

専攻	材料システム工学	学籍番号	937850	指導教官氏名	逆井 基次
申請者氏名	曹 剣武				亀頭 直樹

論文要旨

論文題目	Toughening by fiber bridging of long fiber reinforced brittle matrix composites (長繊維強化脆性マトリックス複合材料の繊維架橋高靱化)
------	---

(要旨 和文 1,200字程度)

(1)

セラミックス、炭素材料は脆性破壊挙動を示すことは、それらの材料を構造材として使用する際の本質的な問題となる。この欠点を克服するために、“ブラックボックス”と呼ばれている亀裂先端とその近辺を注目されていた。セラミックスのイオン結合ないし共有結合であるため、亀裂先端が原子オーダーで鋭く、構成原子の連続的な結合開裂が脆性破壊の本質と考えられている。第二相として、粒子、ウイ
 5 スカー、繊維、相転移ジルコニアなどを添加することによって亀裂先端の応力レベルを変化させて高靱化を持たされる。これらの複合材料は外部荷重によって破壊を起こす時、複合化により亀裂先端前方のプロセスゾーン、ウェイクゾーン及び亀裂面に導入される複雑な微視的な破壊過程により高靱化をもたらされる。その複雑な
 10 非線形破壊挙動を示すため慣用の試験方法或いは線形破壊力学の適用には多くの問題があり、その強化・高靱化機構に関する理論と実験との整合化と体系化が急務となっている。従って本研究においては長繊維強化脆性マトリックス複合材料の高靱化機構の中心となる亀裂面繊維ブリッジングに着目して、その複雑な非線形現象を定
 15 量化するための実験手法、定量解析方法を開発し、繊維複合材料の破壊現象に適用することによって、脆性セラミックスの強化・高靱化機構を実験、理論及び有限要素法解析の諸方面から考察している。

セラミックス、炭素マトリックス複合材料の強化に用いる炭素繊維及び強化されるマトリックスの諸特性、複合化のプロセス、繊維/マトリックス界面の及び複合材料の諸特性に関する論文調査、脆性複合材料の現状及び問題点を指摘した。

20 長繊維強化・高靱化の微視的破壊力学、破壊機構理論、亀裂面ブリッジング機構及び亀裂面ブリッジング応力の理論解析を行い、理論解析方法で定量的に議論することは繊維/マトリックス界面及び繊維の性質のばらつきによって制限されることを
 22

指摘した。

有限要素法を用いて、CT試験片の亀裂面にブリッジが存在する系とブリッジが存在しない系に対して、一定の亀裂長さの定変位、定荷重状態、亀裂進展する時の臨界状態の亀裂面形状について解析を行い、亀裂面形状の自己相似性(self-similarity)を保つことを証明した。又、亀裂先端前方のリガメント面の応力場について同様の系に対して検討し、その結果と無限大平板の結果と比較検討を行った。

CT試験片の亀裂先端前方のリガメント面の応力分布は回転中心を境として引っ張りから圧縮に転換し、リガメント面を引っ張り領域と圧縮領域に分かれていることを明らかにした。回転中心の定量てき評価を行った。

有限要素法の解析結果に基づいて、純モードIの引っ張り実験の場合、試験片はリガメント面の応力中立点ー回転中心ーを軸として回転する為、亀裂面ブリッジモデルを提案した。また、亀裂面の形状の自己相似性(self-similarity)及び回転中心の結果に基づいて、R-曲線の結果から、繰り返し計算の数値解析方法を用いて、ブリッジ応力の解析方法を確立した。

2軸C/C複合材料の繊維強化方向との垂直方向の破壊実験方法を確立し、実験結果の理論モデルの適用性を検討した。亀裂面ブリッジ応力の解析結果に基づいて高靱化ブリッジ機構を検討した。また、1軸C/C複合材料の繊維方向の破壊実験を行い、繊維配向方向に沿って亀裂が進展する場合のブリッジは繊維排列の不規則性によるものであり、界面剥離ブリッジ機構が支配的である。界面剥離ブリッジ機構と垂直方向ブリッジの弾性ブリッジ、摩擦、引き抜きブリッジの相違点を検討した。

長繊維強化脆性マトリックス複合材料の亀裂面繊維ブリッジ機構、高靱化機構の総合的考察によって、複合材料の実用に関わる最適微構造設計を考察し、本研究の結果や考察によって新たに生じた研究課題についても触れていた。

5

10

15

20

26