

配向カーボンナノチューブ/エポキシ複合材料の力学特性強化機構に関する実験的・解析的研究

その他のタイトル	Experimental and numerical study about mechanical properties of aligned CNT sheet/epoxy composites
著者	津田 皓正
学位授与年月日	2013-09-27
URL	http://doi.org/10.15083/00006427

論文審査の結果の要旨

氏名 津田 皓正

博士（科学）津田 皓正 提出の論文は、「配向カーボンナノチューブ/エポキシ複合材料の力学特性強化機構に関する実験的・解析的研究（Experimental and numerical study about mechanical properties of aligned CNT sheet/ epoxy composites）」と題し、7章より構成される。

カーボンナノチューブ(carbon nanotubes: CNT)は軽量かつ優れた力学特性を持つことから、樹脂中に添加することによって複合材料の力学特性を向上させる強化材としての利用が期待され、実際に複合材料の製作および力学特性評価が行われている。しかし既存の研究では、CNT 強化複合材料は期待されたほどの特性を持っていない。この原因としては、CNT の樹脂中における不均一分散性、CNT と樹脂間の界面接着特性などが挙げられる。しかしこれらについて詳細に実験的・解析的に考察した研究は非常に少ない。

一方、近年 CNT の配向を揃える簡便な手法として配向 CNT が注目されている。本研究では、配向 CNT シートを対象に、配向 CNT の複合材料を製作し、その力学特性を実験的に取得するとともに、CNT の配向性や界面接着特性などがこれらの力学特性に及ぼす影響を、実験的・解析的に評価・考察することで、CNT 強化複合材料の力学特性強化モデルを構築することを目的としている。

第1章は「序論」であり、研究の背景についてまとめ、短繊維強化複合材料および CNT 含有複合材料に関する既存研究とその問題点について総括し、本研究の目的と論文の構成について述べている。

第2章は「配向カーボンナノチューブを用いた複合材料の製作」であり、配向 CNT を用いた複合材料の製作方法として hot-melt 法の適用について説明している。その結果、樹脂は CNT シート中に均一に含浸し、また成形不良も少ないなど、良好な成形性をもつ複合材料の製作に成功している。

第3章は「複合材料のマクロ力学特性評価および弾性率向上予測モデルの構築」であり、CNT の配向が力学特性に及ぼす影響について評価している。引張試験片について SEM 観察から CNT の配向特性を取得後、Eshelby/Mori-Tanaka 理論を用いた CNT の見かけの弾性率を計算することで、CNT の補強効果について検証している。その結果、配向 CNT の複合材料中における配向分布を考慮した結果、配向分布を制御することが、今後の複合材料の弾性率向上に不可欠であることを述べている。

第4章は「カーボンナノチューブおよび複合材料のミクロ力学特性評価」であり、CNT 単体の特性および CNT と樹脂間の界面接着特性を実験的に取得している。その結果、複合材料中における CNT と樹脂間の界面接着特性は、通常のカーボン繊維強化 CFRP と比較しても非常に低く、その改善によって力学特性の向上が期待できることを示している。

第 5 章は「複合材料の損傷進展に関する実験的観察および評価」であり、複合材料の引張過程における損傷進行を実験的に評価する方法を新たに提案・適用し、界面剥離や CNT の内部破断が進行し、これらが原因となって複合材料の最終破断に至ること、また、CNT が多重破断していることを実験的に示している。

第 6 章は「複合材料の損傷進展プロセスのモデル化」であり、本複合材料のマクロな力学特性とミクロな力学特性を実験的に関連付けて説明するモデルを構築している。短繊維強化複合材料における損傷進展シミュレーション法を改良し、本複合材料の損傷プロセスの再現し、実験的に観察された結果との合理的な一致を得ている。また、これらの結果の妥当性から本複合材料の設計指針の構築が可能となり、CNT の弾性率や強度、界面接着特性が複合材料に及ぼす影響についても考察を行っている。

第 7 章は「結論」であり、配向 CNT 含有複合材料の力学特性強化機構に関して実験的・解析的に評価することで、CNT のミクロ特性と複合材料のマクロ特性を実験的に関連付けた力学特性強化モデルを構築することが可能であることを示している。本研究は、今後配向 CNT のみならず、一般の分散型 CNT 含有複合材料においてもその適用が期待される。これらの研究成果は、次世代複合材料工学、極限材料工学の発展に大いに寄与する有益な知見を与えている。

なお、本論文第 5 章は、小笠原俊夫、武田展雄、文淑英、島村佳伸、井上翼、仲本兼悟との共同研究、第 4 章は鄧飛との共同研究、第 6 章は西川雅章との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1,941 字