

平成 13 年 2 月 23 日

機能材料工学専攻	学籍番号	943217
申請者氏名	合田 孝志	

指導教官氏名	小林 俊郎 新家 光雄 牧 清二郎 戸田 裕之
--------	----------------------------------

論文要旨 (博士)

論文題目	粒子強化複合材料における強靱化および高強度化に関する基礎的研究
------	---------------------------------

(要旨 1,200 字程度)

金属・セラミックス・ポリマーなどのマトリックスに、セラミックス粒子などを混合することで強化したいいわゆる粒子強化複合材料は、優れた比強度・比弾性率を誇り、その機械的性質も複合化の手法によってある程度コントロールできるなど数々の優れた特徴を持つ。しかしその反面、複合化された材料はマトリックス単体よりも靱性に乏しいという欠点も併せ持っている。一般的に、複合材料内でのき裂伝播挙動は、材料内部のマイクロクラック、強化材による応力遮蔽効果の影響を受け、非常に複雑な振る舞いを見せる。また、複合材料の強度発現に関しても、これら複合材料のミクロ構造が密接に関連しており、複合材料の強度、靱性を定量的に評価するためには、まずこれらの要因が複合材料の強度、靱性に対してどのような機構でどの程度影響するのかを詳細に検討する必要がある。そこで本論文では、強化材の存在がき裂伝播特性に与える影響、ならびに強化材の分散状態が複合材料の強度、強化効率に与える影響について解析を試みた。

第二章では、モデル材料中のき裂進展開始・伝播挙動について、マイクロクラック、強化材それぞれの応力遮蔽効果が主き裂先端の応力拡大係数に与える影響を考慮した数値解析を行った。その結果、強化材強度および界面強度には、複合材料の靱性を最大にする最適値が存在することが明らかになった。

第三章では、中空および中空シリカ粒子充填エポキシ樹脂をモデル材料として作成し、中空化が弾性率、強度、破壊靱性に及ぼす影響を評価した。また、この材料は絶縁用材料としても重要であるため、その比誘電率を測定して評価した。その結果、比強度は中空化に影響を受けず、比弾性率はかえって向上、破壊靱性値は最大で 36%低下した。電気絶縁特性は大幅な向上が認められた。

第四章では、複合材料の各種機械的特性に影響を与える強化材/マトリックス間の界面剥離強度の評価手法について提案を行った。具体的には、一個の球がマトリックス中に埋め込まれた試験片を用い、界面に組み合わせ負荷がかかった状態で剥離させることで、異種材料接合端の応力特異性の問題を回避しながら組み合わせ応力下の界面剥離強度を求める。得られた剥離基準は、せん断応力と垂直応力がほぼ線形に比例し、いわゆる Mohr-Coulomb の破壊規準に近いものであった。これは、従来界面剥離規準として報告されている放物線ないし楕円の関係を与える Hoffman 則などとは異なっていた。

第五章では、異なる強化材体積率を有する二相からなる混合組織とした MMC (Metal Matrix Composite) の強化効率を、非線形有限要素法解析によって検討した。その結果、強化材体積率が高い領域と低い領域の二相に分離するような MMC では、強化材が均一分散した MMC と比較して強化効率が向上することが明らかとなった。また、複合材料の強化相/被強化相の変形抵抗の比には、強化効率を極大にする最適値が存在することが明らかとなった。その値は、セラミックス/金属の場合に比して小さいところにあるので、二相混合組織化によって強化相と被強化相の双方が塑性変形可能となれば、高い強化効率を得られるものと考えられる。