228 麻繊維強化グリーンコンポジットの強度・破壊特性

Mechanical and Fracture Behavior of Hemp Fiber-Reinforced Green Composites

○正 高木 均 (徳島大)

A. N. Netravali (コ-ネル大学)

Hitoshi TAKAGI, The University of Tokushima, 2-1 Minamijosanjima-cho,
Tokushima 770-8506
Anil N. Netravali, Cornell University

Environmentally friendly “Green” composites were fabricated from a natural cellulosic fiber (MAO fiber) and a biodegradable starch-based resin through hot pressing. The effects of fiber length and alkali surface treatment on mechanical properties of composites were investigated. Fiber lengths of 2.5, 5, 10, and 15 mm were used and fiber weight content was adjusted to 56%, to obtain short fiber composites with random orientation. Ultimate tensile strength increased with increasing the fiber length up to 10 mm and remained almost constant for further increases in fiber length. Fracture strain for the composites fabricated with fiber length of 2.5 mm showed the smallest value of approximately 2 %, which is less than that of MAO fiber. This might be attributed to the debonding at the fiber/matrix interface.

Key words: “Green” Composites, Natural Fibers, MAO Fiber, Hemp, Biodegradable Plastics, Alkali Treatment

1 緒 言

これまでに高強度軽量構造用材料として使用されてきた GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastics)は、熱硬化性樹脂とガラス繊維との複合材料であるため、リサイクルが困難であり、加えて使用後の廃棄処分も難しいという欠点を有する。このため、近年、環境への負荷を低減させたプラスチック系複合材料の研究開発が盛んになっている^{1) - 3)}。

FRP の環境負荷を低減させるため、これまでに大きく分けて三つの取り組みが行われてきた。まず第一は、マトリックスをリサイクルの容易な汎用熱可塑性樹脂への変更である。このため自動車の内装材には PP を使用した GFRP が多用されている。第二は、「脱ガラス繊維化」である。マテリアルリサイクル性ならびにサーマルリサイクル性を低下させるガラス繊維をケナフやコイア(ヤシ繊維)などの天然植物繊維に置き換えた材料の開発が行われている。第三は、マトリックスと強化材が共に生分解性を有する生分解性複合材料、すなわちグリーンコンポジットの開発である。これまでに、竹¹⁾、麻²⁾、レミー³⁾などの天然繊維と各種生分解性樹脂を組み合わせたグリーンコンポジットの試作と強度特性評価が行われている。

前報²⁾では、連続繊維を用いて一方向あるいは二方向に強化したグリーンコンポジットの試作とその強度特性について報告した。今回は、より幅広い分野での用途が期待される二次元ランダム短繊維強化グリーンコンポジットの試作を行った結果とアルカリ表面処理の結果について報告する。

2 実験方法

2.1 供試材料 マトリックスとして水分散型生分解性樹脂(ミヨシ油脂製ランディ CP-300)を、強化材として長さ 2.5 ~ 15mm の麻繊維(MAO 繊維: 繊維束)を用いた。

2.2 アルカリ処理 水酸化ナトリウム水溶液を使用して MAO 繊維の表面処理を行った。アルカリ処理は室温で 30 分間行った。処理後、繊維を蒸留水で数回洗浄した。アルカリ濃度の影響を調査するために三種類の異なる濃度(0.25, 0.5, 0.75mol/L)で処理を行った。

2.3 予備成形体の作製 繊維のランダム配向性を向上させるために、水中に浮遊させた繊維をネットですくい取る方法を採用した。すくい取った繊維シートの上から CP-300 を塗布し繊維の周りに樹脂を付着させ、最後に大気中で乾燥させて予備成形体を作製した。なお、予備成形体の繊維含有率は 56wt.% であった。

2.4 ホットプレス成形 容量 245kN のプログラム式ホットプレス装置(Carver Inc., Model 3891)を使用して予備成形体のホットプレス成形を行った。ホットプレス条件は、成形温度 140℃、成形圧力 7MPa、保持時間 5 分である。成形の際、ランダム性をより向上させるために三枚の予備成形体を重ねてホットプレスした。

2.5 強度試験 インストロン万能試験機(Model1122)を使用して、標点距離 50mm、引張速度 1.0mm/min の条件で引張試験を行った。

3 実験結果および考察

3.1 引張強度に及ぼす繊維長さの影響 図 1 に MAO 繊維で強化したグリーンコンポジットの引張強さと繊維長さの関係を示す。図中、繊維長 0 に対する強度データは樹脂単体材の引張強さである。繊維長が短い領域(10mm 未満)では、繊維が長くなるにつれて引張強さが急増すること、そして繊維長が長くなるにつれてその増加傾向は減少することがわかる。そのため繊維長としては 10mm 以上の繊維を使用する必要がある。

またこの傾向は、Hancock ら⁴⁾が報告している一方向に配列した短繊維強化ガラス-エポキシ複合材料の破壊強度と繊維長の関係と定性的に同一であり、ランダム材においても一方向材と同様の繊維長さ依存性が存在することがわかった。

図2(a), (b)にそれぞれ長さ2.5mmと5mmの繊維で強化した複合材料の応力-ひずみ線図を示す。MAO 繊維自身の破断伸びが約3%であることを考えると、2.5mm材では繊維は破断せずに、主として引き抜けにより破壊が生じていることが示唆される。また、5mm材の破断伸びは、繊維自身の破断伸びとほぼ等しく、この場合は繊維の破壊が複合材料全体の破壊を支配していると考えられる。

3.2 引張強度に及ぼすアルカリ処理の影響 三種類の濃度の水酸化ナトリウム溶液でアルカリ処理した MAO 繊維(10mm)を用いて作製したグリーンコンポジットの引張強度とヤング率をそれぞれ図3, 4に示す。濃度0 mol/L のデータはアルカリ処理をしていない未処理材に対するデータである。引張強さとヤング率は同様の NaOH 濃度依存性を示し、0.5mol/L 付近で最大になることが分かった。合田ら³⁾は、アルカリ処理したラミー麻の長繊維で一方向強化したグリーンコンポジットの強度について調査し、5%水酸化ナトリウム水溶液を用いた5時間のアルカリ処理材では、アルカリ処理に

よる繊維自身の強度低下と繊維/樹脂間の密着性の改善による強度向上がほぼ相殺され、トータルでは若干の強度低下になると報告している。強化繊維の形態が異なるため、直接的な比較は難しいが、今回の短時間のアルカリ処理でも強化作用があることがわかる。この強度向上の原因として、アルカリ処理により繊維表面が脱リグニン化され、これによりマトリックス樹脂と繊維との接着性が改善したことが考えられる。

Fig.3 Effect of alkali (NaOH) treatment on the tensile strength of composites.

Fig.4 Effect of alkali (NaOH) treatment on Young's modulus of composites.

Fig.1 Effect of fiber length on the tensile strength of composites.

Fig.2 Stress-strain behavior of composites; (a) 2.5 mm and (b) 5 mm fiber length.

4 結 言

- 1) 引張強度に対する繊維長さ依存性から強化のためには10mm以上の繊維を用いる必要があることが分かった。
- 2) 繊維表面に対するアルカリ処理により複合材料の引張強さとヤング率は向上する。

参考文献

- 1) 蔣建業, 藤井透, 強化プラスチック, 45, pp.365-3711, (1999).
- 2) 高木均, 越智真治, 田中秀行, 第31回FRPシンポジウム講演論文集, pp.301-304, (2002).
- 3) 合田公一, 山根達也, 浅井隆, 第31回FRPシンポジウム講演論文集, pp.297-298, (2002).
- 4) P. Hancock and R.C. Cuthbertson, J. Mater. Sci., 5, pp.762-768, (1970).