

氏 名	くら 倉 鋪 憲
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 101 号
学位授与の日付	平成13年3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 題 目	母材特性が連続繊維マット強化CPレジン複合材の力学特性に及ぼす影響に関する研究
審 査 委 員	(主査) 教 授 齋 藤 憲 司 教 授 土 屋 八 郎 教 授 岩 本 正 治 教 授 前 川 善 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

繊維強化複合材料には強化繊維と母材樹脂の組合せにより、様々な特性を持たせることが出来るが、要求される特性を自在に作成することはまだ不可能である。構成素材の個々の特性が全体の特性にどのような影響を与えるかを明らかにすることは、複合材料設計という立場から重要である。複合材料に対する従来の研究は強化繊維の挙動に注目したものが圧倒的に多く、母材樹脂特性の影響を論じたものは少ない。本研究は、その数少ない研究の一つであり、そこに本学位論文の着想の新規性がある。剛性および強度がほぼ同じで伸び特性が大きく異なる2種類のCPレジンを用いた連続ストランドマットで強化した連続繊維マット強化CPレジン複合材を供試材とし、種々の負荷形式の下で母材の伸び特性及び繊維含有率がGFRP材の力学特性に及ぼす影響を明らかにする。さらに、損傷の発生、成長そして最終破断までの広い領域で測定できる赤外線サーモグラフィを利用して、複合材の疲労中の温度上昇挙動に着目して疲労温度上昇曲線による、複合材料の疲労損傷評価法を提唱し、複合材料の余寿命算定方法の途を拓くものと思われ、本学位論文は工学的に高く評価できる。

以下に各章の概要を示す。

第1章では、FRPに及ぼす母材樹脂の影響に関する代表的な研究例について述べるとともに、本研究の目的と意義について述べている。

第2章では、静的引張下における力学特性および試験片中央片側に切り欠きのあるSEN (Single Edge Notch) 試験片により耐き裂性を調べている。延性を示すP材を母材とする複合材は、H材のそれよりも母材樹脂の伸び特性により引張り強さが20～30%の特性向上がみられ、優れていることがわかった。き裂進展開始時の破壊じん性は、H材、P材とも繊維含有率の増加とともに増加し、またP材はH材に比べやや大きい値を示した。

第3章では、One Bar Methodによる振子型の計装化衝撃引張試験機により、SEN試験片を用いて衝撃試験を行っている。試験温度を変化させ、各温度下における衝撃引張り破壊特性に及ぼす母材樹脂特性の影響について検討している。き裂進展開始時の動的破壊じん性 (Kd) inの値は繊維含有率が増加するほど高くなるが、母材樹脂の違いによる (Kd) inへの影響は見られず、温度依存性も見られなかった。

第4章では、疲労き裂伝ば挙動を破壊力学的な観点から検討している。繊維含有率20wt.%,60wt.%のテーパー付きDCB試験片 (TDCB) 試験片を用い、応力拡大係数範囲制御 (ΔK 制御) 試験を行い、疲労き裂伝ば挙動に及ぼす母材および繊維含有率の影響について検討している。低繊維含有率の場合、ぜい性母材のH材の方が延性母材のP材より、同じ ΔK で疲労き裂伝ば速度が遅い。高繊維含有率では、繊維が疲労破壊機構を主に支配するため、H材とP材の疲労き裂伝ば特性はほぼ同じであり、母材の影響はほとん

どみられなかった。

第5章では、繊維含有率20wt.%,60wt.%のダンベル試験片を用いて疲労試験を行い、疲労強度と疲労損傷を調べるため、AE法を用い振幅分布から疲労中の損傷様相及びAE事象率から損傷過程に及ぼす母材樹脂特性の検討を行っている。疲労強度は繊維含有率60%においては、ほぼ同じ値であり母材特性の影響はみられなかった。20%材においては、伸び特性の優れた母材の方が高い疲労強度を示している。

第6章では、60wt.%材を対象として、疲労負荷過程中的発熱現象に着目し、赤外線応力画像システムを用い、試験片表面の最高温度を追跡している。疲労中の温度上昇と負荷応力及び繰返し速度の関係を明らかにし、繰返し数比（繰返し数／破断繰返し数）と温度上昇の関係から、負荷応力及び繰返し速度に依存しない基準となる基準疲労温度曲線を求めている。

第7章では、第6章で求めた基準疲労温度曲線を利用し、あらかじめ与えた疲労損傷の定量的評価法を検討している。2段階の疲労試験を行い、1次試験での繰返し数比を損傷量に対応するものと考え、その損傷を2次試験で観測される温度変化を基準疲労温度曲線に適用し、疲労損傷評価について検討している。1次試験、2次試験の負荷応力を同一、高い応力から低い応力及び逆の低から高応力のパターンについて、累積損傷と応力履歴の関係を検討し、定量的疲労損傷評価法を提案している。

第8章では、第6章および第7章で使用した材料に加え、母材樹脂および繊維含有率を変化させ、各供試材の基準疲労温度曲線をもとめている。それにより、母材樹脂特性および繊維含有率が基準疲労温度曲線に及ぼす影響を検討し、GFRPの損傷形態および破壊様相と疲労損傷の定量的評価との関係について論じている。

第9章は結論であり、これまでの各章で得られた結果をもとに総括して本研究の結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

繊維強化複合材料には強化繊維と母材樹脂の組合わせにより様々な特性を持たせることが出来るが、要求される特性を自在に作成することはまだ不可能である。構成素材の個々の特性が全体の特性にどのような影響を与えるかを明らかにすることは材料設計という立場から重要である。複合材料に対する従来の研究は強化繊維の挙動に注目したものが圧倒的に多く、母材樹脂特性の影響を論じたものは少ない。本学位論文はその数少ない研究の一つであり、そこに本研究の着想の新規性が見られる。

さらに、本学位論文において、繰返し負荷を受ける複合材における損傷の発生、成長、破断までの広い領域で測定可能な赤外線サーモグラフィを用いて、疲労中の温度上昇挙動に着目して、疲労温度上昇曲線による複合材料の疲労損傷評価法を提唱したことは、複合材料の余寿命算定方法に途を拓くものと思われ、本学位論文は工学的に高く評価できる。

本学位論文作成の基礎となった学術論文は以下の通りである。

1. 倉鋪憲、岩本正治、荒木栄敏、安偉、連続繊維強化CPレジン複合材の静的力学および破壊特性に及ぼす母材および繊維含有率の影響、材料、43-486, 248頁～253頁（1994年）。
2. M. IWAMOTO, K. KURASHIKI, S. ARAKI, K. Saito, Effects of the Elongation Property of Matrix Resin on Mechanical Properties and Fracture Behavior of CP-Resin Composites, Proc. of The 10th ICCM, VI 405頁～412頁（1995年）。
3. 岩本正治、倉鋪憲、荒木栄敏、連続繊維強化CPレジン複合材の疲労き裂伝ば特性に及ぼす母材および繊維含有率の影響、材料、45-5, 490頁～495頁（1996年）。
4. 倉鋪憲、倪慶清、前坂敏彦、岩本正治、赤外線熱画像法によるGFRP材の疲労損傷評価法に関する研究（第1報、疲労温度上昇曲線）、日本機械学会論文集A編、66-645, 960頁～965頁（2000年）。
5. 倉鋪憲、倪慶清、前坂敏彦、岩本正治、赤外線熱画像法によるGFRP材の疲労損傷評価法に関する研究（第2報、2段階疲労試験による評価）、日本機械学会論文集A編、66-645, 966頁～971頁（2000年）。

年).

6. K. KURASHIKI, Y. HIRATA, Q-Q.NI, M.IWAMOTO, Effects of Elongation Property of Matrix Resin and Fiber Content on Fatigue Temperature Rise of GFRP, Proc. of The 2nd ACCM, 1013 頁～1018 頁 (2000 年).
7. 倉鋪憲、平田泰士、倪慶清、岩本正治、赤外線熱画像法による GFRP 材の疲労損傷評価法に関する研究 (第 3 報、損傷評価に及ぼす母材樹脂特性と繊維含有率の影響)、日本機械学会論文集 A 編、投稿中。