

氏名	佐野 修 さ の おさむ
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第598号
学位授与の日付	昭和54年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科資源工学専攻
学位論文題目	FUNDAMENTAL STUDY ON THE MECHANISM OF BRITTLE FRACTURE OF ROCKS (岩石の破壊機構に関する基礎的研究)

論文調査委員 (主査) 教授 伊藤一郎 教授 平松良雄 教授 吉住永三郎

### 論文内容の要旨

静的荷重下にある岩石の破壊には、微小破壊の発生が重要な役割を果していると考えられる。本論文は、微小破壊の発生に対する荷重条件の影響、主破壊に先立って示す各種の非弾性的挙動と微小破壊との関係などについての理論的ならびに実験的研究の結果をまとめたもので、緒論、結論を含めて9章より成っている。

第1章は緒論で、本研究に関連する従来の研究を展望し、さらに本研究の目的と内容について述べている。

第2章では、本研究における理論的考察の基礎となる前提について述べている。まず、岩石中に生ずる微小破壊は、潜在するクラックの先端に生ずる局所引張応力がその岩石の原子間結合力に等しくなったときに発生すると考え、ついで潜在するクラックが応力腐蝕により伸長し、その長さが時間的に変化するという仮定のもとに、微小破壊現象を解明するための新しい解析モデルを提案している。また、このモデルによれば、クラック長の分布関数はクラック長と時間に関する非線型一階偏微分方程式の解で与えられることを示し、荷重条件により与えられる平均応力のもとでこの偏微分方程式の解を求めれば、発生する微小破壊の頻度及び非弾性体積ひずみの増加率などを求めることができると述べている。

第3章では、本研究を通じて用いた実験装置、実験方法及び岩石試料について述べている。まず、試験機としてはサーボ制御機構を有する剛性圧縮試験機を用いたために、変形挙動を支配する種々の要因と変形挙動との関係を明らかにするための資料が得やすくなり、耐荷能力を失った後の変形挙動をも詳しく測定できるようになったことを述べ、次に、荷重時の端面拘束効果を除くために試料直径よりやや大きい荷重板を用いるなどの測定上及び試料作成上の工夫改良を重ねることにより、極めて精度の高い測定値が得られるようになったことを説明している。

第4章より第7章に至る各章では、軸方向変形速度一定の一軸圧縮荷重、荷重一定の条件下での長時間荷重、周期的荷重の繰返し荷重及び軸方向変形一定の圧縮荷重のそれぞれの場合について、上記のモデル

による解析結果と花こう岩及び花こう閃緑岩を用いて行った実験結果とを比較検討し、両者がよく一致することを示している。そのほか、第4章では、非弾性体積ひずみの増加率及び微小破壊に伴って伝播する応力波（以下A.E. と略称する）の発生頻度は、応力速度及び平均応力のそれぞれべき乗に比例する関係を有することを明らかにし、これらの関係を示すべき指数は、クラックの伸長速度が平均応力のべき乗に比例するとしたときのべき指数 $b$ の値と、クラック長の初期分布がクラック長のべき乗に反比例するとしたときのべき指数 $m$ の値の組み合わせにより表わすことができると述べている。さらに、実験結果より求めた上記2種類の岩石の $b$ 値は、同種の岩石について他の研究者が求めた結果ともよく一致することを示している。第5章では、荷重一定の条件下での長時間載荷時に生ずる非弾性体積ひずみの増加率及びA.E.の発生頻度は載荷時間のべき乗と反比例関係にあることを示し、さらにこの長時間載荷実験の結果より求めた $b$ 値は第4章で求めた結果とも矛盾しないことを述べている。第6章では繰返し載荷による疲労現象について、第7章では軸方向変形一定の条件下で載荷した場合の応力緩和について検討している。まず、繰返し数が十分に大きい場合に発生するA.E.の頻度は、載荷、除荷に関係なく応力の大きさのみに依存することを理論的及び実験的に立証し、さらに、軸方向変形一定の条件下で生ずる応力緩和現象は、岩石内部に生ずる微小破壊により有効ヤング率が低下することと関連づけて説明しうると述べている。

第8章では、最大荷重を受けた後の岩石の変形挙動について研究した結果を述べている。すなわち、径方向変形を試験機の制御信号に用いる新しい方法を採用し、5種類の岩石を試料として径方向変形速度を一定に保った一軸圧縮剛性試験を行い、その結果より、たとえば著者が試料として用いた花こう岩や花こう閃緑岩は、最大荷重を受けた後においても、みずからその内部に貯えたひずみエネルギーを放出しつつ変形を続け、遂には破壊に至るといふ特異な変形特性を示すことを見出し、これら2種類の岩石がWawersikらの分類に従えばclass II型の岩石と見なしうることを指摘している。

第9章は結論で、以上の成果を要約したものである。

## 論文審査の結果の要旨

静的荷重下にある岩石の破壊には、微小破壊の発生が重要な役割を果たしていると考えられる。本論文は、微小破壊の発生に対する載荷条件の影響、主破壊に先立って示す各種の非弾性的挙動と微小破壊との関係などについての理論的ならびに実験的研究の結果をまとめたもので、得られた成果の主なものは次のとおりである。

1. 載荷された岩石の内部に生ずる微小破壊は、潜在するクラックが応力腐蝕により伸長し、その長さが時間的に変化する現象と密接な関係をもつという仮定のもとに、微小破壊現象を解明するための新しい解析モデルを提案した。このモデルによれば、クラック長の分布関数は、クラック長と時間に関する非線型一階偏微分方程式の解で与えられることを示し、載荷条件により与えられる平均応力のもとでこの偏微分方程式の解を求めれば、発生する微小破壊の頻度や非弾性体積ひずみの増加率などの岩石の非弾性的挙動に密接な関係をもつ諸特性を明らかにしうることを示した。

2. 軸方向変形速度一定の一軸圧縮載荷、荷重一定の条件下での長時間載荷、周期的荷重の繰返し載荷及び軸方向変形一定の圧縮載荷のそれぞれの場合について、上記の偏微分方程式の解を求め、岩石の非弾

性的挙動，クリープ特性，疲労特性及び応力緩和現象を理論的に説明した。

3. 均質ち密な岩石を試料として仕上精度の高い供試体を作り，剛性圧縮試験機を用い，供試体の全周上のひずみが均一であることを確かめながらこれに載荷することにより，同一岩石から採取した多くの供試体について極めて精度の高い測定値を得ることに成功した。その上で愛媛県大島産花こう岩及び新潟県南魚沼郡産花こう閃緑岩を試料として上記の各種の載荷試験を実施し，その結果と解析結果とを比較し，両者がよく一致することを認めた。これにより，著者の提案したモデルによる解析結果を用いれば，上記の各載荷条件のもとで主破壊に先行して生ずる微小破壊及びこれらに関連して生ずる各種の非弾性的挙動を包括的に説明しうることを明らかにした。

以上を要するに，本論文は，岩石の示す非弾性特性を主破壊に先立つ微小破壊の発生，伸長によって理論的に説明し，解析結果の妥当性を精密な実験により検証したもので，学術上はもとより岩盤内構造物の安定に係わりの深い工業上にも寄与するところが少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。