

<p>サブテーマ名： I - 2 カーボンナノコイル複合高機能樹脂、電磁波吸収材の開発 小テーマ名： I - 2 - 4 制振機構の解明</p>
<p>サブテマリーダー： (地独)大阪市立工業研究所 理事 喜多 泰夫 研究従事者： 大阪市立大学 准教授 逢坂 勝彦、講師 高坂 達郎、 安中 雄海、荒木 隆男</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>①研究の概要</p> <p>本研究では、CNC強化FRP(CNC/FRP)の制振特性が発現する仕組みを明らかにすることを目的として、特にCNCが樹脂特性に与える影響に着目し、CNC/ポリマー(CNCRP)について基礎実験および理論的検討を行う。最初に、電界配向させたCNCRP薄板を作製して薄板圧縮試験を行い、三次元有限要素解析結果と比較することでCNCが樹脂の弾性特性に与える影響を明らかにする。次に、CNCRP板を作製して、制振試験および動的粘弾性試験を行うことにより、CNCが樹脂の粘弾性特性に与える影響を明らかにする。</p> <p>②研究の独自性・新規性</p> <p>CNCがCNC強化FRPの粘弾性特性に与える影響については、研究例はあるもののその数は非常に少なく、十分に明らかにされているとは言えない。本研究では特に母材樹脂の特性に与える影響に着目して、さまざまな手法により詳細な基礎実験を行う。本研究で行われるようなCNCRPの粘弾性特性に関する詳細な実験的検討はあまり例が無く、独自性・新規性ともに高いものといえる。</p> <p>③研究の目標</p> <p>フェーズⅡより研究を開始した。平成19年度は、CNCが樹脂の弾性特性に与える影響を明らかにすることを目標として、圧縮実験および有限要素解析を行う。平成20年度は、CNCが樹脂の制振特性に与える影響を明らかにすることを目標として、振動試験および有限要素解析を行う。平成21年度は、CNCが樹脂の粘弾性特性に与える影響を明らかにすることを目標として、動的粘弾性試験およびマクロモデルの提案を行う。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況</p> <p>平成19年度（一部平成20年度）には、CNCが樹脂の弾性特性に与える影響を明らかにするために、電界を加えてエポキシ樹脂中に配向させたCNCRPの厚さ1mmの薄板を作製して、厚み方向に力を加えて圧縮試験を行った。本試験において十分な精度を得るには圧縮ジグ上下面の相対変位測定にnmオーダーの高い精度が必要となる。よって高精度の変位計である光ファイバフィゾー干渉計をジグに組み込んだ薄板用荷重変位測定装置を考案し、試験装置の製作を行った。その測定精度が十分であることを実験的に確認した後、0.05wt%、1wt%、3wt%の含有量の薄板CNCRPについて圧縮試験を行った。なお、同じ含有率について電界配向およびランダム配向の試験片をそれぞれ用意した。図1に示す圧縮試験の結果から、CNC含有率の異なる試験片のヤング率には有意な差は見られないことが明らかとなった。この結果について考察するため、樹脂中にCNC繊維が一本入ったCNCRPの3次元FEMモデル（ユニットセルモデル 図2）を作成した。解析結果からは、1 vol%の含有率では2%程度の強化効果しか得られないことが分かった。さらにピッチとコイル径を変えて計算を行った結果、CNCの強化効果にはピッチが最も大きく影響し、報告されたCNCの平均ピッチ付近では強化効果が低いことが分かった。この解析結果は実験で得られた結果と定性的に一致した。以上より、CNCが樹脂の弾性特性に与える影響を明らかにした。</p> <p>平成20年度には、CNCが樹脂の制振特性に与える影響を明らかにするために、ポリアミド（PA）を母材としたCNC含有0wt%、0.5wt%および5wt%の厚さ0.5mmのCNCRP（CNC/PA）試験片を作製して片持ち梁自由振動試験を行った。本試験では、より精度の高い測定を行うために、数十回の試験結果から効率的な解析が可能なシステムを構築した。そして、周波数特性については、拘束長さを制御することで固有振動数を変化させた。図3に、試験で得られた周波数52～55Hzにおけるひずみ振幅と損失係数の関係を示す。実験結果から、どの周波数においても損失係数はほとんど変わらず、その差異は最大のもので4%程度であり、わずかにCNC添加による減少傾向があることが分かった。なお、せん断変形が支配的な構造としてCNCRP/Alサンドイッチ梁を用いた試験も行ったが、CNCRPとほぼ同じ結果が得られた。この結果に関して理論的検討を行うために、H19年度と同様のユニットセルモデルについてCNC/PAの3次元有限要素解析を行い、単軸負荷におけるひずみエネルギーを計算した。得られた結果からひずみエネルギー法を用いてCNC/PAの減衰特性を計算した。その結果、理論値および実験値ともに変化は小さく、CNC含有量が増えると</p>

ともに損失係数が減る傾向にあることがわかった。以上より、CNCが樹脂の損失係数に与える影響を明らかにした。

平成21年度には、樹脂の粘弾性特性へのCNCの影響を明らかにするため、動的機械分析装置（DMA）を用いて温度と周波数を変化させて複素弾性率の測定を行った。ポリスチレン（PS）を母材としたCNC含有0wt%、0.7wt%および3wt%の厚さ1.5mmのCNC/PS試験片の作製し、複素弾性率測定試験を行った。試験法は3点曲げ試験であり、スキャン温度は30℃～160℃、周波数は、10,100Hzとした。図4に実験結果を示す。これより、ガラス転移温度T_g（110℃）以上においては、3wt%試験片は貯蔵弾性率がPS試験片より高くなっており、低弾性領域ではCNCの補強効果を確認することが出来た。また、T_g以下において、CNCを含有した試験片の損失弾性率がPS試験片よりわずかに大きい傾向が見られたが、この結果を定量的に評価するには多くの試験片が必要であると思われる。以上より、CNCが樹脂の粘弾性特性に与える影響を明らかにした。

主な成果

具体的な成果内容：

CNCがCNCRPの弾性特性、損失係数、粘弾性特性に与える影響について実験的理論的に明らかにした。低含有率のCNCRPでは、常温域においては樹脂の弾性特性、損失係数に与える影響は小さく、損失係数は下がる影響にあった。しかし、ガラス転移温度を超えると弾性特性の向上が見られることが分かった。以上より、CNCの少量の添加によっては樹脂の制振特性はほとんど変わらないことが分かった。

研究成果に関する評価

1 国内外における水準との対比

CNTを添加した複合材料の制振特性発現の機構に関する研究はよく行われているが、CNC強化樹脂に関する研究は非常に少なく、その仕組みもほとんど明らかとなっていない。それに対して本研究では、CNCの添加による影響を詳細な複数の試験と有限要素解析によって明らかにしており、今後の材料設計において貴重な指針となるものと思われる。

2 実用化に向けた波及効果

CNC複合材料の制振特性について、その母材となる樹脂へのCNC添加の影響が明らかとなり、材料設計におけるCNCを添加した樹脂の取り扱いについて重要な指針を与えることが出来た。

残された課題と対応方針について

本研究により、少量のCNCの添加によっては、樹脂の制振特性はほとんど変わらないことが明らかとなった。よって、CNC複合材料の制振特性に関しては、CNC添加した樹脂の制振特性の変化による影響は小さく、樹脂/繊維界面の状態などのほかの要因が大きい可能性がある。この要因を追求するためには、CNCを添加した複合材料について、その要因が特定できるような試験法を考案する必要があると考える。

	J S T負担分（千円）							地域負担分（千円）							合 計
	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	小計	16年度	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度	小計	
人件費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
設備費	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	0	0	0	1,000	1,100	470	2,570	0	0	0	0	0	0	0	2,570
旅費	0	0	0	0	20	20	40	0	0	0	0	0	0	0	40
その他	0	0	0	0	60	60	120	0	0	0	0	0	0	0	120
小計	0	0	0	1,000	1,100	550	2,650	0	0	0	0	0	0	0	2,650

代表的な設備名と仕様〔既存（事業開始前）の設備含む〕

J S T負担による設備：

地域負担による設備：

※複数の研究課題に共通した経費については按分してください。