The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	アルミニウム合金/CFRP接合材の設計疲労強度に関する研究
Author(s)	石井, 清
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44516
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　石井　清（いしい　きよし）

博士の専攻分野の名称　博　士（工　学）

学位記番号　第　17192　号

学位授与年月日　平成14年4月26日

学位授与の要件　学位規則第4条第2項該当

学位論文名　**アルミニウム合金/CFRP接合材の設計疲労強度に関する研究**

論文審査委員　（主査）
教　授　座古　勝

（副査）
教　授　豊田　政男　　助教授　南　二三吉　　助教授　藤本　公三

論文内容の要旨

本論文は、アルミニウム合金と軽量で高強度が確保できる炭素繊維強化プラスチックス（CFRP）を被着体とし、エポキシ系フィルム接着剤を用いた接着継手について、疲労試験を行い、統計的手法を用いて信頼性を考慮した設計疲労強度を提案するものである。本論文は5章から構成されており、各章の内容は次のとおりである。

第1章では、本論文で用いたCFRPと接着接合の現状と接着の問題点と本研究の背景および目的について述べた。

第2章では、接着継手の応力評価を行った。まず、はじめに基本的な接着層の応力状態を検証するため、角度の異なるスカーフ接着継手を用いて、有限要素法により応力解析を行い、接着層の応力分布を明らかにした。さら、接着強度に大きな影響を及ぼすと考えられる応力の多軸性および端部の特異性について調査した。次に、実用上使用例の多い重ね合せ接着継手の応力解析を行い、接着層の応力状態を明らかにした。

第3章では、電気油圧サーボ試験機を用いて、突合せ、スカーフ角度$\theta=30°$、45°、60°のスカーフ継手、厚肉の重ね合せ継手、単純重ね合せおよび二重重ね合せ継手について、疲労試験を実施し、試験結果よりS-N線図を作成した。単純重ね合せ継手については、ストロボスコープとマイクロビデオカメラを用いて、き裂の発生と伝ぱ挙動を考察した。また、一部の継手については、破面のマクロ観察と走査型電子顕微鏡を用いたミクロ観察を行って、接着層の破壊形態を考察した。さらに、疲労試験結果と前章で得た応力分布から、複合材料に用いられているPoint failureによる破壊条件を接着継手に適用することについて検討し、Polnt failure条件の評価距離$d_0=0.5$ mmの強度を、接着層のせん断応力と法線応力で整理することにより、本研究で用いたエポキシ系接着剤によるアルミニウム合金/CFRP継手の破壊基準を導き出した。

第4章では、疲労試験で得た結果より、統計的手法による疲労強度基準決定法を用いて、接着継手のS-N線図を作成した。また、安全設計に不可欠な破壊確率を考慮し、破壊確率1％と破壊確率0.1％の設計用S-N線図を導出した。さらに、第3章で導出の破壊基準に、各疲労試験で得られた強度分布を考慮した設計強度基準を明らかにした。

第5章総括では、本研究で得られた結果を総括して結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

アルミニウム合金と軽量で高強度が確保できる炭素繊維強化プラスチックス（CFRP）を被着体とした構造体は、航空機をはじめ車両関連に広く用いられており、これらの接着継手の疲労試験が数多く行われている。しかし、CFRPのような構造材料では負荷方向により力学的特性が異なるので負荷方向を変数とした疲労特性評価が重要であるが、充分な考察を基に実施されていないのが現状である。そこで、荷重条件や試験本数などを基に、疲労試験結果から信頼性を考慮した設計疲労強度が得ることが出来れば合理的な設計が可能となると考えられる。かかることから、本研究は、アルミニウム合金/CFRP接着材の疲労試験を実施し、信頼性を考慮した設計基準決定法を提案しているものである。その成果の要約は次の通りである。

(1) スカーフ角度の異なる接着継手について、有限要素法による応力解析を行い、接着強度に大きな影響を及ぼすと考えられる応力の多軸性および端部の特異性について調査している。また、重ね合わせ継手については、継手端部から1 mm離れた領域では応力の特異性の影響がほぼ消失することを明らかにしている。

(2) 電気油圧サーボ試験機を用い、突合せ、スカーフ継手、重ね合せ継手について、疲労試験を実施し、破面の走査型電子顕微鏡を用いた観察を行い、最終破断郡ではハックルが観察されていることから、最終破壊はせん断型支配であることを明らかにしている。

(3) 疲労試験結果と応力解析結果を基にPoint failureによる破壊条件を接着継手に適用することについて検討し、Point failure条件の評価距離 $d_0=0.5$ mmの強度を、接着層のせん断応力と法線応力で整理することにより、エポキシ系接着剤によるアルミニウム合金/CFRP継手の破壊基準となることを導き出している。

(4) 統計的手法による疲労強度基準決定法を用いて、設計用S-N線図を得る方法を展開し、破壊確率1％と破壊確率0.1％の設計用S-N線図を導出している。

(5) スカーフ継手について、スカーフ角変化に伴うせん断と垂直応力を評価し、任意のスカーフ角を有する継手の疲労強度を求める手法を提案し、継手設計への有用性を明らかにしている。

以上のように、本論文は、アルミニウム合金/CFRP接着材の各種継手構造の破壊基準を明確すると共に信頼性を考慮した疲労設計基準決定法について提案し、疲労試験結果を用いてその妥当性を確認したものであり、軽構造設計分野への寄与が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。