

岩石の post failure領域における変形特性

愛媛大学工学部 正会員 稲田 善紀
 復建調査設計(株) 正会員 天満 真士
 (株)島津製作所 長谷川 忠

1. はじめに

岩石の post failure 領域においては応力-歪曲線が負の傾きを持つ Class I と正の傾きを持つ Class II とに分類され、とくに Class II の岩石についてはこれまでに歪または変位を単調に増加させたのでは制御しきれないことが指摘されてきた¹⁾。このため Hudsonらによって横歪速度を一定にするなどのいくつかの方法が試みられてきたが十分な結果が得られなかった。これに対し東大の西松らはサーボコントロール試験機を用い歪速度だけでなく応力速度も feed back信号として用いた制御方法を採用して、一軸圧縮試験を行い post failure領域での制御に成功した²⁾。しかし、この方法では岩石によってはかなりの試行錯誤を行わねばならない欠点がある。本研究では1つの方法として破壊強度直前までを歪速度のみの制御を行い、それ以後は歪速度と応力速度を feed back信号とする制御を併用する方法を提案し、これにより残りの応力-歪曲線を求めた結果を述べる。

2. 実験に用いた岩石

本実験に使用した岩石は、花崗岩、安山岩、大理石および凝灰岩である。供試体は同一ブロックにおいて同一方向に採取したφ2.3×4.6cmの円柱供試体とした。また、岩石の異方性(石の目)を知るために弾性波伝播速度測定器を用いた。測定結果より異方性は花崗岩のみに見られたので花崗岩では石の目と軸圧が垂直な場合と平行な場合との2通りで実験を行った。

3. 制御方法

Class II の特性を持つ試験片を歪速度一定のもとで試験をすると、図1のB点以降では式(1)で決定される縦線と応力-歪曲線とは交わらなくなる。したがって命令を実行できなくなり、残りの応力-歪曲線は求められなくなる。このような場合には定数E'を適当に選び、式(2)に示す命令を試験機に与えることによって図2に示すように、斜線と応力-歪曲線とはB点以降も交わり制御可能となる。

$$\varepsilon = c \cdot t \quad (1) \quad \varepsilon - \sigma / E' = c \cdot t \quad (2)$$

ただし ε : 歪 σ : 応力 t : 時間 c : 歪速度 E' : 制御の傾き

しかし、試験開始からすべてを式(2)の命令で制御するには岩石によってはかなりの試行錯誤を要する欠点がある。なぜなら、A点までは岩石の応力-歪曲線の接線ヤング率よりも大きい傾きの制御を用いねばならないからである。本研究では1つの方法として図3に示すようにA点直前までを式(1)で制御し、それまでに得られた応力-歪曲線の傾きを考慮してE'を選定し、それ以後は式(2)で制御する方法を用いた。

ここでE'の選定について述べる。

接線ヤング率をEとすると、制御できる条件は、

A点までは、

$$\frac{d\sigma}{dt} > 0 \text{ より, } E' > E$$

また、A点以降は、

$$\frac{d\sigma}{dt} < 0 \text{ より, } E' < E$$

となる。

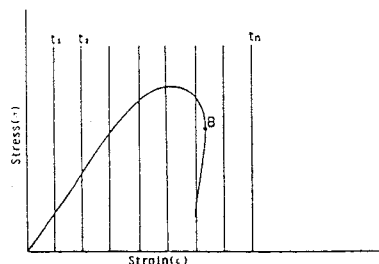


図1 $\varepsilon = c \cdot t$ の制御

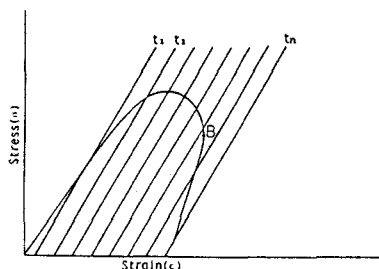


図2 $\epsilon - \sigma / E' = c \cdot t$ の制御

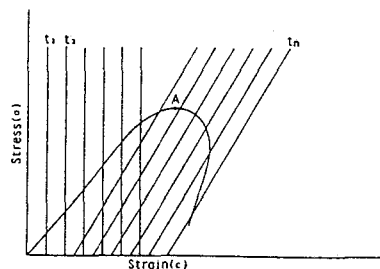
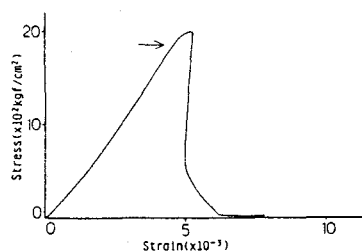


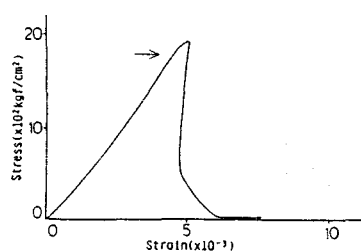
図3 $\epsilon = c \cdot t$ と
 $\epsilon - \sigma / E' = c \cdot t$ の制御

4. 実験結果

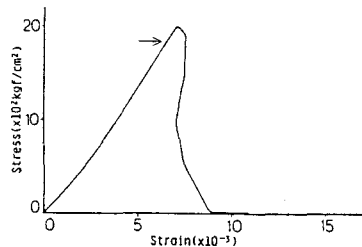
図4に実験結果の代表例を示した。また、矢印は制御を切り換えた位置を示した。凝灰岩および大理石は Class I に、花崗岩および安山岩は Class II の岩石に属していることがわかる。なお、花崗岩の異方性についての差は破壊のピーク値に現れた程度で、変形特性には大きな差はみられなかった。また、制御の切り換えはコンピュータのキー1つで容易に行えた。



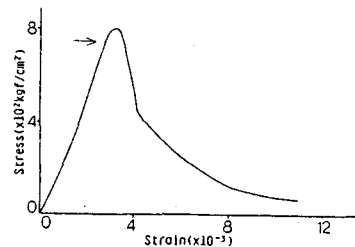
(a) 花崗岩(石の目に垂直)



(b) 花崗岩(石の目に平行)



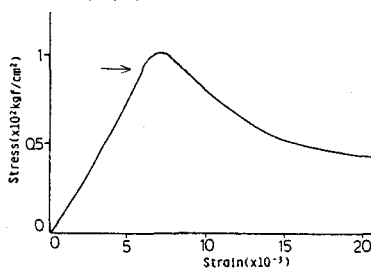
(c) 安山岩



(d) 大理石

5. おわりに

これまで得ることが困難であった Class II の応力-歪曲線は従来からの歪速度を制御する方法に加え途中から歪速度と応力速度を feed back 信号とする制御を併用することによって容易に得られることを提案した。今後は、応力-歪曲線の精度を上げることにより、岩石の破壊挙動との関連性を検討したいと思っている。



(e) 凝灰岩

図4 岩石の応力-歪曲線

参考文献

- 1) Wawersik, W. R. & Fairhurst, C. : Int. J. Rock Mech. and Min. Sci., 7, pp. 561~575, 1970.
- 2) 大久保誠介・西松裕一: 日本鉱業会誌, 100, pp. 1052~1056, 1984.