Osaka University Knowledge Archive

Title	繊維強化複合材料のミクロ構造を考慮した変形解析手法の提案とそれを用いた深絞り成形シミュレーション
Author(s)	大西, 慶弘
Citation	大阪大学, 2000, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42095
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

氏　　名	大西慶弘（おおにしよしひろ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学位記番号	第　15438　号
学位授与年月日	平成12年3月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	**繊維強化複合材料のミクロ構造を考慮した変形解析手法の提案とそれを用いた深絞り成形シミュレーション**
論文審査委員	（主査） 教　授　座古　勝 （副査） 教　授　豊田　政男　　教　授　荒井　栄司　　助教授　藤本　公三

論文内容の要旨

本論文の目的は、繊維強化複合材料の大変形挙動をミクロ構造を考慮して解析するための非線形均質化法を定式化し、それを用いて変形解析を行うことにある。また、その適用例として、編物複合材料に代表される複雑なミクロ構造を有する複合材料の深絞り成形を支援する数値シミュレーションを行ったもので、全6章より構成されている。

第1章では、本研究の背景、動機と目的を述べている。

第2章では、ミクロに不均質な複合材料の挙動をシミュレーションするため、複合材料をマクロな均質化モデルとして扱う種々の手法を述べ、その中で均質化法の利点を示している。次に、均質化法の現状について詳述し、大変形問題に適用する際にミクロ構造の周期性、マクロな非一様性などの問題点があることを述べ、新たな定式化の必要性を述べると共にその特徴を記述している。

第3章では、編物複合材料の大変形時のマクロな非一様場におけるミクロ構造の変形と周期性に関して実験的に検討を行うため、引張試験を行っている。観察結果から、均質化法が大変形問題に適用可能であるとの結論を導き、繊維強化複合材料のミクロ構造を考慮した大変形解析モデルの設定を行っている。

第4章では、大変形理論を示した後、第3章で導いた複合材料の大変形解析モデルに基づき、ミクロ構造とマクロ構造の変形を理論的に記述し、大変形問題に対する非線形均質化法の定式化を行うとともに、数値解析手法を示している。さらに、マクロに非一様な変形をする場合には解くべきミクロ方程式の数の増大問題の解決策として、ミクロ－マクロ簡易連成解析手法を提案している。

第5章では、以上の定式化と解析手法に基づき、アラミド／ポリプロピレンよりなる編物複合材料の深絞り成形シミュレーションを行っている。母材の物性値は実験により求め、編物複合材料の複雑なミクロ構造の三次元有限要素モデルを作成している。二軸負荷による大変形挙動を解析し、大変形下で直交性が失われた場合の構成則など新しい知見を含む非線形材料データベースを構築している。材料データベースを用いて深絞り成形シミュレーションを行い、従来は予測不可能であった成形品のマクロ・ミクロな変形や均質化された剛性などの解析結果を得ている。ミクロ構造の変形について深絞り成形実験との比較において良好な一致を得たことから、提案手法の有効性を示している。

第6章では、得られた知見をまとめている。

論文審査の結果の要旨

繊維強化複合材料は、主に軽量、高剛性といった利点を生かし、航空宇宙や土木建築分野のみならずスポーツ用品などにも多用されている。複合材料の特性はミクロ構造に依存しているため、その力学的挙動解析においては、ミクロ構造の変形をも考慮できる解析手法の開発が求められている。本研究では、これを考慮した新しい解析手法の提案を目的とし、大変形問題のための非線形均質化法の定式化を行ったものである。さらに、複合材料の更なる普及のために、経済性から高速で大量生産できる方法が求められている。そこで、本研究では、深絞り成形を繊維強化複合材料に応用することを考え、その支援の意味で、繊維強化複合材料の深絞り成形シミュレーションを行っているものであり、その成果を要約すると次の通りである。

(1) 編物複合材料の引張試験を行い、ミクロ構造の大変形挙動を観察し、大変形下で非一様なマクロひずみ場においても、ある程度の微小領域内では、周期性が保持されていることを指摘し、大変形問題でも、均質化して扱うことが可能であることを明らかにしている。

(2) 大変形問題に対する均質化法の定式化において、モデルの変形の記述を行い、均質化モデルの変形は均質化された変位のみで表されること、ミクロモデルの変形は均質化された変位勾配とミクロスケールでの座標値とミクロな不均質性に起因する変位から表されることを明らかにしている。

(3) 一般にミクローマクロ連成を考慮した非線形解析において、非一様なマクロひずみ場に対する解析コストの増加を回避するため、ミクローマクロ簡易連成解析手法を提案し、本シミュレーションを通常のパーソナルコンピュータで解析を可能にしている。

(4) 編物複合材料のミクロ構造の三次元有限要素モデルを作成し、そのモデルを用いてパーソナルコンピュータでの解析を可能にしている。

(5) 本研究で定式化した均質化法を用いれば、マクロな非線形異方性材料の二軸応力下での構成則を数値的に表現できることを示している。また、編物複合材料の場合について構成則を求め、変形前は直交異方性材料として均質化でき、せん断変形が加わらない限り直交性は保たれるが、せん断変形により直交性が失われることを示している。

(6) 本シミュレーションにおいて、複合材料の素材の物性値だけを用い、深絞り成形時における変形、マクロなひずみ分布、応力分布、剛性分布および、ミクロ構造の変形と分布を予測し、本シミュレーションが成形品の特性や製の評価に有用な情報を与えることを示している。また、実験による成形品との比較から、本シミュレーションの有効性を示している。

以上のように、本論文は、繊維強化複合材料の変形挙動をミクロ構造を考慮してシミュレーションできる手法の構築を行い、その適用例として深絞り成形シミュレーションを行ったものである。以上の成果は、マルチスケール解析という計算力学の分野に大きく貢献し、また、深絞り成形以外の成形法でもミクロ構造の変形が重要なことから、複合材料の成形シミュレーションの分野に役立つものと考える。さらに、本論文で行った繊維強化複合材料の深絞り成形シミュレーションは、この成形法を実用化するために有用な情報を与えることができるため、複合材料の分野、あるいは、生産工学の分野に大きく貢献するものと考える。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。