断面積で除すことにより求めた。加圧軸方向のひずみ(以下軸ひずみと呼ぶ)は図-1に示すように供試体側部の2点間(測定間隔 50mm)の変位を測定し、2点間の平均的な軸ひずみを求めた。周方向のひずみ(以下周ひずみと呼ぶ)は供試体側面に設置したチェーン端部間の変位を測定し、供試体が同心円状に均一に変形すると仮定して求めた。また、AE計測は供試体下部の金属製加圧版に接着した共振周波数 30KHz のセンサーにより行った。

3. 応力-ひずみ特性

圧縮試験で得られたすべての供試体での応力-ひずみ曲線を図-2に、また、クリープ試験で得られた時間-ひずみ曲線の代表例を図-3に示す。なお、図-3は所要の応力まで載荷する過程も含めた時間-ひずみ曲線である。福井ら¹⁾は室内においてクリープ試験を実施し、3次クリープ領域では破壊寿命(任意の時刻から破壊時刻までの時間)と軸ひずみに関するひずみ速度(単位時間あたりのひずみの変化量)との間に(1)式が成り立ち、また、この関係が実際の岩盤で成り立つとすればひずみの計測結果から岩盤構造物の破壊寿命を予測できる可能性があることを指摘している。

$$\log \dot{\epsilon}' = -\log T + a \quad (1)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}'$: ひずみ速度、 T : 破壊寿命、 a : 定数である。今回の試験結果を用いて破壊寿命とひずみ速度との関係を求めた結果の代表例を図-4および図-5に示す。クリープ試験と同様に圧縮試験においてもひずみ速度と破壊寿命の関係は、破壊近傍においては両対数グラフ上で直線関係を示す。また、この関係は軸ひずみおよび周ひずみのいずれにおいても見られることがわかる。軸ひずみと周ひずみで直線関係を示す領域での傾きが異なることを考慮すると、ひずみ速度と破壊寿命との関係は(1)式を改良した(2)式で表すことができる。

$$\log \dot{\epsilon}' = -b \cdot \log T + c \quad (2)$$

ここで、 b, c : 定数である。岩盤の破壊に伴って生じるひずみの値は微小であり、特に原位置で微小なひずみ

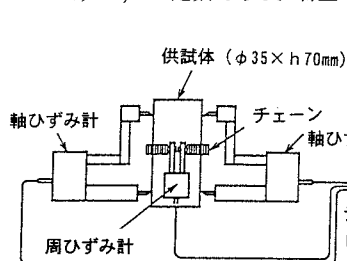
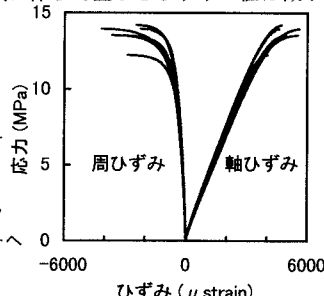
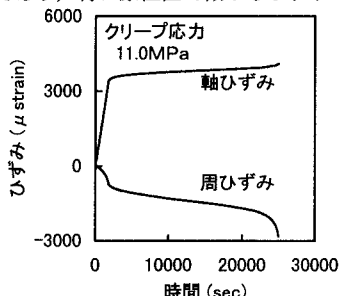


図-1 実験装置の概念図

図-2 応力-ひずみ曲線
(圧縮試験)図-3 時間-ひずみ曲線
(クリープ試験)

キーワード: 岩石, 破壊, 予測, 応力-ひずみ特性, AE

*〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 (株)竹中工務店 技術研究所 TEL 0476-47-1700 FAX 0476-47-3080

**〒104-8182 東京都中央区銀座 8-21-1 (株)竹中工務店 LNG 本部 TEL 03-3542-7100 FAX 03-3545-0974

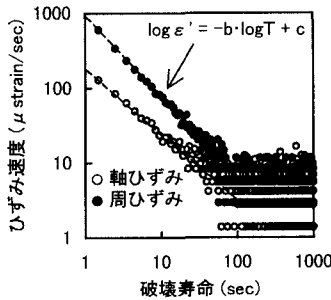


図-4 ひずみ速度と破壊寿命との関係(圧縮試験)

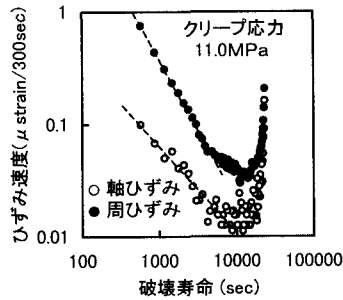


図-5 ひずみ速度と破壊寿命との関係(クリープ試験)

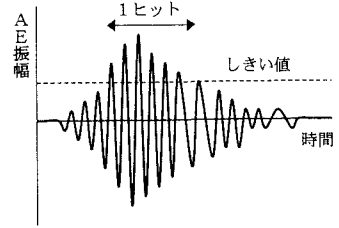


図-6 AE 計測データの説明図

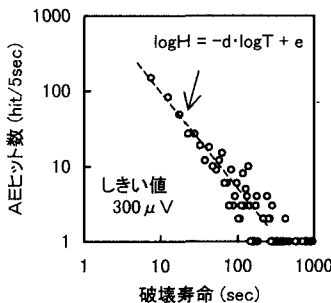


図-7 AE ヒット数と破壊寿命との関係(圧縮試験)

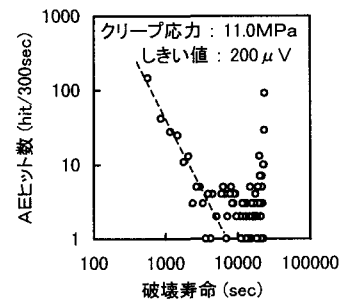


図-8 AE ヒット数と破壊寿命との関係(クリープ試験)

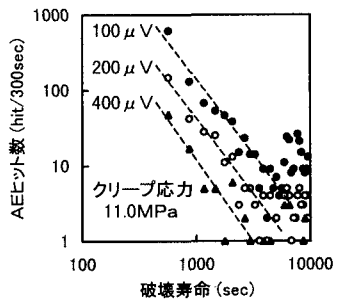


図-9 しきい値を変化させた場合の結果の比較

を正確に測定することは困難であると考えられる。図-2～図-5に示すように、破壊近傍では軸ひずみに比べて周ひずみの発生が顕著である。このことから、圧縮応力下における破壊寿命を(2)式を用いて予測する場合には、周ひずみ、すなわち最小主応力方向(圧縮を正)のひずみを用いることが得策であると考えられる。

4. AE発生特性

AE計測時に得られるAE信号の波形を図-6に模式的に示す。図に示すようにしきい値を設定し、しきい値を超える振幅のパルスを1ヒットとし、AEヒット数と時間との関係を計測した。図-7および図-8に単位時間あたりのAEヒット数と破壊寿命との関係を示す。AEヒット数と破壊寿命との関係は、圧縮試験およびクリープ試験のいずれにおいても破壊近傍で(2)式と同様な形の(3)式で表されることがわかる。

$$\log H = -d \cdot \log T + e \quad (3)$$

ここで、H：単位時間あたりのAEヒット数、d、e：定数である。すなわち、ひずみと同様に(3)式を用いてAE計測データにより圧縮応力下における破壊寿命を予測できる可能性が推察される。クリープ試験時にしきい値を3段階設定し、それぞれのしきい値に対するAEヒット数と時間との関係を計測した結果を比較したものを図-9に示す。いずれのしきい値においても、AEヒット数と破壊寿命との関係は破壊近傍で(3)式の関係が成り立つが、しきい値が小さいほど成り立つ時間範囲が広いことがわかる。このことから、破壊寿命を早期に予測するには、可能な限り微小なAE信号を測定することが必要であると考えられる。

5. まとめ

凝灰岩を用いた室内試験により破壊に伴う応力-ひずみ特性およびAE発生特性の評価を行った結果、ひずみ速度およびAEヒット数と破壊寿命との関係は、応力が増加して破壊に至る場合と一定応力下で破壊に至る場合のいずれにおいても同じ形の簡単な式で表すことができることがわかった。また、この関係が実際の岩盤でも成り立つとすれば、ひずみやAE計測データから岩盤構造物の破壊寿命を予測できる可能性が推察される。

参考文献 1) 福井他：「一軸圧縮荷重下での岩石のクリープ特性」資源・素材学会誌, Vol.105, No.7, pp.521-526, 1989.