

氏 名	渡 邊 道 弘 わた なべ みち ひろ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 1299 号
学位授与の日付	昭 和 55 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	ガラス繊維強化樹脂の強度特性と破壊機構

論文調査委員 (主 査) 教 授 遠 藤 吉 郎 教 授 大 矢 根 守 哉 教 授 山 田 敏 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は複合材料の代表例として、ガラス繊維強化樹脂の強度特性と破壊機構を明らかにしたもので、緒論、結論のほか、9章よりなっている。

第1章、第2章では連続繊維および不連続繊維で強化した樹脂の静的引張り破壊の挙動について論じている。

第3章は連続繊維強化樹脂の疲労破壊について論じたもので、第1章の知見のもとに、繊維破断を破壊の原因とする場合と、繊維樹脂界面のせん断による迂りの累積を破壊原因とする場合との別を明らかにし、疲労破壊を種々の角度から論じている。また疲労過程で生じる物性変化より内部損傷の進行を調べ、変動荷重、漸増荷重の疲労を論じている。

第4章は不連続繊維で強化した樹脂の疲労挙動に及ぼす影響因子、とくに繊維含有率と繊維長の効果を論じたものである。疲労寿命として、き裂発生時と最終破断時をとり、それぞれの寿命に与える影響因子の効果を考え、成形法と強度の関連について述べている。

第5章は連続繊維強化樹脂の疲労強度に及ぼす環境水分の効果を述べたもので、環境下の界面挙動より吸水と内部損傷の相関性を考察し、その劣化機構を述べている。これより水中の疲労挙動に及ぼす力学的因子の影響が確認された。

第6章はとくに環境水分下で使用されることの多い不連続繊維強化樹脂の疲労強度に及ぼす水分の影響と漏水の問題を、第5章でふれた拡散理論を拡張して論じたもので、さらに長期使用による劣化の推定法を述べている。

第7章では連続繊維強化樹脂の対衝撃性とエネルギー吸収機構を取扱ったもので、衝撃荷重下の積層材が引張り形の破壊と層間剝離形の破壊と異なるモードの破壊を生じること、およびそれぞれのモードの破壊の特徴と吸収エネルギーの関係を論じている。

第8章は不連続繊維強化の場合の対衝撃性とエネルギー吸収機構について明らかにしようとするもので、繊維含有率や繊維長の影響を実験的に調べ、界面の臨界せん断強度との関係を論じたものである。

第9章では静強度と疲労強度の相関、疲労による予損傷材の衝撃挙動を破壊モードに関連して論じたものである。

以上各章によって樹脂を強化する繊維が連続の場合と不連続の場合に分けて静強度、疲労強度、衝撃強度を体系的に調べ、その間、とくに水環境の効果に着目して、複合材料の評価技術の確立と複合材料開発をはかろうとするものである。

論文審査の結果の要旨

ガラス繊維強化樹脂は複合材料の代表的な材料であって、用途は拡大しつつあるが、その特性の不明さと、強度設計法の未確立のため一次強度部材への適用にはなお問題があった。本論文は静的強度、疲労強度、衝撃強度について体系的な研究を行い、連続繊維強化と不連続繊維強化の場合について、破壊モードを考慮に入れ、とくに環境水分の影響を明らかにすることによって、複合材料の強度評価と材料設計法を確立しようとしたものであって、得られた主な成果は以下のようである。

(1) 連続繊維強化樹脂の静荷重下での応力-ひずみ挙動は、強化繊維と樹脂マトリックス間の界面の迂りにおける非線形性を考慮するとき、任意の繊維配向角について説明される。またそのときの破壊は繊維の引張り破断と界面のせん断破損の異なったモードに起因している。

(2) 不連続繊維強化樹脂の静強度は繊維含有率と繊維長に大きく影響され、臨界繊維長を考慮した実質繊維含有率で一意的に示される。

(3) 連続繊維強化樹脂の疲労寿命は、疲労過程での内部損傷をあらわす白化量や疲労変形量に及ぼす平均応力、切欠き、繊維屈曲角などの効果が界面の影響をうけるために、繊維配向角によって大きく変化するを知り、疲労破壊の機構を明らかにした。さらに二段荷重試験により疲労被害の進行と内部損傷の進展の関係、および階段状漸増荷重法による疲労強度迅速決定法の可能性を調査し、繊維配向角の影響の差異を明らかにした。

(4) 不連続繊維強化樹脂の疲労寿命はき裂発生寿命と最終破断寿命に明らかに分けられ、繊維含有率が増すほど、また板厚が大になって繊維配向が3次元的になるほど、き裂の進展抵抗が増す。

(5) 環境水分は界面の接着力を弱化することによって強度を低下するが、その程度も繊維配向角によって系統的に変化する。また吸水の過程は拡散理論とよく一致するが、繰返し応力の共存が拡散定数に大きい効果をもつことなどが明らかにされた。さらに吸水による劣化は漏水現象を起すので、十数年の長期使用に耐えるような劣化推定法を求めた。

(6) 衝撃破壊には繊維の破断を主因とする分断形破壊と、強化層間のせん断による層間剥離破壊の二つのモードが存在する。前者は繊維の引抜きに基づく界面損傷であるので、繊維配向角、繊維含有率、繊維長が破壊エネルギーに大きく影響する。後者は樹脂マトリックスの性質に依存するので、これらの影響は比較的小さいが、破壊エネルギーに及ぼす強化層の構造の効果が大きい。

これを要するに、本論文はガラス繊維強化樹脂の強度特性と破壊機構を、繊維と樹脂の界面に着目して、さまざまな角度から解明したものであって、複合材料の強度評価技術の確立と複合材料の開発をはかる上にも重要な指針を与えるものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。