

氏 名	戸 谷 眞 之 と や まさ ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1194 号
学位授与の日付	昭 和 54 年 5 月 23 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	An Analytical Study of Nucleation and Growth of Cracks in Two-Phase Materials (二相材料中におけるき裂の生成と成長の解析的研究)

論文調査委員 (主 査) 教 授 徳 岡 辰 雄 教 授 田 中 吉 之 助 教 授 遠 藤 吉 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、有限の大きさの非均質相とそれを包む母材からなる二相材料を対象とし、クラックの生成と成長について詳細な解析を行なったものであって、7章より成っている。

第1章は緒論であって、幾つかの実験結果を引用し、非均質相の種々の変数の中で界面での接着強さ、強度、大きさ、及び形状が、破壊強度に強い影響を与えることを説明している。

第2章では、第3章以下で用いられている材料強度理論の基礎について述べている。すなわち、Griffith-Irwin のクラック進展理論、及び Stroh の転位の堆積によるクラックの生成モデルについて述べている。

第3章では、二相材料中のクラック生成モデルについて考察している。剛体楕円柱状非均質相に、無限遠方で一様な応力場を適用し、らせん転位の堆積の先端が非均質相の界面から離れていると仮定して解析を進めている。その際、応力が至る所で有限であるという条件より界面からの距離を決定している。このようにして従来の解析上の難点が取り除かれ、界面上での有限な応力分布が求められている。解析の手法としては、複素応力関数法を用い、従来の連続分布転位論による解析よりも非常に簡単になることを示している。つぎに、円柱状非均質相に対し、初期界面クラックの存在を仮定し、Griffith の理論を適用して界面のはく離について考察している。そして、臨界クラック進展荷重は、Petch の式と類似な式で表され、転位の抵抗力に比例する項と、非均質相の半径の平方根に反比例する項の和で表わされることを証明している。

第4章から第6章までは、クラックの進展条件について解析している。まず、第4章では、母材とは異なる弾性定数をもつ円形非均質相の界面クラックについて論じている。外応力場として、無限遠方での一様な2軸引張りの場合について、Muskhelishvili の複素応力関数による2次元弾性論を適用して応力と変位を求めている。これに Griffith の理論を適用し、クラックの安定性を論じ、クラック成長に関する限界荷重を非均質相の半径及び非均質相の中心がクラックを見込む角度の2変数の関数として表示してい

る。単純引張りの場合、限界荷重は非均質相の半径の平方根に反比例することを見出し、母材中への枝分かれについて論じている。そして、枝分かれの方向は弾性定数とほぼ無関係に定まり、引張り方向は 90° よりやや小さい角度をなすことを結論している。

第5章では、前章で取扱った解析を剛体楕円非均質相へ拡張している。すなわち、等角写像法を用い、楕円弧状クラックによる応力場と変位の解析解を求めている。そして、クラック進展荷重を4個の変数、すなわち、楕円の大きさ、長軸と短軸の比、中心がクラックを見込む角度及びクラックの位置の関数として決定している。

第6章では、複合材料の破壊についての縦せん断クラック・モデルを論じている。繊維を剛体楕円と仮定し、初期クラックは界面に沿うものと、母材中にこれと垂直に枝分かれたものから成ると仮定する。両者の先端における進展条件を解析し、界面のはく離が進展する条件を決定している。そして、両者の長さの限界比を界面と母材の破壊靱性値の比と繊維の長さによって与えている。つぎに、枝分かれ部分の先端で小規模降伏が起ると仮定し、降伏域の長さを負荷重の関数として決定している。また、両張り変動応力下での1サイクル当たりの疲労クラックの進展距離を求めている。それは応力拡大係数の4乗に比例し、繊維の影響は応力拡大係数を通してのみあらわれることを示している。

最後に、第7章は、得られた成果についての要約である。

論文審査の結果の要旨

近年、複合材料は様々な工学的分野に利用されており、それに伴って、非均質材料の挙動の解析は工學上極めて重要な課題である。

本論文では全章にわたって有限な大きさの非均質相をもつ二相材料について、それが強度に及ぼす効果について詳しく考察している。すなわち、エネルギー解放率を計算し、クラック進展条件を求め、非均質相の界面に沿うのはく離に対する破壊靱性の影響について考察している。

まず、弾性体中の剛体楕円柱へのらせん転位群の堆積について解析している。従来の理論では、転位の堆積の先端は界面上にあると仮定しているため、無限大の応力が生ずるが、本研究では転位の堆積の界面からの距離を、負荷の大きさと非均質相の形状の関数として決定し、至る所有界な応力分布を求め、クラック生成の条件について考察している。この際、複素関数論を採用し、簡単な解析によって応力場を求めているが、この簡明さは連続転位論からは期待しえないものである。

つぎに、界面クラックの進展について解析が行なわれている。円形、及び楕円形の非均質相が、それらと異なる弾性定数をもつ母材中にうめこまれた場合について、複素応力関数論を適用し、界面クラックが界面に沿って拡大する条件を求めている。そして、クラックは引張り方向と 90° より少し小さい角度をなす方向へ枝分かれすることを結論している。

最後に、複合材料の破壊の簡単な縦せん断クラックについてのモデルが呈案されている。複合材料の層、または、繊維を剛体楕円とし、クラック端部での応力を求め、破壊に先立って、はく離が発生する臨界条件を求めている。そして、両張り変動応力下での1サイクル当たりのクラックの進展距離を求め、それは応力拡大係数の4乗に比例し、層、または、繊維の影響は応力拡大係数を通してのみあらわれることを示

している。

以上要するに、本論文は二相材料の力学的挙動について、非均質相の大きさ、形状、及び弾性定数が及ぼす影響について理論的に解析し、クラックの生成と成長について新しい知見を与えたものであり、学術上、実際に寄与する所が少なくない。

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。