

天然繊維で強化した機能性グリーンコンポジットの開発

高木 均¹, 森 浩司¹, 日野順市¹, 越智真治², 中岡正典³

Development of Functional “Green” Composites Reinforced by Natural Fibers

by

Hitoshi TAKAGI, Hiroshi MORI, Junichi HINO, Shinji OCHI, Masanori NAKAOKA

Various types of unidirectional and random bamboo fiber reinforced “green” composites were fabricated, and examined their damping properties as a function of fiber content. The loss factors decreased with increasing fiber content. However they decreased gently higher than 40mass percent fiber content, the tensile modulus increased proportionally to the fiber content of about 80mass percent. The definite relationship between loss factor and Young’s modulus was not found. In addition, loss factors of random fiber (10mm fiber) reinforced “green” composites are larger than loss those unidirectional (continuous fiber) ones.

Key words: “Green” Composites, Loss Factor, Vibration Control, Bamboo Fiber

1 緒 言

自動車や航空機などの機械構造物にはガラス繊維強化プラスチック (GFRP) が多用されている。このGFRPは軽量かつ高強度であり各種の優れた機能を有する反面、廃棄処分・リサイクルが困難であるという欠点を有している。このため、環境負荷の小さい構造用複合材料の開発が必要とされている。

そのため、近年では生分解性樹脂を高強度天然繊維で強化した、環境に優しく新しい機能を有するグリーンコンポジット (生分解性複合材料) が開発されている。その機械的特性について多くの研究がなされている⁽¹⁾⁻⁽⁸⁾。しかし、制振特性や吸音性などの機能性⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾に関する研究は少ない。

そこで本研究ではマトリクスに生分解性樹脂、強化材に竹繊維を用いて様々な形状のグリーンコンポジットを作製し、その制振特性の調査を行った。

2 実験方法

2.1 使用素材

マトリクスとして水分散型生分解性樹脂 (ランディ CP-300, ミヨシ油脂), 強化材として爆砕処理によって得た孟宗竹繊維束 (以後、竹繊維と記す) を用いた。

2.2 試験片の形状

作製したグリーンコンポジットは、連続繊維一方強化材および10mm短繊維ランダム強化材であり、繊維含有率をそれぞれ、6mass%から83mass%まで、10mass%から71mass%まで変化させた。また、10mm, 5mm短繊維一方強化材、5mm短繊維ランダム強化材、ワタ状繊維ランダム強化材、竹粉ランダム強化材の作製も行った。繊維含有率は約54mass%である。試験片の形状は幅10mm, 長さ200mm, 厚さ約1mmである。なお、作製した試験片の詳細をTable 1に示す。

2.3 連続繊維一方強化材の作製

試験片は自作のプレス金型と油圧ハンドプレス (NT-20H, アイセム) を使用し、ホットプレス法で作製した。まず、水分散型生分解性樹脂と竹繊維を混合し、送風定温乾燥器 (DRX420DA, アドバンテック) で105℃, 7.2ks間乾燥させて予備成形体を作製した。その後、予備成形体を金型に入れ、金型を140℃まで加熱した。この温度で0.3ks間保持後、10MPaで0.6ks間加圧し、加圧状態を保持したまま1.5ks間空冷を行い、グリーンコンポジット試験片を作製した。

2.4 短繊維一方強化材の作製

V字状の溝を作ったポリエステルシートに所定の長さ

1 徳島大学工学部機械工学科

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, The University of Tokushima

2 徳島大学工学研究科エコシステム工学専攻

Department of Ecosystem Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokushima

3 徳島県工業技術センター

Tokushima Prefectural Industrial Technology Center

*連絡先: 〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1

徳島大学工学部機械工学科

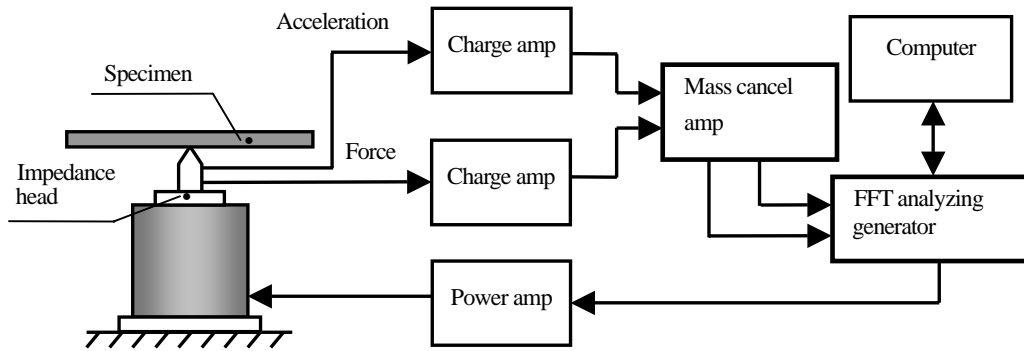


Fig.1 Schematic illustration of center excitation method.

断した短繊維と生分解性樹脂を入れ、繊維が一方になるように整える。次に、送風定温乾燥器を用いて 105 で 7.2ks で乾燥させて、三角柱状の予備成形体を得た。その後、数本の予備成形体を金型に納め、ホットプレスを行った。

2.5 短繊維ランダム強化材の作製

生分解性樹脂を入れたトレイに、上方から木質部を取り除き所定の長さに切断した竹繊維を振り落とし、送風定温乾燥器を用いて 105 で 7.2ks で乾燥させ、シート状の予備成形体を作製した。その後、所定の寸法に切断したシート状の予備成形体を 8 枚重ねて金型内部に納め、ホットプレスを行った。

2.6 ワタ状繊維ランダム強化材の作製

80 の温水と竹繊維をミキサーに入れ、10 分程度攪拌を行ってワタ状の竹繊維を準備した。この竹繊維をトレイに入れ生分解性樹脂と混合する。次に、送風定温乾燥器を用いて 105 で 7.2ks で乾燥させ、板状の予備成形体を作製した。その後、所定の寸法に切断した板の予備成形体を数枚重ねて金型内部に納め、ホットプレスを行った。

2.7 竹粉ランダム強化材の作製

竹の切りくずから得た竹粉をトレイに入れ生分解性樹脂と混合する。その後、送風定温乾燥器を用いて 105 で 7.2ks で乾燥させ、板状の予備成形体を作製した。そして、所定の寸法に切断した板状の予備成形体を数枚重ねて金型内部に納め、ホットプレスを行った。

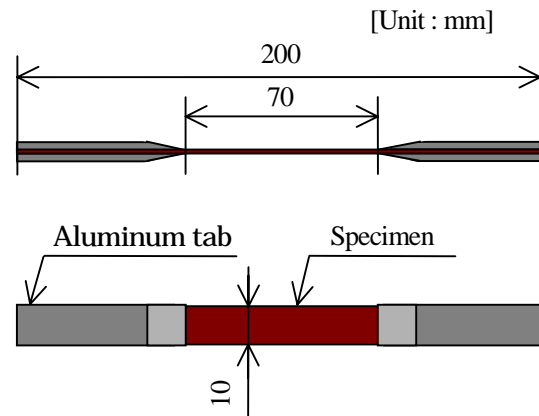


Fig.2 Tensile specimen.

2.7 竹粉ランダム強化材の作製

竹の切りくずから得た竹粉をトレイに入れ生分解性樹脂と混合する。その後、送風定温乾燥器を用いて 105 で 7.2ks で乾燥させ、板状の予備成形体を作製した。そして、所定の寸法に切断した板状の予備成形体を数枚重ねて金型内部に納め、ホットプレスを行った。

2.8 制振特性の試験

制振特性評価装置 (Type 2816 他, Brüel & Kjær) を使用して、2.3 - 2.7 節で作製した試験片を中央加振させ、半値幅法によって損失係数を求めた。測定装置のブロックダイアグラムを Fig.1 に示す。

2.9 引張試験

応力集中を防止するためにアルミニウムタブを Fig.2 のように試験片両端部に接着した。伸び計を取り付けた試験片を使用してインストロン万能試験機 (Model 5567) にて用いて引張試験を行い、弾性係数を測定した。引張速度は 1.0mm/min、ゲージ間距離は 50mm である。

2.10 制振特性の評価方法

Fig.3 に繊維含有率 32mass% と 64mass% の連続繊維一方強化材の伝達関数を示す。損失係数は矢印で示した 1 次の振動モードにおいて評価を行った。高次の振動モードになるほど共振周波数におけるピークはなだらかになり、損失係数は大きくなった。この傾向はその他の試験片においても同様

Table 1 Conditions of test specimens.

Orientation	Fiber length or condition	Fiber content (mass%)
Unidirectional	200mm (Continuous)	6,12,23,32,39,44 53,55,59,64,73,83
Unidirectional	10mm	53
Unidirectional	5mm	51
Random	10mm	10,19,31,40 51,54,62,71
Random	5mm	55
Random	Cotton form	54
Random	Powder	52

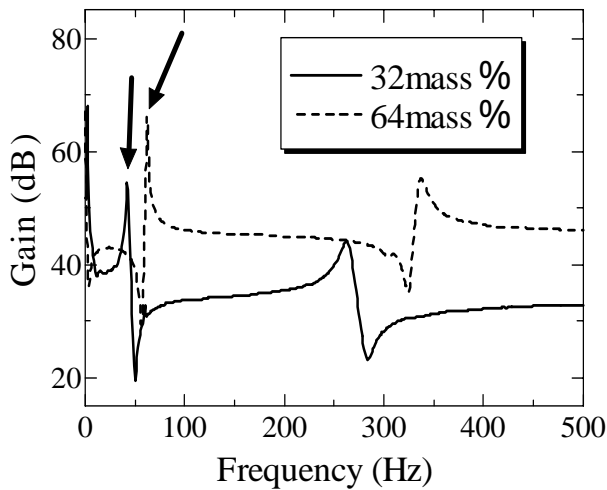


Fig.3 Transfer function of test specimen.

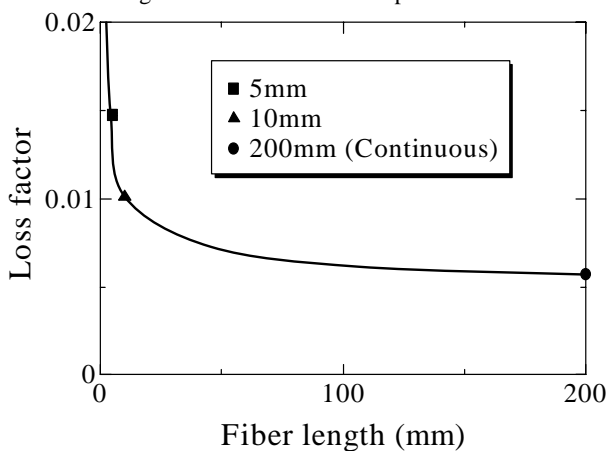


Fig.4 Relationship between loss factor and fiber length (unidirectional).

であった。また、繊維含有率の増加に伴い共振周波数は高くなる傾向が認められた。

3 実験結果および考察

3.1 制振特性に及ぼす繊維長の影響

Fig.4 に連続繊維 (53.2mass%)、10mm 短繊維 (52.7mass%)、5mm 短繊維 (51.3mass%) 一方向強化材の損失係数と繊維長の関係を示す。繊維長が長くなるにつれて損失係数は減少している。これはこのグリーンコンポジットの臨界繊維長が 10mm より長いゆえに、繊維強化が充分に行われていないために剛性が低くなるのが原因であると考えられる。よって、臨界繊維長を超える繊維を強化材として用いれば、連続繊維と同等の損失係数が得られるものと思われる。

3.2 制振特性に及ぼす繊維形状の影響

Fig.5 に 10mm 短繊維 (54mass%)、5mm 短繊維 (55mass%)、ワタ状繊維 (54mass%)、竹粉 (52mass%) ランダム強化材の損失係数を示す。繊維長が 10mm と 5mm のランダム強化材を比較すると、繊維長の短い 5mm の方が損失係数は大きい。これは繊維長が短くなると、短繊維が繊維強化よりも充填物として振舞うようになり、剛性が低下することが原因として考えらる。このため繊維長の長い複合材料と比較して大きい

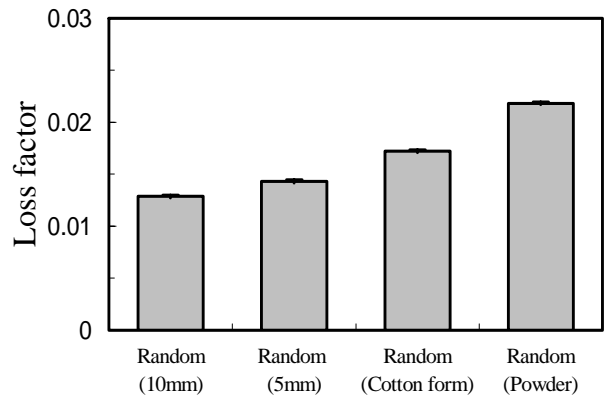


Fig.5 Loss factor of different random specimen.

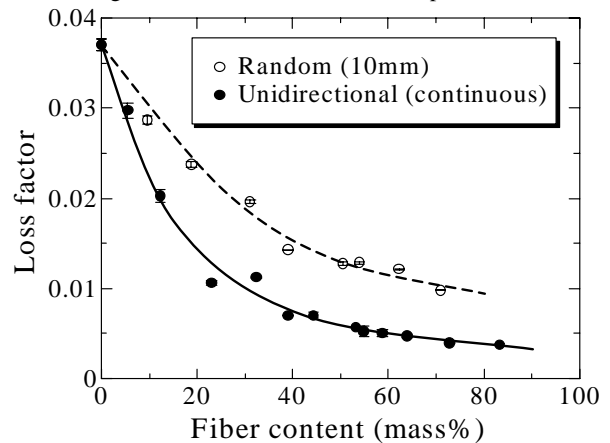


Fig.6 Relationship between loss factor and fiber content.

損失係数が得られたと推察される。すなわちこれは、繊維と比較すると低剛性な木質部がワタ状繊維と竹粉に含まれるため、材料の剛性が低くなるのが原因であると考えられる。特に、竹粉ランダム強化材では多くの木質部が含まれる。そのため、竹粉ランダム強化材ではより大きい損失係数が得られたと考えられる。

3.3 制振特性に及ぼす繊維含有率の影響

Fig.6 に連続繊維一方向強化材と 10mm 短繊維ランダム強化材の損失係数と繊維含有率の関係を示す。一方向強化材、ランダム強化材ともに繊維含有率の増加に伴って損失係数は減少した。これは竹繊維が増加したために、材料の剛性が高くなったことで損失係数が減少したものと考えられる。また、ランダム強化材の損失係数は全ての繊維含有率において一方向強化材より大きい値が得られた。10mm ランダム強化材は繊維長が短く、ランダムに強化していることから、一方向強化材より材料の剛性が低いためにこのような結果になったと考えられる。

3.4 制振特性に及ぼす弾性係数の影響

Fig.7 に連続繊維一方向強化材の損失係数と弾性係数と繊維含有率の関係を示す。損失係数は繊維含有率の増加に伴って低下したが、弾性係数は直線的に増加した。

Fig.8 に 10mm 短繊維ランダム強化材の損失係数と弾性係数と繊維含有率の関係を示す。ランダム強化材も一方向強化材と同様に損失係数は繊維含有率の増加に伴って低下したが、弾性係数は直線的に増加した。これらの結果から、損失係数

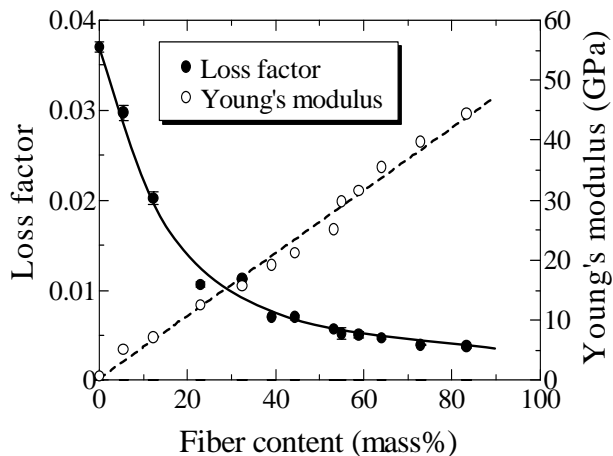


Fig.7 Relationship between loss factor and Young's modulus, and fiber content (continuous fiber and unidirectional).

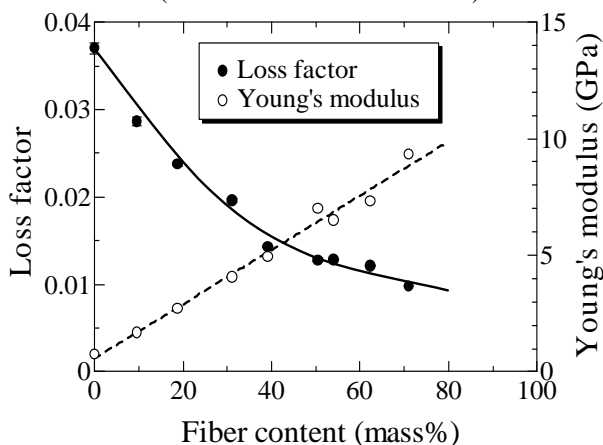


Fig.8 Relationship between loss factor and Young's modulus, and fiber content (10mm fiber and random).

と弾性係数の間に比例関係はないことがわかった。

4 結 言

本研究では、様々な竹繊維強化グリーンコンポジットの作製し、その制振特性の調査を行った。得られた結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 一方向強化材，ランダム強化材ともに，繊維長が短くなると，損失係数は増加した。
- (2) 連続繊維，短繊維強化材と比較して，ワタ状繊維，竹粉ランダム強化材ではより大きい損失係数が得られた。
- (3) 一方向強化材と比較して，ランダム強化材ではより大きい損失係数が得られた。
- (4) 竹繊維強化グリーンコンポジットの損失係数は，一方向強化材，ランダム強化材ともに繊維含有率の増加に伴って減少する。

本研究は平成 14 年度徳島大学工学部研究プロジェクトの補助を得て行った。記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) A. P. Deshpande, M. B. Rao and C. L. Rao: Journal of Applied Polymer Science, **76**, 83-92 (2000)

- 2) M. Wollerdorfer and H. Bader: Industrial Crops and Products, **8**, 105-112 (1998)
- 3) 蒋 建業, 藤井 透; 強化プラスチック, **45**, 365-371 (1999)
- 4) 高木 均, 田倉隆輝: 材料, **52**, 357-361 (2003)
- 5) 越智真治, 高木均, 田中秀行: 高強度二方向積層グリーンコンポジットの創製, 材料, **52**, 857-862 (2003)
- 6) H. Takagi, S. Ochi: Characterization of high-strength "green" composites using Manila hemp fibers and starch-based resin, The Third Japan-Canada Joint Conference on New Applications of Advanced Composites (JCJC-III), 19-27 (2003)
- 7) 木村照夫, 桜田達也, 松尾達樹, 近森啓一, 迫部唯行: 第 32 回 FRP シンポジウム講演論文集, 45-48 (2003)
- 8) G. Ben and K. Nakamori: Proc. 2nd International Workshop on "Green" Composites, 47-49 (2004)
- 9) 藤田浩行, 倉坂昌裕, 松岡 敬, 坂口一彦: 第 32 回 FRP シンポジウム講演論文集, 15-16 (2003)
- 10) 西脇剛史, 谷口憲彦, 後藤彰彦: 第 30 回 FRP シンポジウム講演論文集, 217-220 (2001)