

サステナブル生産システムを指向した 竹繊維のみを用いたグリーン自己接着成形体の製造 — 繊維形状が成形体性能に及ぼす影響 —

産業技術短期大学 ○小川幸子, 同志社大学 廣垣俊樹, 青山栄一,
滋賀県立大学 小川圭二, (株)三藤機械製作所 野辺弘道

Fabrication of Binder-free Green Composite Using Bamboo Fibers Oriented to Sustainable Manufacturing System
- Influence of Bamboo Fiber Shape on Bamboo Fiber's Performances -

College of Industrial Technology: Sachiko OGAWA, Doshisha University: Toshiki HIROGAKI and Eiichi AOYAMA,
The University of Shiga Prefecture: Keiji OGAWA, MIFUJI KIKAI SEISAKUSHO, LTD.: Hiromichi NOBE

We proposed a sustainable manufacturing system which utilizes bamboo material. Bamboo fibers were extracted by computer-numerically-controlled end-milling with a machining center focusing on the fiber shape. Moreover, self-adhesive bamboo fiber boards were fabricated by hot press forming using a press die. In the present study, influences of bamboo fiber shape on mechanical properties of the boards were investigated.

1. 緒 言

持続的再生産可能な天然資源の一つとして、竹が注目されている。竹は日本に広く自生し、成長が極めて速い上に、竹繊維は比強度・比剛性が高いことから、その応用が期待されている¹⁾。そこで著者らは、竹を有効活用したサステナブルな生産システムを提案した²⁾。マシニングセンタを用いたエンドミル加工により形状精度よく竹繊維を抽出し³⁾、この竹繊維のみを用いて、ホットプレス成形法により自己接着成形体の製造を試みた⁴⁾。竹繊維の自己接着性は、その成分（主としてリグニンと考えられる）の熱融着に起因すると考えられることから、まずは成形温度を変化させて、適正温度を明らかにした。ここで、竹繊維の自己接着性を高めるためには使用する竹繊維の比表面積を大きくすることも有効と考えられる。

そこで本報告では、竹繊維形状、とくに繊維長さが成形体の機械的特性に及ぼす影響を明らかにした。

2. 実験方法

竹繊維の抽出方法は、既報³⁾と同一とした。すなわち、自生している竹を自然乾燥させたものをマシニングセンタに設置し、図1に示すように、2枚刃のφ6mm直刃ハイスエンドミルを渦状軌道で走査して切削し、その排出物を竹繊維として抽出した。切削条件は、主軸回転数を 10000min^{-1} 、送り速度を 1000mm/min 、半径方向切込み量を 0.05mm で一定³⁾とした。本報では、軸方向切込み量 A_d のみを $2.5\sim 15\text{mm}$ まで変化させることで、断面形状が同じ（繊維径：約 $200\mu\text{m}$ ）で繊維長さ（≒軸方向切込み量）が異なる竹繊維（アスペクト比：約 $13\sim 63$ ）を抽出³⁾した。そして、得られた竹繊維のみを用いて、ホットプレス成形により自己接着成形体を製造した。25mm×125mmの矩形成形体用金型を用い、竹繊維7gをランダム配向させて、矩形板状の成形体を製造した。なお、ホットプレス成形条件⁴⁾は、成形圧力を 20MPa 、成形時間を10分、そして成形温度を 190°C とした。

成形体の特性として、引張り強さおよび曲げ強さ（3点曲げ）を万能試験機にて測定して評価した。さらに、成形体の動的な特性として、固有振動数および損失正接 $\tan \delta$ を評価した。

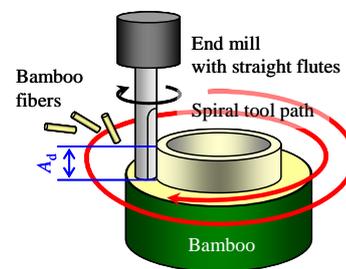


Fig.1 Bamboo fiber extraction from bamboo by end-milling

3. 実験結果および考察

3.1 繊維長さが成形体の引張り強さおよび曲げ強さに及ぼす影響

図2は、繊維長さが成形体の引張り強さに及ぼす影響を示す。繊維長さが短くなるにつれて引張り強さが大きくなり、繊維長さ7.5mm以下では約 30MPa と汎用プラスチックの代替が期待できる程度の強度が得られている。図3は、成形体破断面のSEM像である。図3(a)の短繊維（2.5mm）の場合は、ホットプレス成形により繊維同士が熱融着している様子が確認でき、これら繊維群が破断したものと考えられる。一方、図3(b)の長繊維（15mm）の場合は、繊維同士が十分に熱融着できずに残存している様子と多くのポイド（空孔）が確認できることから、繊維同士の接着力不足により、繊維が引抜けて成形体が破断したものと考えられる。繊維が長くなるにつれて引張り強さが小さくなったのは、ポイドが増加して繊維間の接着力が低下したためと考えられる。

図4は、繊維長さが成形体の曲げ強さに及ぼす影響を示す。繊維長さが短くなるにつれて曲げ強さが大きくなる傾向が見られ、繊維長さ7.5mm程度以下では約 60MPa と引張り強さと同様に、汎用プラスチックの代替が期待できる程度の強度が得られていることがわかる。なお、成形体破断面のSEM写真からは、引張り試験結果と同様の傾向が確認された。

以上より、成形体に用いる繊維の長さを短くする（従来は10mm）ことで、引張り強さと曲げ強さを向上できることが明らかになった。ただし、本研究で提案しているサステナブル生

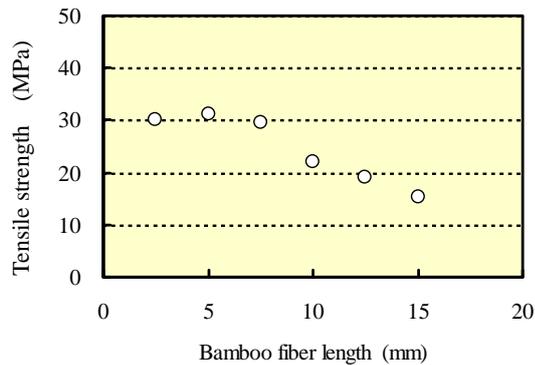


Fig.2 Influence of fiber length on tensile strength of fiber boards

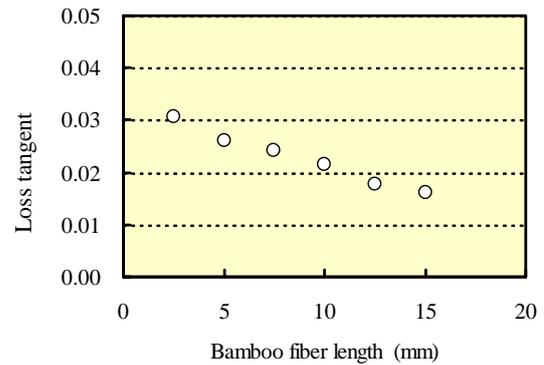


Fig.5 Influence of fiber length on loss tangent of fiber boards

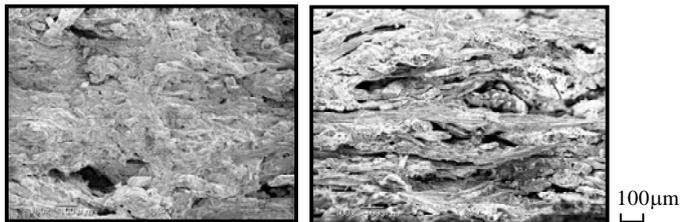


Fig.3 SEM images of broken-out section of fiber board

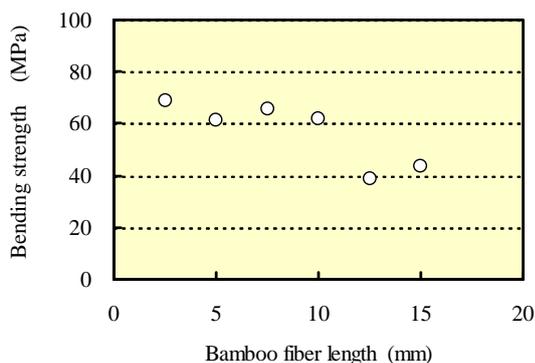


Fig.4 Influence of fiber length on bending strength of fiber boards

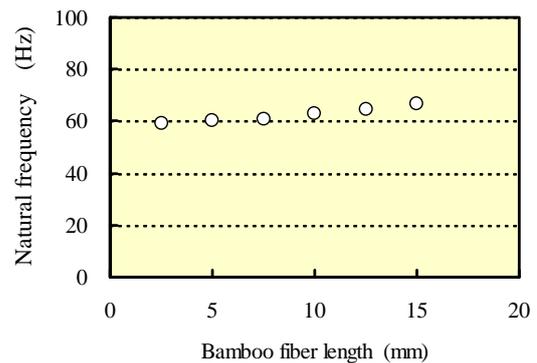


Fig.6 Influence of fiber length on natural frequency of fiber boards

産システムにおける環境負荷を LCA により評価した結果、竹繊維抽出工程での環境負荷が非常に大きいことが判明している⁵⁾。竹繊維抽出工程における電力消費量は抽出時間にはほぼ比例する。同重量の竹繊維を抽出するための抽出時間は軸方向切込み量にはほぼ反比例する(図1参照)。すなわち、繊維長さが短いほど、長い抽出時間、多くの電力消費量を要し、その結果として、環境負荷が大きくなることが予想される。成形体として必要な特性と環境負荷とのバランスについては、今後の課題としたい。

3.2 繊維長さが成形体の損失正接および固有振動数に及ぼす影響

図5は、繊維長さの違いによる成形体の損失正接の変化を示す。繊維長さが長くなるにつれて、損失正接は低くなるのがわかる。繊維長さ2.5mmの場合と比較して、繊維長さ15mmの場合は約50%まで低くなっている。繊維長さが長い場合は、短い繊維に比べて比表面積が小さく、繊維同士の接触面積が小さいために内部摩擦が小さくなったことが原因と考えられる。

図6は、繊維長さの違いによる成形体の固有振動数の変化を示す。繊維長さが短くなるにつれて、固有振動数は徐々に低くなるのがわかる。

以上により、用いる繊維の長さを変えることで、成形体の固有振動数および損失正接を制御できることが明らかになった。

4. 結 言

マシニングセンタ抽出竹繊維のみを用いた自己接着成形体において、使用する竹繊維の形状、とくに繊維長さ(2.5~15mm)が成形体特性に及ぼす影響を評価した結果、以下の結論を得た。

- (1) 成形体に用いる繊維の長さが短いほど、引張り強さと曲げ強さは大きくなる。
- (2) 成形体に用いる繊維の長さを変えることで、成形体の損失正接と固有振動数を制御できる。

謝 辞

本研究は、文部科学省私立大学研究高度化推進事業「先進複合材料の開発とその応用(同志社大学)」の支援を受けました。記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 森浩司, 高木均: バインダを用いない竹繊維グリーンコンポジットの機械的性質に及ぼす成形条件の影響, 日本機械学会論文集(A編), **74**, 737(2008), 84.
- 2) 小川圭二, 廣垣俊樹, 青山栄一, 谷口允昭, 小川幸子: サステイナブル生産システムを指向したマシニングセンタによる高品質竹繊維の抽出—机上計測を応用したツールパスの決定方法—: 2009年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2009), 659.
- 3) K. Ogawa, T. Hirogaki, E. Aoyama and H. Imamura: Bamboo Fiber Extraction Method Using a Machining Center, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, **2**, 4(2008), 550.
- 4) 小川圭二, 廣垣俊樹, 青山栄一, 谷口允昭, 小川幸子, 野辺弘道: サステイナブル生産システムを指向した竹繊維のみを用いたグリーン自己接着成形体の製造, 2010年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2010), 185.
- 5) K. Ogawa, T. Hirogaki, E. Aoyama, M. Taniguchi and S. Ogawa: Sustainable Manufacturing System Focusing on the Natural Growth of Bamboo, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, **4**, 2(1020), 531.