

Title	An Approach for Reliability Evaluation of Composite Structures based on Coupon Test
Author(s)	Abhijit, Kumar Mandal
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/46860
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏名	アビジタ クマル マンダル ABHIJIT KUMAR MANDAL
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 20328 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学位論文名	An Approach for Reliability Evaluation of Composite Structures based on Coupon Test (クーポンテストに基づく複合材料構造物の信頼性評価の一手法)
論文審査委員	(主査) 教授 座古 勝 (副査) 教授 豊田 政男 教授 南 二三吉

論文内容の要旨

設計では、要求される信頼性、安全性を満足させなければならないが、繊維強化複合材料（以下、FRP）の力学的特性は異方性とばらつきを有するので、信頼性の基準となる破壊確率などの算出方法が複雑となることから、それは容易ではない。そこで、本研究において複合材料を用いた構造物の信頼性評価を容易とすることを目的に、構造物の破壊確率と安全性指標の評価手法の開発を行った。本論文は、7章で構成した。

第1章は、序論として FRP の特質ならびに設計手法と研究目的について記述した。第2章では異方性体の力学的特性、第3章では異方性体の破壊条件式を概説し、FRP 構造物設計に広く用いられている破壊条件式の変数決定方法について記述した。

力学的特性評価として、異方性の場合は2軸試験を実施する必要があるが、容易ではない。そこで、第4章では、2軸試験の代わりに非主軸曲げ試験結果を用いて力学的特性評価を行える手法を提案した。FRP の破壊則として用いられている Hoffmann 則および Tai-Wu 則を非主軸曲げ試験結果に適用し、逆解析により3次元破壊包絡面を作成し、特性評価を行う手法を提案した。加えて、FRP の強度データは、金属材料に比して大きなばらつきを有しているため、信頼性評価には、その分布状態を求める必要がある。特に、試験片作成が容易ではない場合には、少標本での分布評価を可能とする手法が求められている。そこで、少標本でも強度分布を推定可能とすべく、試験結果を破壊包絡面に沿って評価軸上に移動させて強度分布を推定する手法を提案した。

第5章では、構造物の高精度の信頼性、安全性評価には、3次元破壊包絡面を考慮する必要があることを示した後、それを用いた破壊確率 (Pf) 算出法と安全性指標 (SI) 算出法について記述した。また、構造設計では破壊確率よりも安全係数の方が広く用いられている。そこで、安全率に対応すべく原点から最大応力点までの距離を原点から延長点までの距離で除した比を設計破壊確率 Pf に対する安全性指標 SI と定義した。異方性を有し、強度のばらつきも大きい FRP 構造設計には、安全率よりも安全性指標 SI の方が有効であることを示した。

第6章では、提案手法の一般化を図るため、疲労設計に適用を試みた。構造物構成部材の S-N 線図ならびに Goodman 線図を用いて、設計寿命に応じた繰返し数に対する破壊確率 Pf の評価を各構造部材で行い、それらの最大破壊確率を構造物の破壊確率とすることにより、提案手法が疲労荷重に対しても有効であることを示した。

最後に、本研究で提案した手法を CFRP 圧力容器に適用し、CFRP 非主軸の曲げ試験を基に信頼性評価できることを示し、手法の有効性を明らかにした。第7章では、得られた結果をまとめ総括した。

論文審査の結果の要旨

複合材料構造物の信頼性評価を行う場合、破壊確率に基づく安全性評価が重要となるが、複合材料の特性である異方性と構造物に発生する3次元応力状態がそのような解析・評価を複雑なものとしており、簡易な評価手法の構築が必要とされている。かかる理由から、本論文では設計者が構造物の安全性を考慮して設計・評価に用いやすいシステム構築を目的として、異方性や多軸応力状態を加味した安全性指標の提案、算出、評価を行っている。本研究で提案している安全性指標評価法は、複合材料を対象に実際の構造物の製作前の設計段階において、設計変数の選択、決定を支援するシステムであり、以下のような新規性と特徴を有する。

- (1) 任意の破壊確率に対して、構造物中のある箇所の応力状態を破壊則に基づいて評価している。
- (2) 一般に設計者は設計に確率という概念を敬遠する傾向にあるため、設計変数の選択や決定を行い易いように、新たな安全性指標を提案し、設計者が容易に評価可能なシステムとした。
- (3) 数少ない試験データとそれらデータの変換式によって、破壊確率および安全性指標による評価手順を提案、記述している。
- (4) 異方性や製造時の影響により、複合材料はその性質として大きなばらつきを有する。提案手法では、このばらつき特性を確率分布関数により表現し、その関数を用いて破壊確率、安全性指標を評価するシステムを提案している。
- (5) 複合材料強度を測建するために2軸試験を行うことは高コストであるため、提案手法では破壊則を用いて多軸応力下の強度評価を行っている。
- (6) 設計段階において破壊確率、安全性指標、適切な設計変数の決定を容易に行うための GUI を構築している。
- (7) 提案手法の適用範囲を動的荷重にも対応したものとしている。

以上のように、本論文は従来困難であった複合材料の設計・評価を数少ない試験データから効率的に行い、且つ異方性や多軸応力状態にも対応可能なものとするなど、実用的システムの構築を行っている。そのシステムを構築したことは、学術的だけでなく産業界に寄与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。