

Title	繊維強化複合材料のプレス成形シミュレーション手法の提案と成形性評価に関する研究
Author(s)	西, 正人
Citation	大阪大学, 2015, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/52176
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

論文内容の要旨

氏名 (西 正 人)

論文題名

繊維強化複合材料のプレス成形シミュレーション手法の提案と成形性評価に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、繊維強化樹脂材料 (FRP) のプレス成形シミュレーション手法の提案と、しわを含めた成形性評価に関する論文であり、全6章で構成した。

第1章は、緒論であり、研究の背景および研究目的について記述した。

第2章では、ドライファブリックの複雑な材料挙動を詳細に分析することを目的として、繊維束スケールで織り構造をモデル化したメソスケールモデルを用いて解析を行い、ドライファブリックのプレス成形時の材料挙動を把握した。また、半球形状の成形シミュレーションを実施し、ブランクホルダー荷重の違いがしわ発生や繊維束間のすべりに与える影響、織構造の違いが成形性に与える影響を確認した。

第3章では、より実用的な手法として、RTM工法のプリフォーム工程を対象にしたドライファブリックのマクロスケール有限要素モデルを提案した。提案モデルでは、ドライファブリックのプレス成形時のしわの発生を正確に予測するため、膜要素にシェル要素を組み合わせて曲げ剛性の考慮を可能とした。さらに、引張依存のせん断特性が考慮可能なマイクロメカニカルモデルを面内挙動の表現に適用し、メソスケールモデルと同等のしわ発生予測が可能なことを示した。

第4章では、成形時間1分以内が実現可能な工法として注目される熱可塑性 (FRTP) シートのプレス成形工法を対象とし、第3章で提案したドライファブリックモデルを拡張して高温時の非線形な曲げ特性まで表現できるマクロスケール有限要素モデルを提案した。また、面内特性については、熱可塑性樹脂の影響による温度依存性を表現し、Reussモデルを導入することで樹脂の材料特性と繊維体積含有率からFRTPシートのせん断特性を予測可能とした。さらに、温度により大きく変化するFRTPシートの面外曲げと面内せん断の特性を材料試験により把握し、温度依存性を考慮したFRTPシートモデルを構築した。構築したモデルを用いて熱・構造連成解析を行い、プレス成形時に材料特性が大きく変化する常温の金型を用いる工法におけるFRTPシートの変形挙動が予測できることを示した。

第5章では、連続繊維FRPのプレス成形の成形限界線図を構築するための第一歩として、マクロスケール有限要素モデルの要素の変形形状からは予測困難なマイクロなしわを直交異方性弾性モデルの各要素のひずみ状態から予測する手法を提案した。さらに、本手法により従来手法では予測が困難であったマイクロなしわを予測できることを示した。

第6章では、各章で得られた研究成果と今後の展望をまとめ、結論とした。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (西 正 人)			
論文審査担当者	(職)	氏	名
	主 査	教 授	上西 啓介
	副 査	教 授	澁谷 陽二
	副 査	教 授	大村 悦二

論文審査の結果の要旨

車両の軽量化による燃費向上が求められる自動車分野において、比強度および比剛性に優れる繊維強化樹脂材料 (FRP) は、金属に代わる材料としてその適用拡大が予測されている。プレス成形工法による量産成形技術が確立されつつあるが、成形時の制御パラメータが多く、試験による成形条件の最適化には多くの時間と費用が必要になる。そのため、成形不良を予測し、最適な成形条件を探索できるシミュレーション手法の確立が期待されるが、従来手法では曲げ特性や荷重相互依存性および温度依存性が考慮されておらず、しわ発生を含めたプレス成形性を精度良く評価するには不十分である。また、UD プリプレグでしばしば問題になるマイクロなしわは有限要素モデルの要素の変形形状からは予測することは困難である。このような点から、本研究では、プレス成形中の材料挙動を正確に予測できる有限要素モデルと、マイクロなしわの予測手法を提案している。しわを含めた成形性評価に対する提案手法の有用性を検討したものであり、その成果を要約すると次の通りである。

- (1) RTM 工法のプリフォーム工程を対象としたドライファブリックの有限要素モデルの提案している。提案モデルの特徴として、従来手法で無視されてきた曲げ剛性とせん断挙動の引張依存性を考慮していることが挙げられる。メゾスケールモデルによる解析結果と比較することで、提案モデルの成形不良の代表であるしわの発生予測を含め成形性評価の妥当性を検証している。
- (2) 1分以内の成形時間が実現可能な工法として注目される熱可塑性 FRP (FRTP) シートのプレス成形工法を対象とし、FRTP シートの高温時の非線形性を有する曲げ特性と温度依存性の材料挙動を考慮し、さらに Reuss モデルを導入し、繊維体積含有率の変化に対応できる FRTP シートの有限要素モデルを提案している。また、プレス成形試験と比較検証することで、提案モデルのプレス成形変形挙動の予測性能を評価している。
- (3) FRP シートのプレス成形限界を予測する手法構築の第一段階として、有限要素解析の各要素のひずみ状態から UD プリプレグのマイクロなしわ発生を予測する手法を提案し、従来困難であったマイクロなしわの予測が可能であることを示している。

以上のように、本論文ではシミュレーション手法の確立が期待される FRP のプレス成形を対象とし、成形挙動を正確に予測できる有限要素モデルとしわの予測手法を提案するとともに、プレス成形性評価に対する提案手法の有効性を示したものである。提案手法により、しわを含めた成形性を解析で予測できるため、成形不良の生じない最適な成形条件の探索が可能であるなど、FRP の量産成形技術の確立に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文としてとして価値あるものと認める。