



Title	Structural Analysis of Laminated Composite Shells with Arbitrary Fiber Orientations Based on Transverse Shear Deformation Theory
Author(s)	侍, 建偉
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44984
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名 侍 建 偉

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 8 1 1 7 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 15 年 9 月 30 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

工学研究科知能・機能創成工学専攻

学 位 論 文 名 Structural Analysis of Laminated Composite Shells with Arbitrary Fiber Orientations Based on Transverse Shear Deformation Theory
(せん断理論に基づく任意積層複合殻の構造解析に関する研究)

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 北川 浩

(副査)

教 授 橘 英三郎 教 授 座古 勝 教 授 澁谷 陽二

助教授 中谷 彰宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、任意積層繊維強化複合平板および殻構造体の種々の外力に対する応答と局所応力を、せん断変形理論に基づき解析した成果をまとめたものであり、以下の 6 章からなっている。

第 1 章では、積層複合殻構造体の力学的応答を評価するための殻理論と解析手法の歴史的経緯と現状について述べ、その背景をふまえて、本研究の目的、および、第 2 章以降の論文の構成について述べている。

第 2 章では、本研究で取り扱う複合構造体の解析に用いる幾何学量および力学量の定義と、繊維強化積層構造材に対する構成式について述べている。

第 3 章では、本研究で用いる三つの殻理論、すなわち、高次せん断変形理論、一次せん断変形理論と古典理論について述べ、それぞれの理論に対して、積層殻構造体の支配方程式と境界条件を導出している。さらに、板厚方向の応力を平衡条件から評価する方法について述べている。

第 4 章では、解析手法として用いる修正ガレルキン法について述べ、この手法を第 3 章で導出した各種殻体モデルに適用する方法について具体的に述べている。さらに、次章で扱う種々の境界条件に対し、この手法を拡張できることを示している。

第 5 章では、種々の積層構造を持つ殻体に対して様々な境界条件下で行った解析によって得られた変形量、固有振動数、および座屈荷重について述べている。内容を要約すると以下の通りである。(1)三つの殻理論に基づくガレルキン解の収束性を検討した結果、その収束特性は、用いる理論による顕著な差はなく、荷重の種類、境界条件、積層パターン、厚さ等に依存する。(2)解析解の知られている問題に対して、解を比較することにより、本解析の有効性を確認し、提案した手法は任意積層殻構造体の応答を精度良く評価できる。(3)古典理論に比べ、一次せん断変形理論は、せん断修正係数を適切に選択することにより、高次せん断変形理論の解に匹敵する精度を確保できる。(4)曲げとねじりとの間の連成により生じた振動および座屈モードは、殻の厚さに依存する。(5)境界での面内の拘束条件は、対称積層パターンを有する殻の応答に大きく影響する。(6)平衡条件から得られた板厚方向応力は、厚さ方向に沿って連続的であり、材料定数、厚さ等にあまり依存しない。

第 6 章では、以上の結果を総括し、結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

積層構造を有する複合材料殻構造体は、高い比強度、比剛性などの優れた特性を有し、宇宙航空分野や船舶海洋分野で積極的に用いられている。その一方で、このような複合材料を構成する各々の積層ごとには、一般に、著しい異方性を有しており、殻構造体のマクロ的な外力や変形に対する挙動・応答を評価するために、対応する微分方程式の厳密解を解析的に求めることは、いくつかの限られた条件を除く一般的な場合において困難である。さらに、積層複合殻では横断面内のせん断変形が重要であり、その効果を見捨てることはできないが、これを考慮することによって、未知数と満足すべき境界条件の数が増え、解析はさらに困難になる。本論文は、修正ガレルキン法を用いて、三種の殻理論、すなわち、高次せん断変形理論、一次せん断変形理論と古典理論に基づいて任意積層複合殻の構造解析を行い、その研究成果をまとめたもので、得られた成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 三種の殻理論に基づくガレルキン解の収束性を検討した結果、その収束特性は、用いる理論による顕著な差はなく、荷重の種類、境界条件、積層パターン、厚さ等の問題設定条件のみに依存することを明らかにしている。
- (2) 様々な境界条件下での種々の積層パターンに対して、厳密解、或いは、他の解法を用いて得られた解を比較することにより、本解析の有効性を確認し、提案した手法が任意積層殻構造体の応答を精度良く評価できることを示している。
- (3) 古典理論に比べ、一次せん断変形理論は、せん断修正係数を適切に選択することにより、高次せん断変形理論の解に匹敵する精度を確保できることを示している。
- (4) 曲げ変形とねじり変形との間の連成により生じた振動および座屈モードは、殻の厚さに依存することを明らかにしている。
- (5) 境界での面内拘束条件は、対称積層パターンを有する殻の応答に大きく影響することを定量的に明らかにしている。
- (6) 平衡条件から板厚方向の応力分布を得る方法を定式化し、その有効性を示している。

以上のように、本論文は、任意積層複合殻に対するせん断変形理論に基づく構造解析法の有効性を示し、種々の構造に対する振動問題および座屈問題において境界条件・積層パターンなどの違いによる構造体の応答の違いを明らかにするとともに、この解析法が積層構造体の最適設計問題に適用できる可能性を示しており、機械材料力学および機械設計学に貢献するところは大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。