



Title	損傷力学に基づく繊維強化積層複合材料の力学的挙動解析手法に関する研究
Author(s)	津村, 卓也
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39773">https://hdl.handle.net/11094/39773</a>
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、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	津 村 卓 也
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 5 2 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 8 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科生産加工工学専攻
学 位 論 文 名	損傷力学に基づく繊維強化積層複合材料の力学的挙動解析手法に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 座 古 勝 教 授 向 井 喜 彦      教 授 豊 田 政 男      教 授 久 保 司 郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、一方向繊維強化プラスチック単層材を多数積層して成形される積層材の破壊挙動解析手法の確立を目的とし、三次元有限要素法に損傷力学を導入したコンピュータプログラムを作成し、積層材の破壊挙動解析を実施したもので、全6章より構成されている。

第1章は緒言であり、本研究の背景および研究目的について述べている。

第2章では、一方向繊維強化プラスチック材の異方性損傷による剛性低下と、損傷発生およびその進展の取扱いについて述べている。直交異方性材料に発生する損傷を二階対称の損傷テンソルにより記述し、直交異方性材の損傷後の材料構成式を対称な剛性マトリックスを用いる形で導出している。また、損傷した要素に上述の損傷構成式を組み入れ、損傷による応力再分配を計算するアルゴリズムを取り入れた変位型三次元有限要素法を基礎とした破壊挙動解析プログラムを作成している。

第3章では、作成されたプログラムを用いて代表的な積層材の破壊挙動の例解析を行い、プログラムの検証を行っている。また、実積層材は加熱により積層成形されるため線膨張係数の異方性により残留応力が発生するので、この熱残留応力を自己平衡な初期応力として破壊挙動解析時に取り入れている。解析の結果、成形熱残留応力が積層材の初期損傷発生に大きな影響を及ぼすこと、ならびに積層順序により初期損傷発生層が異なることを明らかにしている。

第4章では、本手法の応用例として円孔を有する積層材の強度予測を行っている。円孔径、繊維配向角ならびに積層順序の強度に及ぼす影響を解析し、Lagaceらによる試験結果との比較を行っている。その結果、解析結果はおおむね試験結果と一致しており、解析手法が妥当であることを示している。

第5章では、衝撃損傷を受けた積層材の残存強度解析を行っている。衝撃時の損傷を模擬するため平板四辺支持の中央負荷により初期損傷を発生させ、損傷後の曲げ残存強度を求め、次いで初期損傷の無い積層材の曲げ強度からの低下率を解析し、曲げと圧縮残存強度により対応関係があることを明らかにしている。この結果を用いて、損傷後の積層材残存強度評価を曲げ試験により評価する手法を提案している。

第6章では、以上で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

一方向繊維強化プラスチック材は、比弾性率および比強度に優れた工業材料として様々な分野で応用されている。特に航空宇宙分野では、主要構造部材として使用されており、その安全性・信頼性評価の観点から、繊維強化積層複合材料の損傷の発生・進展による力学的特性の変化を考慮した挙動解析手法の構築が求められている。

本研究は、繊維強化プラスチック積層材の破壊挙動解析手法の確立を目的とし、損傷力学に基づく三次元有限要素法プログラムを構築し、積層材の破壊挙動解析を実施したものであり、その成果を要約すると次の通りである。

- (1)一方向繊維強化プラスチック材の損傷発生・進展による力学的特性変化を考慮するため、損傷力学に基づき直交異方性材料の損傷時の構成式を導出している。また損傷発生・進展を模擬する解析アルゴリズムを構築し、三次元有限要素法破壊挙動解析プログラムを作成している。
- (2)積層成形時の熱残留応力を自己平衡な初期応力として破壊挙動解析時に取り入れ、層間はく離挙動の原因となる層間樹脂層を模擬する層間要素を考案している。
- (3)繊維配向角ならびに積層順序の異なる9種類の積層材について、引張負荷による破壊挙動を解析し、熱残留応力および層間要素の有無による破壊挙動の差異を調査し、成形熱残留応力が積層材の初期損傷発生に大きな影響を及ぼすことを明らかにしている。
- (4)円孔を有する積層材の破壊挙動解析から、引張強度に及ぼす円孔径、繊維配向角ならびに積層順序の影響を明らかにしている。
- (5)損傷後の曲げと圧縮の残存強度解析を実施し、両者により対応関係があることを明らかにしている。このことから、衝撃を受けた損傷後の残存強度を曲げ試験により評価する手法を提案している。現在行われているCAI（衝撃後の圧縮試験）法では複雑な圧縮試験が必要であるが、提案手法は簡便な曲げ試験で積層材の残存強度評価が行える実用的な手法である。

以上のように、本論文は、繊維強化積層複合材料の損傷発生およびその進展を解析し得る手法の構築を行い、例解析によりその妥当性を示すとともに積層順序による破壊強度差の発生原因を明らかにしている。また従来の積層複合材料の損傷後残存強度評価手法に代わる簡便な手法を提案し、その応用の可能性を示している。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。