

氏名	小林 昭一 こばやし しょういち
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第542号
学位授与の日付	昭和47年9月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	岩質材料ならびにそれより成る系のぜい性破壊規準に関する基礎的研究
論文調査委員	(主査) 教授 丹羽義次 教授 岡田 清 教授 山田善一

### 論文内容の要旨

本論文は、岩質材料ならびにそれより成る系のぜい性破壊の機構および規準について基礎的な研究を行ったもので、Ⅲ部より成っている。

第Ⅰ部は、その理論的な考察を述べたものである。

第1章では、混合、多相材料ないしそれより成る系の破壊に関する基本概念を述べ、つぎに一般的な破壊開始条件を準微視的な立場から考察し、さらに巨視的な立場から検討を加え、これを一般化した応力およびひずみ空間内の曲面として表示することを提案している。そして、その特別の場合として、破壊が載荷経路の影響をうけず、等方均質でしかも応力-ひずみが一義的に定められると仮定できる場合には、破壊曲面は主応力空間内の固定した曲面として表わしうることを明らかにしている。また、この曲面の一般的な特性を Drucker の物質の安定性の解釈に基づいて検討し、一般には凸面であることを示している。

第2章では、等方均質岩質材料ならびにそれより成る系について、一様応力ないしひずみ場を生ずるような短時間比例載荷の下での破壊規準を検討している。まず、いままでに提案された主な巨視的な破壊規準について、その物理的意味を考察し、つぎに Griffith の微小マクロ的モデルの概念に立脚して準微視的な破壊規準を検討し、一般的な楕円クラックを対象として Griffith 理論を一般化している。同時に修正 Griffith 理論にも言及し、数学的スリット・モデルやせん断応力破壊説を適用した二、三の変形した理論を展開し、それらの破壊規準の物理的意味を考察している。つぎに巨視的および準微視的な破壊規準の対応について考察し、状態パラメーターの概念を導入して両者の等価性に新しい解釈を加えている。さらに二変数表示による破壊規準を主応力空間内の曲面として表示することを試み、その方法ならびに三次元に拡張するための基本概念を示している。そして、従来から提案されている巨視的な破壊規準ならびに準微視的な一般 Griffith 理論を三次元主応力空間内の曲面に拡張し、その具体的な形状について詳細な検討を加え、注目すべき結論をえている。

第3章では、異方性岩質材料ならびに岩系の破壊の機構および規準について検討している。まず等方均

質マトリックス内の弱面群，クラックないしスリット群を含む二次元力学モデルに，巨視的な破壊規準ならびに，引張およびせん断応力に対する準微視的破壊規準を適用して，その破壊特性を検討している。また異方性マトリックス内に潜在クラックを含むモデルについて破壊規準を考察し，それらの二次元破壊規準を三次元主応力空間に拡張して，その具体的な形状を詳細に検討している。

第II部は実験的な考察を述べたものである。

第1章では，アクリライト，フライアッシュ・セメント・ペーストおよびセメント・ペースト内の，単一ならびに多数のスリットあるいはインクルージョン周辺からのクラックの発生ならびに伝播，成長過程について，系統的な基礎的実験を行ない，その破壊過程の特性を詳細に明らかにするとともに，一般および修正 Griffith 理論等の適用性について検討している。

第2章では，巨視的な立場にたって，組み合わせ応力の下での等方均質材料の破壊規準について実験を行ない，その特性を検討している。すなわち，セメント・ペースト，モルタル，コンクリート，軽量コンクリートおよび砂岩，チャートについて，二軸および三軸圧縮域での破壊曲線ならびに曲面を決定している。さらにモルタルに関しては圧縮-引張域での破壊曲線をも求めている。これらの実験結果から，第I部で推論した破壊曲面は全般的に実験結果とよく一致することを明らかにし，その一般的な傾向を考察している。

第3章では，異方性岩質材料ならびに岩系，すなわち結晶片岩ならびに，多層の弱面ないし弱層，多数の規則的なスリットないしインクルージョンを含む岩盤系モデルについて，その破壊の機構および規準の特性を明らかにしている。そして，それらの結果から第I部で推論した破壊規準は，適確かつ十分一般的であると結論している。なお，拘束圧の効果についても注目すべき成果をえている。

第III部では，岩質材料の代表的な試験法における供試体内の応力分布を，材料の構造特性を導入する試みとして，線形カップル・ストレス理論を適用して解析している。

第1，2章では，解析に際しての基本的な考え方，線形カップル・ストレス理論の概要とその古典弾性学および線形マイクロポラー理論との関連について述べている。

第3章では，一軸圧縮試験における直方体供試体内の応力分布を Fourier 級数展開法ならびに有限要素法により求め，応力分布に及ぼす加圧盤からの端面拘束，ポアソン比ならびにカップル・ストレスの影響を詳細に検討し，価値ある多くの結論をえている。

第4章では，割裂ならびにリング試験供試体内の応力分布を Fourier-Bessel 級数展開法によって求め，載荷巾，ポアソン比ならびにカップル・ストレスの影響を検討し，カップル・ストレスの応力分布の一樣化に対する顕著な効果をはじめ，多くの知見をえている。

第5章では，インデンテーション試験供試体内の応力分布を解析している。

第6章では，異方性線形カップル・ストレス理論を誘導し，これを用いて一軸圧縮およびインデンテーション試験における直交異方性供試体内の応力分布を差分法を用いたデュアル・リラクゼーション法により求め，とくに異方性の顕著な影響を指摘している。

結言では，本研究でえられた主な成果を総括して述べている。

## 論文審査の結果の要旨

近年、土木・建築・鉱山分野における構造物の巨大化、複雑化に伴ない、構造物-基礎系の安全性をより適確に確保するため、あるいは地震の発生機構の解明にも関連して、岩石、岩盤あるいはコンクリート等の破壊に関する研究がきわめて重要な課題となってきた。この点にかんがみ、本研究は岩質材料ならびにそれより成る系の、種々の組み合わせ応力条件下での破壊の機構および規準を理論的、実験的に考察したものであって、えられた主な成果はつぎのとおりである。

(1) 従来から提案されている巨視的な破壊規準に含まれている材料定数を、破壊過程刻々の状態に対応して変化する状態パラメーターと解釈することにより、準微視的破壊規準との等価性に新しい解釈を加えた。

(2) 二変数表示による破壊規準を一般的な三主応力表示、すなわち主応力空間内の曲面として表示することを提案した。そして Mohr, Coulomb らの巨視的な破壊規準ならびに準微視的な一般 Griffith 理論を三次元主応力空間内の曲面に拡張し、その具体的な形状について詳細な検討を加え、

(i) 等方均質な岩質材料ならびにそれより成る系の一般的な破壊規準として、つぎのような破壊曲面を理論的に提案し、これを実験的に立証した。すなわち、「この場合の破壊曲面は、三主応力空間内において静水圧線を三重対称軸とするような凸曲面で表わされ、その曲面は滑らかに接続したつぎの二種類の面から成っている。その一つは三組のほぼ平らな面から成り、等圧面による直断面の切り口形状はほぼ正三角形形状である。他の一つは静水圧の増加に伴なって、ほぼ等方的に膨張するような三組の曲面から成り、直断面の形状は正三角形よりやや膨らんだ形である。また逐次破壊および終局破壊曲面は、一般には破壊開始曲面からほぼ等方的に膨張した曲面となる。」ことを明らかにした。

なお破壊曲面の一般的な傾向としては、ぜい性度の高い材料ほど静水圧増加に伴なう破壊曲面の開きが大きく、また構造組織の複雑かつ粒子結合のゆるいものほど曲面の開きは小さくなることを指摘した。

(ii) 異方性岩質材料ならびに岩系の一般的な破壊規準は、等方均質材料ないしそれより成る系の破壊曲面と、多数の弱面ないし弱層の特性を示す破壊曲面との合成曲面のうち、共通領域を含む曲面すなわち八面体せん断応力  $\tau_{oct}$  が最小となるような曲面で表わされることを、理論的に、また実験的に明らかにした。

(3) 一軸圧縮または引張試験のような直接試験法では、応力分布に及ぼす材料の内部構造特性の影響はそれほど顕著ではないが、割裂、インデンテーション試験のような間接試験法ではその影響は著しく、試験結果の解釈に十分な配慮が必要であることを指摘した。

以上を要するに、本論文は岩質材料ならびにそれより成る系の破壊の機構および規準を理論的に、また実験的に明らかにしたものであって、混合、多相材料の破壊過程の解明に多くの新しい知見を加えたものであり、学術上、工業上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。