

京都大学工学部 ○佐野 修 (学生会員)

〃 柳谷 俊 (正会員)

〃 寺田 孝 (正会員)

1. はじめに

地殻変動, 地震, 地下の南炭活動などにもよって岩石は繰返し応力を受けることが多い。このような場合の岩石の挙動についての詳細な研究は少ない¹⁾²⁾。Scholz 等は, 地震およびその前駆現象を説明するため dilatancy-fluid-diffusion model を提唱した³⁾。レガレ, 地震が同じ場所で再び発生する際にも, dilatancy が起こるためには, 前回の dilatancy は recovery していなければならない。そこで, 岩石の一軸圧縮繰返し試験時に得られる体積ひずみ曲線から dilatancy およびその recovery を見出し, Fig. 1 に示されている crack model でその機構を説明した⁴⁾。筆者らは花崗岩の直径 2.5 cm, 長さ 5 cm の円柱形試料を用いて一軸圧縮繰返し試験を行い, その際の体積ひずみ曲線を求めると同時に発生した AE をモニター。両者の関係について考察したので, その結果について報告する。

II. 実験方法

実験装置の概要は Fig. 2 のブロック図に示すとおりである。体積ひずみ曲線は 2 枚の S 方向型ストレインゲージを試料側面に相対して接着して測定した。AE の測定装置はすでに報告しているので参考文献を参照されたい^{4)~6)}。

III. 実験結果とその考察

得られた体積ひずみ曲線 (Fig. 3) および AE の積算数 (Fig. 4) は典型的な疲労現象を表わし, 1 サイクル当りの体積ひずみと AE のカウント数は繰返しと共に急速に減少し, 定常状態を経た後加速的に増加する。dilatancy および dilatancy recovery の開始応力を繰返しサイクル頂にプロットしたものが Fig. 5 である。dilatancy recovery の開始応力は繰

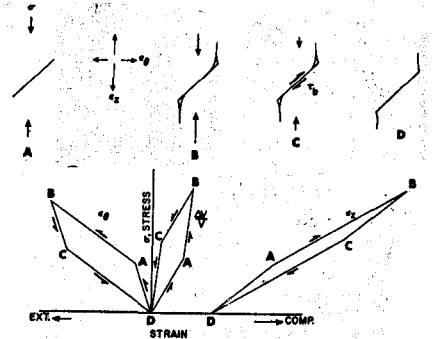


Fig. 1 A simple model for dilatant hysteresis. (after Scholz and Kranz [1974])

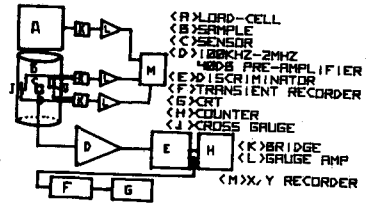


Fig. 2 apparatus

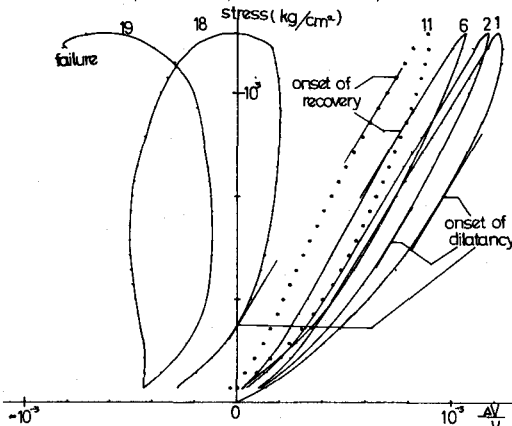


Fig. 3 Stress-volumetric strain, cycle numbers are indicated.

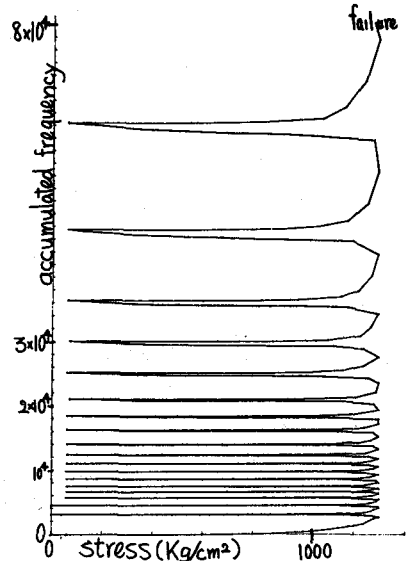


Fig. 4 Accumulated frequency of AE during dynamic fatigue experiment

返しを経るごとにゆつくりと増大し、peak-stressとの差は減少する。dilatancyの開始応力は2回目以後はrecoveryの場合と同様の割合で順次低下する。これは、繰返し荷重により、既成のmicro-crackが荷重時には順方向に、除荷時には“internal back stress”⁴⁾により逆方向にすべるため、crack表面が摩擦し、表面の摩擦係数がだいに減りていくためと考えられる。同時にモニターされたAEをFig. 6に示す。

Fig. 6は1~4回の繰返しの際、各々のサイクルに発生したAEの積算数を各応力レベルごとに示したものである。最初の荷重の際に発生したAEは体積ひずみ曲線に見られるdilatancyとよく一致している^{5), 6), 7)}。2回目以降は、発生パターンは大幅に異なり、dilatancyと一致していない。これはいわゆるKaiser 効果として知られている⁸⁾。dilatancyが繰返しと共に増加しているにもかかわらず、比較的高い応力レベルに試験がおこなわれている時以外には、AEがほとんど検出されていない。これはScholz等のcrack modelで仮定されているcrack-slipの際に発生するAE波が筆者らの設定したthreshold level (50dB, 90mV)より非常に低いレベルであったためか、設定した100KHz~2MHzの周波数範囲外にあるものと考えられる。

IV. おわりに

岩石の一軸圧縮繰返し試験時に得られる体積ひずみ曲線は、Scholz等のcrack-modelでよく説明される。Scholz等は、より低いstress levelでdilatancyが開始しはじめ、より高い応力レベルでdilatancyはrecoveryするように振る舞うのは、クラックの表面の摩擦係数が減少するためほどによるものであると主張したが、Byerlee⁹⁾は同様の実験を行い、dilatancy開始応力が低下する割合に比べ、recoveryの開始応力の増大の割合ははるかに小さいので、摩擦係数の変化だけでは説明しきれないと述べている。筆者らは、Fig. 5に示したように、最初の荷重時を除けば、dilatancyとdilatancy recoveryの開始応力はほぼ同様の割合で変化していることを確認した。最初の荷重時は、2回目の場合と大きく異なり、傾斜したクラック端で発生するtensile crackを主体とするnew-crackによりdilatancyが起こり、それ以後にみられるcrack-slipと最大応力付近でのcrackの伸展とは異なるためと考えられる。

参考文献

- 1) H. R. Hardy, Jr. and Y. P. Chugh: 6th Symposium on Rock Mech, Canada, 1970
- 2) B. C. Hainson: I.S.R.M. Theme 1-E, 1974
- 3) C. H. Scholz, L. R. Sykes, Y. P. Aggarwal (中村-明記): 科学 vol 43, pp 541, 1973
- 4) C. H. Scholz, R. Kranz: J. Geophys. Res. vol 79, pp 2132, 1974
- 5) 柳谷, 佐野, 寺田: 第9回土木学会岩石力学シンポジウム講演集, 1974
- 6) 佐野, 柳谷, 中島, 寺田, 伊藤: 昭和50年度日本鉱業会春季大会要旨集, 1975
- 7) 柳谷, 佐野, 屋久, 寺田, 伊藤: 昭和50年度日本材料学会春季大会要旨集, 1975
- 8) C. H. Scholz: J. Geophys. Res. vol 73, pp 1417, 1968
- 9) 丹羽, 小林, 福井, 小松: 昭和50年度土木学会関西支部講演会 II-42, 1975
- 10) Mark D. Zoback and James D. Byerlee: J. Geophys. Res. vol 80, pp 1526, 1975

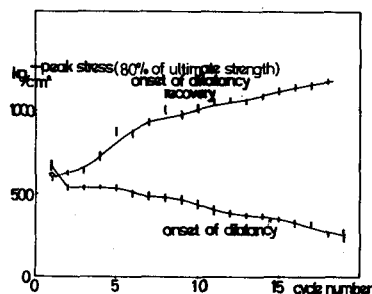


Fig 5 Onset of dilatancy and dilatancy recovery affected by the repeated cycling.

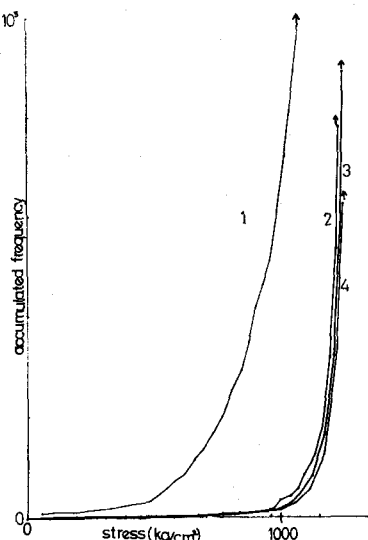


Fig. 6 Accumulated frequency of A.E. observed during each cycle. Cycle numbers are indicated.