

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	河野 洋輔
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
論 文 題 目			
Evaluation of fracture toughness for CFRP joints with highly toughened epoxy adhesive under mixed-mode (mode I + II) condition and plastic behavior of epoxy adhesive for various stress multiaxialities (高じん性エポキシ接着剤による CFRP 接着継手の混合モード (モード I + II) 状態における破壊じん性の評価と種々の応力多軸度におけるエポキシ接着剤の塑性挙動の研究)			
論文審査担当者			
主 査	准教授	日野 隆太郎	
審査委員	教授	佐々木 元	
審査委員	教授	曙 紘之	
審査委員	名誉教授	今中 誠 (大阪教育大学)	
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文では、混合モード条件 (モード I (開口型) + モード II (せん断型)) における高じん性エポキシ接着継手の強度を予測するための実験手法と有限要素シミュレーション手法を確立することを目的として、種々の混合モード条件下での接着継手破壊じん性試験による破壊挙動の評価と R 曲線 (き裂長さとエネルギー解放率の関係を示す曲線) の調査、接着層のき裂進展の有限要素シミュレーションによる破壊挙動の評価とその妥当性の検証、接着接合部の多軸応力場における接着剤層の降伏挙動に対する静水圧応力の影響についての評価と検証などが行われている。</p> <p>本論文は 5 章から構成されている。第 1 章では、研究背景、関連文献の調査、本論文の目的と構成について説明され、第 2 章では、混合モード条件下におけるゴム改質高じん性エポキシ接着継手の破壊じん性値が評価されている。メカニカルリンクで構成された特殊な負荷システム (Fernlund-Spelt ジグ) を用いた破壊じん性試験によって種々の混合モード条件下の R 曲線が求められ、有限要素解析に基づく J 積分解析結果と比較された。その結果、混合モード条件におけるモード II 成分の増加が高じん性接着継手の破壊面やき裂進展挙動に影響を及ぼし、エネルギー解放率や R 曲線特性にも影響を及ぼすことが明らかにされた。R 曲線の結果から、モード I が支配的な条件では、き裂長さによらずエネルギー解放率 G_T がほぼ一定であるが、モード II が支配的な条件では、き裂長さが約 10 mm に達するまで G_T は増加し、その後はほぼ一定値となることが明らかとなった。</p> <p>第 3 章では、様々な混合モード条件下での破壊じん性試験におけるき裂進展について、CZM (Cohesive Zone Model) を用いた有限要素シミュレーション手法の構築とその計算結果の検討が行われた。高じん性接着剤における CZM のトラクション-セパレーション則</p>			

(T-S 曲線)として台形型 T-S 曲線を、また破壊規準としては線形およびべき乗型モデルを採用し、第 2 章で得られた R 曲線やき裂進展挙動などの実験結果に基づいて CZM の各種パラメータが決定された。CZM シミュレーションにより、4 種類の異なる混合モード条件下での破壊じん性試験におけるピーク荷重が推定され、その結果から指数 $n=1.8$ としたべき乗型破壊規準が適切であることが明らかとなり、実験における荷重-変位曲線のピーク荷重を適切に再現できることが確かめられた。

第 4 章では、接着剤層の応力多軸性が大きく異なる 3 種の試験（バルク接着剤引張試験、厚膜接着継手せん断試験、突合せ接着継手引張試験）において、高じん性エポキシ接着剤の降伏および塑性挙動が実験と有限要素解析により調査された。降伏規準として、静水圧応力感受性と異方性を考慮できる指数型 Drucker-Prager モデル、異方性のみ考慮できる Hill'48 モデル、静水圧応力感受性・異方性を有さない von Mises モデルの 3 種を用いた有限要素シミュレーションが実施され、上述の 3 種の試験における接着剤層の応力-ひずみ関係が検討された。その結果、指数型 Drucker-Prager モデルの静水圧感度パラメータは常に一定ではなく、接着層の応力多軸性に応じて適切に設定する必要がある（応力多軸性が高い突合せ接着継手においては当該パラメータを大きくする必要がある）ことが示された。

第 5 章では本研究の主な成果とその意義、今後の展望についてまとめられている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。