

III-A 327

顕微鏡下変形実験装置の開発とその適用

埼玉大学大学院 学生員 ○武石 裕幸  
 埼玉大学工学部 正会員 長田 昌彦

1. はじめに

岩石・岩盤の変形特性は、その中に含まれる大小様々な割れ目系の挙動に大きく支配されている。割れ目系を有する材料がある応力場におかれた場合、個々の割れ目に沿ってどのような変形が生じ、割れ目系全体としてどのような構造変化を生じるかは興味ある問題である。岩石材料の破壊過程を直接可視化しようとする試みはかなり古くから行われている。Means[1]は粒状材料を70%まで変形させ、この間の粒子の移動や割れ目面上での変位などの微細構造の変化を透過光を利用して調べている。また岩松・山田[2]は高圧容器内にポアスコープを設置し、共役なせん断割れ目の形成過程について論じている。最近ではSEM[3]や実体顕微鏡[4]が利用されている。

本研究では実体顕微鏡下における変形実験装置を開発し、微小割れ目を含む岩石の変形挙動についていくつかの例を紹介する。

2. 顕微鏡下変形実験装置の概要

本装置の概略図を図-1に示す。本装置は大きく分けてアクリル製の円筒三軸セル、載荷装置、実体顕微鏡の3つの部分から構成されており、実体顕微鏡に設置したCCDカメラを通して実験中の供試体の表面構造が観察できる。三軸セルは耐圧10kgf/cm<sup>2</sup>で、軸荷重は200kgfまで負荷することができるほか、透水試験もあわせて実施することが可能な構造となっている。CCDカメラから取り込んだ映像は最大6mm四方から最小1mm四方の領域を表示でき、XYステージにより供試体表面をくまなく観察できる。なお、本試験では2×2×5cmの角柱供試体を用い、ロードセルからの荷重とピストンの変位を記録した。

3. 直接引張試験の例

18MPaの拘束圧下で破壊させた来待砂岩を角柱供試体に整形し直接引張試験を実施した。供試体の端面はエポキシ系の接着剤でペDESTALに固定している。図2(a),(b)はそれぞれ試験前後の供試体表面での割れ目の状態を表わしている。図3は主亀裂の開口幅

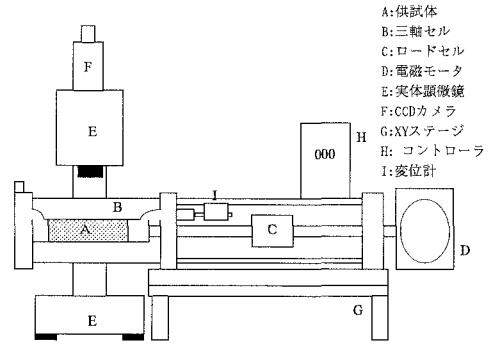
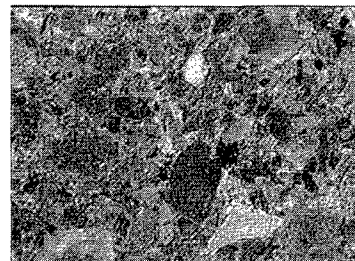
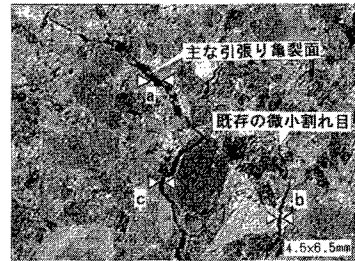


図1 顕微鏡下変形実験装置の概略図



(a) 試験前



(b) 試験後

図2 引張試験前後における亀裂分布

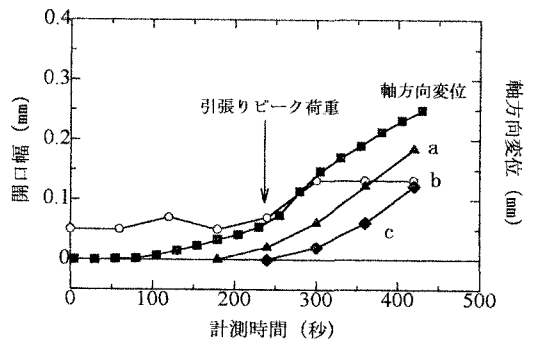


図3 主な亀裂の開口変位の時間変化

（軸方向変位）の時間変化を示したものである。図2に示された点a・b・cと図3の各線は対応させてある。また外部変位計で計測した変位量もあわせてプロットしてある。図3より、ピーク荷重付近においてc点を通る引張亀裂が発生し、この亀裂が成長するにつれてb点での開口変位が停止していることがわかる。a・c点における開口変位と外部変位計で計測した変位の勾配はほぼ等しくこれらの亀裂においてほとんどの変位を吸収していると考えられる。

#### 4. 一軸圧縮試験の例

引張試験と同様に、破壊させた来待砂岩を用いて一軸圧縮試験を実施した。図4(a),(b)はそれぞれ試験前後の供試体表面での割れ目の状態を表わしている。ただし供試体を設置する際に元々のせん断面に沿って亀裂が開いてしまったが、一部はブリッジ状につながっている。図-5は主な亀裂の開口変位の時間変化を示している。試験の初期には、b・c点を通る亀裂に沿うせん断に伴い計測点では開口が生じており、せん断に伴うダイレイタンスーと対応していると考えられる。次にピーク強度の少し前において、a点を通る引張亀裂が発生し、それに伴ってb・c点における開口変位量も増加している。ピーク強度以降はどの点も開口幅が狭まる傾向にあることがわかる。

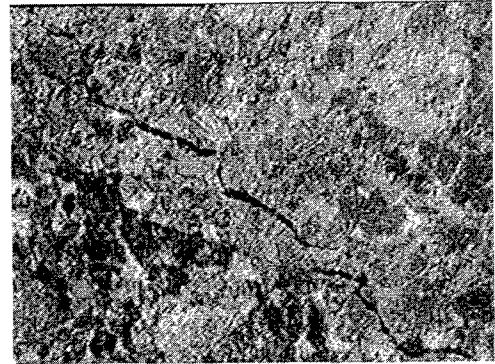
#### 5. 結論と今後の課題

本研究では実体顕微鏡下における変形実験装置を開発し、微小割れ目を含む岩石の変形挙動についていくつかの例を紹介した。

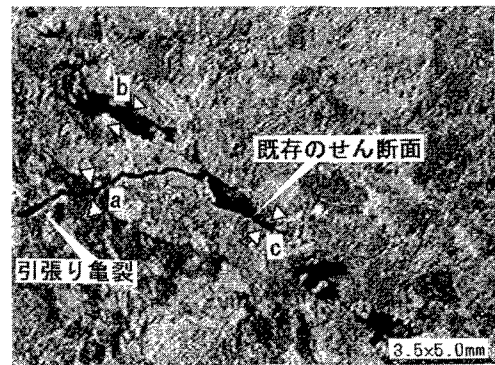
今後データの蓄積に努めるとともに、本研究の目的である割れ目系全体として構造変化について検討していく予定である。

#### 参考文献

- [1] Means, W. D. (1977) : A deformation experiment in transmitted light. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 35, 169-177. [2] 岩松暉, 山田和広(1988) : ポアスコープを用いた高圧下における岩石破壊過程の直接観察, 第九回西日本岩盤工学シンポジウム論文集, 24-27. [3] Zhao, Y., Huang, J., Wang, R. (1993) : Real-time SEM observations of the microfracturing process in rock during a compression test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 30(6), 643-652. [4] Ichikawa, Y., Wang, J., and Jeong, G. - C.(1995): Uniaxial compression test of heterogeneous crystalline rock under microscope observation and its homogenization analysis. *ISRM*, 227-231.



(a) 試験前



(b) 試験後

図4 一軸圧縮試験前後における亀裂分布

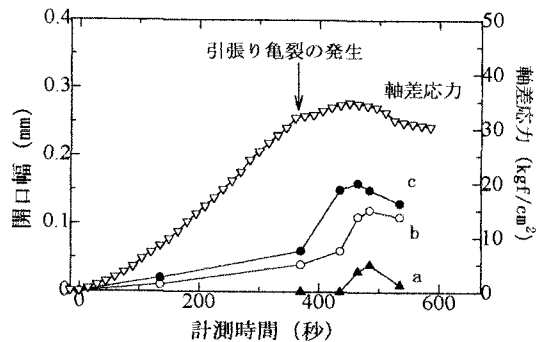


図3 主な亀裂の開口変位の時間変化