

Title	多軸応力場における接着構造の強度評価と最適界面形状設計
Author(s)	飯森, 理人
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/72381">https://doi.org/10.18910/72381</a>
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 ( 飯森 理人 )

論文題名 多軸応力場における接着構造の強度評価と最適界面形状設計

## 論文内容の要旨

本論文では、被接着材料の剛性が接着剤に比して十分大きいと仮定する条件の下、接着部の破損を系全体の荷重 - 変位曲線から得られる比例限、すなわち線形応答からの逸脱点を破損の開始点と定義し、多軸応力場における接着構造の強度評価手法と接着強度を高める最適界面形状設計手法についての検討を行ったものである。本論文は、以下の5章から構成される。

第1章では、マルチマテリアル構造設計のための異種材料接合技術の一つとして接着を挙げ、研究背景ならびに既存の研究を概説し、本論文の目的と構成について記述した。

第2章では、多軸応力場における接着部の強度評価関数に含まれる材料パラメータを、汎用的な引張試験機を用いて同定するため、傾斜した接着界面をもつ円筒試験片を提案した。多軸応力場での強度評価関数として、応力テンソルの第1不変量と偏差応力テンソルの第2不変量で構成される破損関数を用い、接着層の平均厚さがほぼ同一の試験片の荷重 - 変位曲線より得られる比例限をもとに材料パラメータを同定した。次に、異なる厚みの試験片に対しても破損関数を統一的に適用できるように、スケール関数を導入して破損関数を接着層の平均厚さに依存する関数に拡張した。また、平板試験片を用いた引張せん断試験を行い、接着剤のせん断弾性定数を得るとともに比例限の接着層厚さ依存性とひずみ速度依存性を検討した。その結果、本研究で想定される準静的な荷重条件においては、比例限に与えるひずみ速度依存性の影響はほとんどないことが分かった。

第3章では、接着層をもつ連続体モデルにおける接着界面形状の最適化問題を定式化した。接着構造の強度向上のために、接着層内に生じる破損関数の均一化と接着層全体で生じる破損関数の低下を目的とすることを述べ、破損関数の応力不変量の項の2乗和を目的関数とした手法による形状最適化手法を示した。薄肉円筒突合せ型接着構造を解析モデルとし、静水圧に強い場合の接着剤と体積変化を伴わないゆがみ変形に強い場合の接着剤の場合を想定して数値解析により検討した。荷重条件としては、引張荷重のみの場合、トルクの場合、引張とトルクの複合荷重の場合に対して形状最適化を行い、薄肉円筒突合せ型接着構造の最適界面形状がそれぞれ得られた。得られた最適形状の接着層の傾斜角に着目し、簡略化したモデルから求められる解析解との比較により、本解析で得られた最適形状が力学的に妥当な形状であることを確認した。また、接着層の折曲り部（凸部）では、接着剤の材料パラメータが静水圧に強い場合とゆがみ変形に強い場合で、それぞれ異なる最適形状が得られた。

第4章では、目的関数として破損関数の平均値、KS (Kreisselmeier-Steinhauser) 関数、2乗和を用いた場合で形状最適化を行い、それぞれの場合で導かれる最適形状について検討した。次に、第2章で同定された接着剤の材料パラメータに対して本最適化手法を適用し、妥当な界面形状の得られることが確認され、実設計への適用可能性が示された。また、接着層が薄い場合または厚い場合に生じる接着層内の応力とひずみの仮定の妥当性について、有限要素解析により検証した。

第5章では、本研究で得られた一連の結果をまとめ、結論とした。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 飯 森 理 人 )			
	(職)	氏	名
論文審査担当者	主 査	教 授	澁谷 陽二
	副 査	教 授	箕島 弘二
	副 査	教 授	廣瀬 明夫
	副 査	准教授	山崎 慎太郎
<b>論文審査の結果の要旨</b>			
<p>本論文は、被接着材料の剛性が接着剤に比して十分大きいと仮定する条件の下、接着部の破損を系全体の荷重 - 変位曲線から得られる比例限、すなわち線形応答からの逸脱点を破損の開始点と定義し、多軸応力場における接着構造の強度評価と接着強度を高める最適界面形状設計手法について検討を行ったものである。得られた主要な成果は以下のとおりである。</p> <p>まず、多軸応力場における接着部の強度評価関数に含まれる材料パラメータを、汎用的な単軸引張試験機を用いて同定するため、傾斜した接着界面をもつ円筒試験片を新たに提案している。多軸応力場での強度評価関数として、応力テンソルの第 1 不変量と偏差応力テンソルの第 2 不変量で構成される破損関数を用い、接着層の平均厚さがほぼ同一の試験片の荷重 - 変位曲線より得られる比例限をもとに材料パラメータを同定している。そして、異なる接着層厚みの試験片に対しても破損関数を統一的に適用できるように、スケール関数を導入した破損関数に拡張した点は高く評価できる。また、円筒試験片と併行して平板試験片を用いた引張せん断試験を行い、接着剤の正確なせん断弾性定数を得るとともに、比例限の接着層厚さ依存性とひずみ速度依存性を検討している。その結果、本研究で想定される準静的な荷重条件においては、比例限に与えるひずみ速度依存性の影響がほとんどないことを得ている。</p> <p>つぎに、最適界面形状設計手法について、まず接着層をもつ連続体モデルにおける接着界面形状の最適化問題を定式化している。接着構造の強度向上のために、接着層内に生じる破損関数の均一化と接着層全体で生じる破損関数の低下を目的とし、応力不変量の 2 乗和を目的関数とした手法による形状最適化手法を提案している。薄肉円筒突合せ型接着構造を解析モデルとし、静水圧に強い接着剤の場合と体積変化を伴わないゆがみ変形に強い接着剤の場合を想定した数値解析を行っている。荷重条件としては、引張荷重のみの場合、トルクの場合、引張とトルクの複合荷重の場合に対してそれぞれ形状最適化を行い、薄肉円筒突合せ型接着構造の最適界面形状を求めている。最適化計算により得られた最適形状の接着層の傾斜角に着目し、簡略化した数理モデルから求められる解析解との比較を行い、本解析で得られた最適形状が力学的に妥当な形状であることを確認している。また、接着層の折曲り部（凸部）では、接着剤の材料パラメータが静水圧に強い場合とゆがみ変形に強い場合で、それぞれ最適形状が異なることを見出している。</p> <p>以上のように、本論文は接着構造の破損則を実験的に検証し、その破損則に基づく最適化計算の提案により界面強度を向上させる形状設計の方法論を確立し、実設計への適用が今後期待できると考える。</p> <p>よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。</p>			