

落花生殻を活用した複合材料の竹繊維による曲げ特性の向上

日大生産工 (院) ○中台 拓輝

日大生産工 高橋 進

日大生産工 邊 吾一

1. 緒言

これまで、地球の環境負荷低減の一方策である天然由来の素材の活用としては、木材が多く活用されている。天然素材活用をより促進するために、千葉県名産の落花生に注目した。全国における落花生の生産量は年間約 20,300t (2009 年)¹⁾であり、この内殻は約 12.5%を占める。食用として加工される過程で落花生殻は剥き取られ、それらの一部は堆肥化されているが、ほとんどが産業廃棄物として処理されている。その量は年間 2,540t、全世界では、落花生殻の排出量の 1 位は中国、2 位はインドで、その合計は約 450 万 t にもなり、その有効活用が必要と考えた。

落花生殻を活用する方法として、樹脂と組み合わせた複合材料を開発することが考えられる²⁾。

一方、竹は需要の低迷により全国における竹林面積 15,9201ha³⁾の内約 70%は未活用である (2007 年) と見られており、放置竹林が増加していることが問題視されている。しかし、竹繊維はガラス繊維に匹敵する比強度を有し、その利用が期待されている。

本研究は、落花生殻を用いた複合材料に竹繊維を補強材として用い、JIS A 5908 素地および化粧パーティクルボード 8 タイプの曲げ弾性率・曲げ強度(2GPa・8MPa)以上のボードの開発を目的とした。

2. 試験方法

2.1 材料 落花生殻に付着した土等を水洗いし、電気炉内で乾燥 (100℃×6h) させた。その後、粉砕機を用いて落花生殻を粒子化し、目開き 2 mm および 0.5 mm の順に篩にかけた。本研究では目開き 0.5 mm の篩上に残った落花生殻粒子を用いた。なお、0.5 mm の篩を通過した粒子については、粒子径が非常に小さく、次節に示す方法では成形が困難であるため用いなかった。密度・比重測定装置 (PENTA-PYCNOMETER; QUANTACH ROMEO Co.) を用いて落花生殻粒子の測定結果は、1.38 g/cm³であった。

母材には、完全けん化型のポリビニルアルコール (以後 PVA, VS20: 日本酢ビ・ポパール社製) 樹脂の粉末を用いた。融点は 220 °C である。前述の装置により測定をした PVA 粉末の密度は、1.31 g/cm³であった。

竹繊維は爆砕竹 (バン株式会社) の縮毛繊維と直毛繊維を用いた。これらを金型に配置し、ホットプレスの加熱圧縮によりマット状 (120×150) に作成したものを補強材とした (Fig.1)。直毛繊維で作成したマット Fig.1 (a) の質量は 1.25g で、2 枚を繊維どうしが直交するように重ね合わせて用いた。この組を以後、2 軸配向マットと呼ぶ。縮



(a) Mat of straight fibers (b) Mat of curly fibers

Fig.1 Mat of bamboo fibers

毛繊維で作成したマット Fig.1 (b) は質量 2.5g で、以後、無配向マットと呼ぶ。マットの作成条件は、圧力:0.5MPa、温度:150℃、時間:1min で行った。温度は、竹繊維の著しい劣化が始まる温度 160℃、自己接着性が現れる温度 130℃を考慮したものである。

2.2 成形方法 落花生殻粒子に PVA を加えた 60g (落花生殻粒子の質量含有率 80%) に蒸留水 36g (落花生殻質量の 75%) を加えた混合物を金型 (120×150×6mm) に投入した。水蒸気を逃がすために、本研究で用いた金型は両端開放型である。

竹繊維で補強する場合は、蒸留水 1g を含有させた竹繊維マットを 1 枚 (1 組) ずつ混合物の両表面に配置するように金型に投入した。しかし、2 軸配向マットで補強する場合、成形時に重ね合わせた直毛マットの境界に PVA が含有しづらく、成形後の接着状態が悪いため表面側のマットが剥がれやすくなってしまった。これを改善するため、Fig.2 のように混合物内にマットを配置するように金型に投入した。

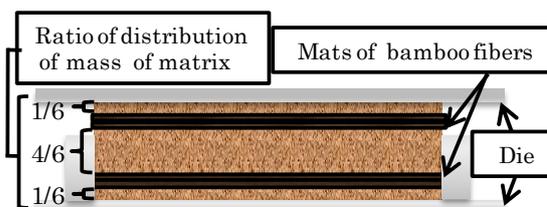


Fig.2 cross section of specimen with mat of bamboo fibers

材料の投入後、ホットプレス機を用いて加熱圧縮することにより、複合材料を成形した。従来は、PVA の溶解から熱処理までの成形行程を一括で行うために成形条件は、圧力:3 MPa、温度:180 °C、時間:10min としていた。これに加え、本研究では竹繊維の劣化温度も考慮し、圧力:3MPa、温度:150℃、時間:10min、15min の条件下でも行った。

2.3 3 点曲げ試験片および試験方法 成形物を糸鋸で試験片形状 (120×20 mm) に加工した。試験片は実験室環境下 (23 °C±2 °C, 50%±5%RH) で 7 日間保管の状態調節をした。3 点曲げ試験には万能材料試験機 (Model 5567: INSTRON) を用いた。支点間距離 90mm、圧子の変位速度 2.5 mm/min とし、試験は全て上述の実験室環境下で行った。

3. 結果及び考察

3.1 最適な成形条件の検討 無配向マットで補強するボードにおいて、前述の成形条件 3 つに対し、それぞれ、竹繊維を内側に配置する場合と表面に配置する場合の 2 通りについて検討した。各試験片の曲げ弾性率を Fig.3 に、曲げ強度を Fig.4 に示す。

Fig3, 4 から、成形条件が 150℃・10min の試験片の曲げ特性が一番優れていることが読み取れる。このことから、竹繊維の劣化が少なからず曲げ特性に寄与していることがわかる。

Improvement of flexural property by bamboo fiber of composite materials using peanut husk

Hiroki NAKADAI, Susumu TAKAHASHI and Goichi BEN

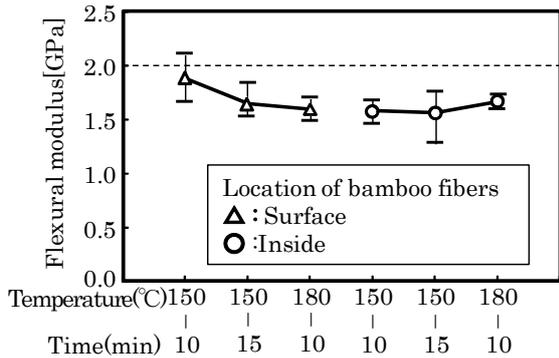


Fig.3 Relation between hot press conditions and flexural modulus

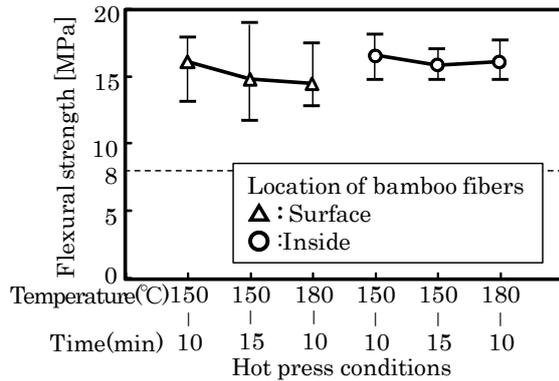


Fig.4 Relation between hot press conditions and flexural strength

竹繊維を内側に配置する場合、Fig.3より曲げ弾性率は低くなっていることがわかる。これはサンドイッチ構造におけるコア材の厚さの差によるものと考えられる。一方、Fig.4より曲げ強度は高くなっていることがわかる。このことから、竹繊維を表面に配置する場合、試験片破断の原因は表面からの竹繊維の剥がれによるものと考えられる。

3.2 補強材による補強効果の比較 上述より最適な成形条件、温度：150°C、圧力：3MPa、時間10minにおいて、2軸配向マット、無配向マットを内側に配置したボードと、前年度研究の平織麻繊維布（1枚当たり2.5g）で表面を補強したボードと補強なしボード（共に成形条件は、温度：180°C、圧力：3MPa、時間：10min）の応力-ひずみ線図をFig.5に、曲げ弾性率の分布をFig.6に、曲げ強度の分布をFig.7に示す。Fig.5より、各試験片共に変形初期では、曲げ応力-ひずみの関係は線形であるが、途中でその関係は非線形となった。そして、最大曲げ応力に達した後、試験片の引張側から破断した。

Fig.6より、曲げ弾性率は補強材が2軸配向マット>平織麻布>無配向マットの順で高い値を示した。このことから、補強材の繊維配向が曲げ弾性率に大きく関与しているのがわかる。2軸配向マットの補強は、平織麻布での補強より弾性率は高くなり、バラツキも減少した。しかし、目標値の2GPaにはわずかに及ばなかった。尚、3.1で述べたように、補強材はボード表面に貼り付ける方が高い弾性率を得ることができるため、2軸配向マットをボード表面に貼り付けた時の接着状態を良好にできれば目標値の達成は可能であると考えられる。Fig.7より、曲げ強度は目標値の8MPaをいずれの補強材でも達成できたが、2軸配向マットによる補強効果は平織麻布による補強と同等という結果となった。これも、2軸配向マットを表面に良好な接着状態で貼り付けることで改善できると考えられる。

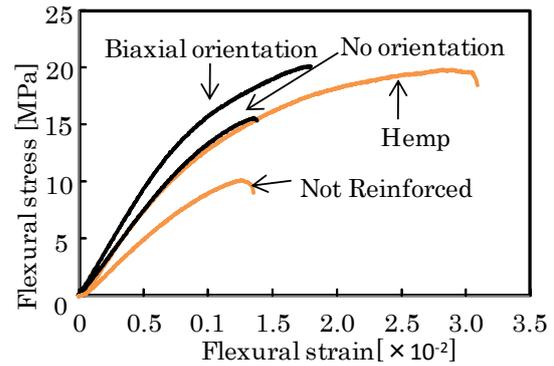


Fig.5 Typical flexural stress strain curves

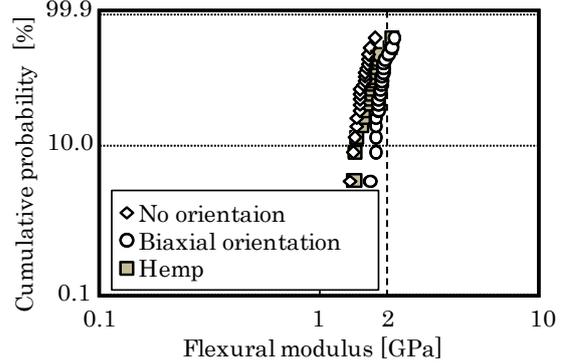


Fig.6 Distribution of flexural modulus of reinforced boards

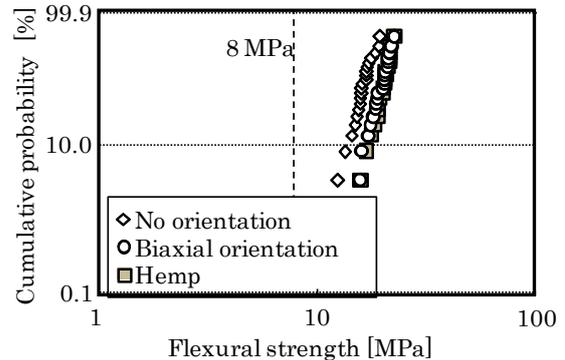


Fig.7 Distribution of flexural strength of reinforced boards

4. 結言

1. 落花生殻複合材料において、竹繊維での補強により、前年度研究の麻布補強によるものより高い曲げ弾性率を得られた。しかし、目標値2GPaにわずかに及ばなかった。曲げ強度の目標値8MPaは、いずれの試験片でも達成できた。
2. 竹繊維を2軸に配向することでより高い補強効果を得ることができる。2軸配向マットをボード表面にしっかりと良好な接着状態で張り付けられるかが、高い曲げ弾性率を得るための課題である。
3. 最適な成形温度は、竹繊維が劣化する温度とPVAの結晶化に適した温度の双方を考慮する必要があり、今回は150°Cが適した成形温度であった。

参考文献

- 1) 農林水産省；「作物統計2009」，(2009)
- 2) 西川康博，長瀬尚樹，福島清；日本機械学会誌A編，73巻，71号(2007)，782-787
- 3) 林野庁；「森林資源現状総括表」，(2007)