

平成 24 年度 新任助教研究助成 採択者

〔研究者〕



氏名 鈴木 良郎 (すずき よしろう)

所属 機械物理工学専攻

職名 助教

〔タイトル〕

均質化法を用いたマルチスケール連成構造解析の改良

〔研究の概要〕

直径 10 μm 程の微細な炭素繊維を樹脂に混ぜ込んだ材料(炭素繊維強化樹脂: CFRP) は軽く強いいため、航空機や人工衛生の構造材への適用が進んでいる。均質的な金属と異なり、CFRP は非均質材であるため、繊維と母材から成る μm スケールの微視構造の特性がどのように m スケールの巨視構造 (CFRP 部材) に反映されるのか明らかでない。これは CFRP 部材を設計したり、微視構造を設計する上で不都合である。

数〜数十本の繊維を含む小さな微視構造の有限要素モデルを作成して、硬い繊維と柔らかい樹脂から成る構造の“平均的な力学特性”を解析的に推定し、それを近似的に均質体とみなした(膨大な数の繊維を有する)巨視構造の材料特性として有限要素解析すれば、微視構造と巨視構造の関係性を明らかにできる。このような手法は“均質化法によるマルチスケール連成構造解析”と呼ばれる。本研究では、微視解析と巨視解析の結果を連成させる過程において生じる二つの齟齬を解消する方法を考案する。

■問題 1: 微視解析における適切な境界条件が不明

微視構造解析の境界条件に、応力境界、ひずみ境界、周期的境界を用いると巨視解析との連成時に不連続な応力、ひずみ分布が生じる。これを抑制する微視構造解析法の考案を一つ目の研究目的とする。

■問題 2: 巨視解析における応力変換に関する不整合

完全な均質体であれば座標系を回転させて観測しても応力の等価性は保たれる。すなわち、異なる座標系上で観測された巨視構造内の応力場は等価である。一方、均質化法にて図 1 のように異なる微視モデルを選び、境界上に等価な応力を負荷すると、図 2 のように異なるひずみ分布を生じる。応力変換によって、本来同じとなるはずの結果に差異が生まれる。この不整合を解消する手段を講じる。

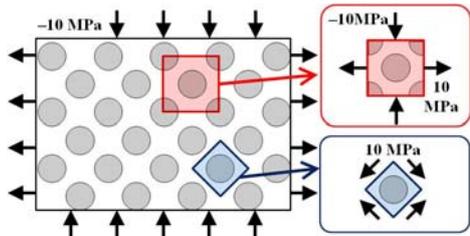


図 1 異なるユニットセル(微視モデル)の取り方

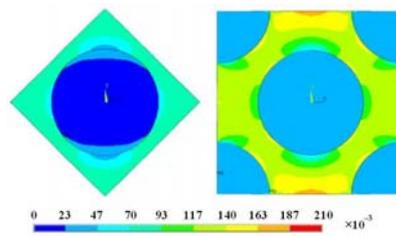


図 2 水平方向の水平ひずみ分布

〔オリジナリティ〕

「研究背景」にて述べた問題 1 を扱った研究は、国内外に複数存在する。これまでに微視解析の境界条件として、周期的境界が有効であることが示されているが、不備もあり完全な整合性は得られていない。問題 2 に対しては、解決策が講じられていないだけでなく、応力変換により生じる不整合性について言及した文献は無く、問題として認識されてすらいない。

本研究では、問題 1, 2 を定式化したのち、連成過程が生む不整合性を定量的に評価する方法を検討し、その原因を数学的に探る。原因が明らかにされた後、不整合性を低減する連成法を考案する。例えば微視、巨視の中間に相当するメゾスケールモデルを取り入れる方法や、隣接する微視構造モデル間の力とモーメントのつり合い、および変位の連続性を考慮した、応力場の統計的な類推手法の考案を予定しているが、類似する既存の研究は存在しない。

〔期待される成果〕

微視的な非均質を有する巨視構造の応力分布やひずみ分布を高精度かつ容易に計算できるようになる。さらに微視構造特性と巨視構造特性の関連を調べる手段とも成り得る。これにより、構造部材や微視構造の効率的な最適設計が可能となる。また微視構造内のどの部分において破壊が発生し初め、どのように進展していくのかといった厳密な破壊現象の数値解析を実現に近づける。CFRP の破壊挙動は未解明な部分が多いため、破壊解析が可能となれば、より軽い旅客機が実現し、大きな経済効果、環境負荷低減効果が期待できる。