荒木 栄敏 教授

お問合せ先
corc@kit.ac.jp
産学公連携推進センター

■キーワード
複合材料　種々の強化基材　空間配向　クラスター　巨視的物性

複合材料の巨視的物性に対するマイクロメカニックス解析

種々の形態を有し、空間分布する強化基材を含む複合材料の種々の物性に対する解析が可能

■研究の概要

複合材料中に含まれる強化基材の形態は実に様々で、その形状については無論のこと、表面コーティングされた二層材や三層材などの種々の強化基材が一方向に配列したり、傾いて二次元あるいは三次元的にランダム配向する場合があります。また、場所ごとに強化基材濃度が異なり、濃度の高いあるいは低いクラスター（図１の破線領域は高濃度クラスターを示す。）を形成したりしています。このような材料を解析して得られた解は、強化基材がフレーク状からリボン状へ伸び、さらに厚さが増して楕円柱→円柱へと変化し、長さが縮小して球→扁平円板となるような連続変化が可能であり、分布についても、一方向配向から二次元・三次元ランダムへと連続変化させることが可能です。また、得られている解は、巨視的な場と物性、すなわち、応力、ひずみ、熱流束、温度勾配、電束密度、電場、電流密度、磁束密度、磁場は無論のこと、巨視的弾性定数、線膨張係数、熱伝導率、誘電率、電気伝導度、透磁率などの静的特性や振動問題で出会う損失係数（損失正接）、誘電損失、磁気損失などの動的な特性です。

■研究・技術のプロセス／研究事例

図２は、これらのモデルの解析結果の一例を示したものであり、高い剛性率と低い損失係数を有する母材中に、高い損失係数を持つ粒子を混入した場合の解析結果です。粒子／母材の剛性率比 $\mu^{*\prime}/\mu$ と粒子の損失係数 $\tan\delta^*$ を変化させたときの巨視的損失係数の変化を示したものです。青色→赤色につれて巨視的損失係数は高くなります。したがって、図中の赤色領域が巨視的損失係数を最大にする最適組合せとなることがわかります。

図３(a)は、ジルコニアの応力誘起変態をモデル化したもので、立方晶ジルコニア母材中に正方晶ジルコニア粒子（白抜き印）が分散している部分安定化ジルコニア（PSZ）に、上下方向からの力により、き裂が生じた状態を現しています。き裂先端では応力が高くなるため、これによってき裂先端近傍の正方晶ジルコニア粒子が単斜晶ジルコニア粒子（黒塗り）へと相変態します。き裂が図の左側から右側へと進展するに従って、相変態領域がき裂の上下面近傍に残され（ゾーンウェイク）、図のような状態となります。正方晶から単斜晶への相変態によって体積膨張が生じるため、ゾーンウェイク領域には圧縮の残留応力が生じ、これによってついにはき裂の進展が停止します。図3(b)は、これの解析結果であり、ゾーンウェイク高さ h と粒子体積含有率 f による見かけの破壊じん性値の増加量 ΔK^T を求めたものです。○印がSwainらの実験結果、下側の似通った２つの直線がEvansらとBudianskyらの解析結果です。本解析結果はこれらよりさらによく実験結果と一致していることがわかります。

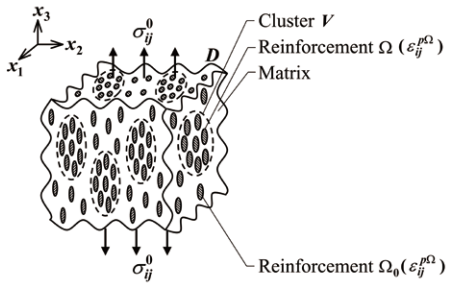

図 1. クラスタリングした強化基材を含む複合材料

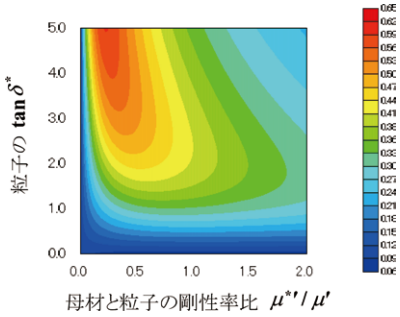

図 2. 一方向配列する強化基材を含む複合材料の制振特性

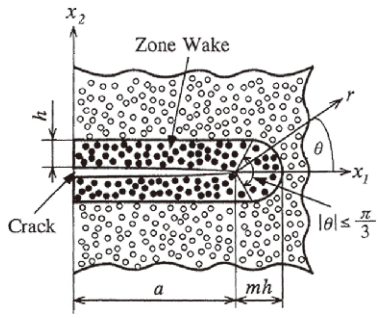

図 3.(a) 部分安定化ジルコニアの応力誘起変態

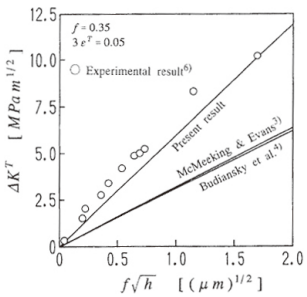

図 3.(b) 応力誘起変態計算結果

■セールスポイント

種々の形態を有し、空間分布する強化基材を含む複合材料の種々の物性に対する解析が可能です。