

麻繊維の引張強度特性

尾崎 純一*

Tensile Properties of Hemp Fiber

Jun-ichi OZAKI*

ABSTRACT

Mechanical properties of the hemp fiber of two kinds were examined. Sisal hemp and manila hemp fibers were divided into two groups by the diameter of the fiber, and the tensile test was carried out. In addition, the tensile test of the fiber which conducted a heat treatment in order to investigate the effect of a heat on tensile properties was also carried out. Tensile strength and fracture strain of both hemp fiber varies widely as well as other natural fiber. It was shown that the tensile strength of manila hemp fiber was higher than that of the sisal hemp fiber. However, the tensile strength of the sisal hemp fiber was improved by the heat treatment. In the other, the tensile strength of the manila hemp fiber lowered by the heat treatment. However, the decrease of the tensile strength is slight. As a result, it was shown that both fibers were useful as a reinforcement of the composite material.

Keywords: natural fiber, hemp, mechanical property, tensile strength, green composite

1. はじめに

FRP(Fiber Reinforced Plastic)は、軽量、高強度、錆びないなどの優れた特性を有することから、スポーツ用品から船舶、航空機に至るまで幅広い分野で利用されている。しかし、製品寿命を迎え使用済みになったFRPの処理は大きな問題となっている。FRPはプラスチックとガラス繊維や炭素繊維という性質が大きく異なる材料から構成されているため、分離が非常に困難である上、強度が高いため切断・破砕も容易でない。このため、ある程度の大きさに粉碎した後、埋立てや高温焼却等により処理されているのが現状であり、環境に優しくない材料となっている。

この問題を解決するために、マトリックスには生分解性プラスチックを用い、強化材には天然繊維を利用した廃棄時にも環境に負荷をかけることがない複合材料、すなわちグリーンコンポジットが開発されている。現在、グリーンコンポジットの強化材となる天然繊維には竹繊維^{1)~3)}、麻繊維^{4)~7)}、が多く検討されている。また、この他にもクワラ繊維⁸⁾、綿繊維⁹⁾、落花生¹⁰⁾などいわゆるバイオマスの有効利用の検討が活発に行われている。

これら様々な天然繊維の中でも、麻繊維は昔から麻袋や麻紐として利用されているように天然繊維のなか

でも強度特性が優れていることで知られており、グリーンコンポジットの強化材として期待されている。

「麻」とは、いくつもの植物から採取される繊維を総称した呼称であり、繊維を採取する部位により、茎または幹のじん皮から採取されたじん皮繊維と葉部から採取される葉脈繊維とに大別される。表1に主な麻の種類とその特徴を示す。グリーンコンポジットの強化材として麻繊維を扱った報告は、じん皮繊維であるジュート麻、ラミー麻を対象としたものが多く、葉脈繊維であるマニラ麻、サイザル麻を対象にした報告は少ない。

本研究では、葉脈繊維であるマニラ麻、サイザル麻を対象に繊維の引張特性について調べ、グリーンコンポジットの強化材としての適用可能性について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 供試材

供試材には、葉脈繊維であるサイザル麻とマニラ麻を使用した。これらは、いずれも麻紐として市販されているものであり、単繊維を擦って紐状にしたものである。使用した麻繊維を図1に示す。この麻紐を手でほぐせる範囲の単繊維にして用いた。

2.2 測定方法

繊維の直径は、非接触のレーザ変位計 (KEYENCE VG-035) により測定した。繊維の測定箇所を図2に

* 機械工学科 准教授

示す。麻繊維は長さ100mmに切り出し、長手方向に3箇所、円周方向に2カ所測定し、その平均を繊維の直径とした。

麻は天然の素材であるため、化学繊維のように直径が一定ではない。このため、麻繊維の直径は0.1～0.4mmの範囲でばらつきが見られた。そこで、繊維直径の違いにより引張強度に差がでるかどうかなを確認するため、0.2mmを基準に直径が小さいグループと大きいグループの2つのグループに分類して結果を整理した。

2.3 引張試験

引張試験にはインストロン型万能試験機（インストロン社、型番5565、容量5kN）を用いた。単繊維をそれぞれ10本ずつ用意して引張試験を行なった。試験片の模式を図3に示す。麻繊維を厚紙の台紙の上にセロハンテープで固定して試験片とした。標点距離（チャック間距離）は60mmである。引張試験は、室温で行い、引張速度は2mm/minとした。

また、繊維をグリーンコンポジットの強化材に適用することを想定して、グリーンコンポジット成形時に受ける加熱の影響を調べるため、麻繊維に熱処理を行った後に引張試験を行った。熱処理は、電気炉に麻繊維を入れて、電気炉の設定温度を100℃、120℃、140℃、160℃、180℃として与えた。麻繊維は設定温度に達してから10分間保持した後、電気炉から取り出した。熱処理を行った麻繊維について走査型電子顕微鏡（日本電子株式会社、JSM-5400）を用いて繊維の表面観察を行なった。

3. 実験結果および考察

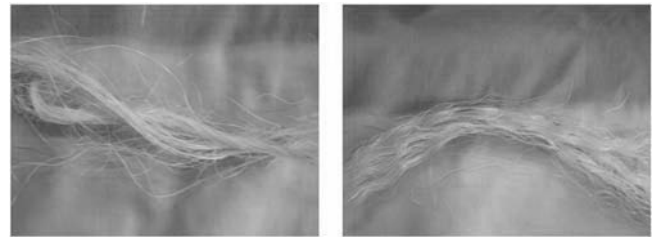
3.1 引張試験

サイザル麻繊維の応力-ひずみ線図を図4に示す。図中の線図は、すべて同一条件で引張試験を行った結果である。（以下、同様）これより、サイザル麻では引張開始直後は弾性率がわずかに小さくでるものの、その後は破断するまで応力とひずみがほぼ比例しているのがわかる。最大応力を示した後は、破断に至り弾性的な挙動を示している。(a) $D > 0.2\text{mm}$ では、引張強度は100～300MPaまで約3倍のばらつきがあり、破断ひずみでも2～5%までばらついている。これに対して、(b) $D < 0.2\text{mm}$ では、 $D > 0.2\text{mm}$ に比べると引張強さ、破断ひずみともばらつきは比較的小さくなっていることが分かる。

図5にマニラ麻繊維の応力-ひずみ線図を示す。(a) $D > 0.2\text{mm}$ では、引張強さ、破断ひずみともに最小値と最大値で3倍以上の差が生じており、サイザル麻と同様にかなりばらつきがあることがわかる。破断に至るまでの線図を見ると、最大応力を示す少し手前で降伏するような挙動が見られるものがある。これに対して、(b) $D < 0.2\text{mm}$ では、破断ひずみのばらつきは小さいことがわかる。引張強さは、ばらつきは大きいも

表1 麻の主な種類¹⁾

	種類	種別	主な産地	主な用途
韌皮繊維	亜麻(リネン)	亜麻科 一年生	欧州 中国 ロシア	衣料 寝装
	苧麻(ラミー)	葦麻科 多年生	中国 ブラジル フィリピン	衣料 寝装
	黄麻(ジュート)	田麻科 一年生	インド バングラデッシュ 中国	麻袋 紐 カーペット基布
	洋麻(ケナフ)	綿葵科	タイ インド 中国	ひも パルプ代用 壁材
葉脈繊維	大麻(ヘンプ)	アサ科 一年生	イタリア 中国 フィリピン	ロープ 衣料
	マニラ麻(アバカ)	芭蕉科 多年生	フィリピン エクアドル	ロープ 魚網 帽子
	サイザル麻	石蒜科 多年生	フィリピン ケニア タンザニア	ロープ 敷物



(a) サイザル麻 (b) マニラ麻

図1 麻繊維

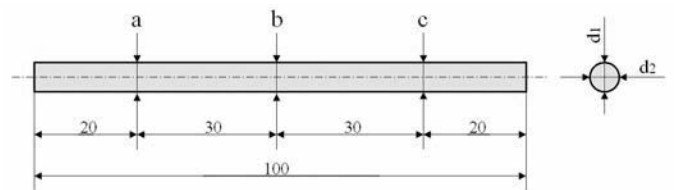


図2 繊維の直径測定

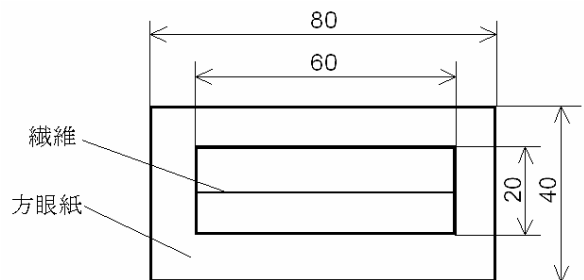
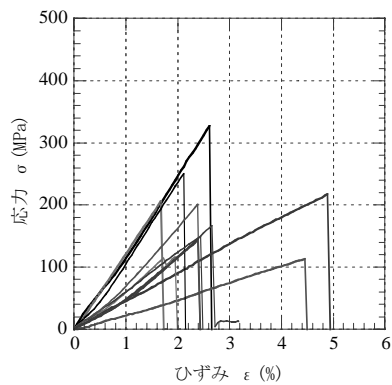
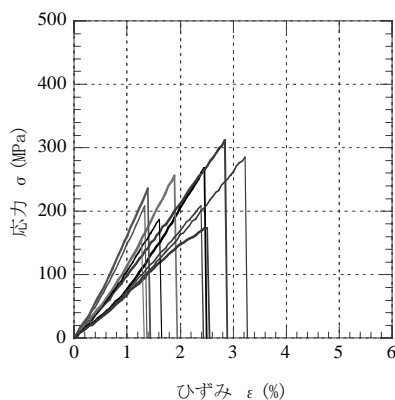


図3 引張試験片

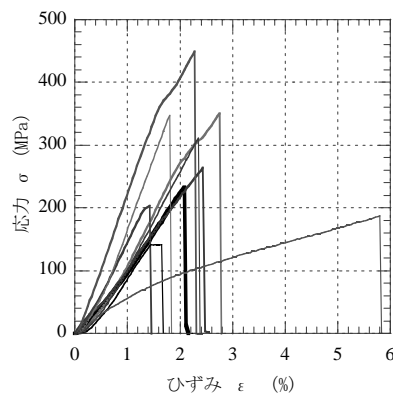


(a) $D > 0.2\text{mm}$

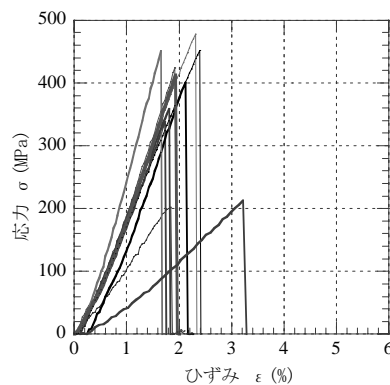


(b) $D < 0.2\text{mm}$

図4 サイザル麻の応力-ひずみ線図



(a) $D > 0.2\text{mm}$



(b) $D < 0.2\text{mm}$

図5 マニラ麻の応力-ひずみ線図

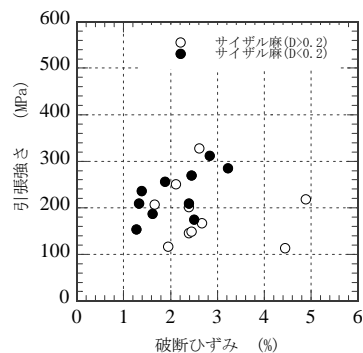
の $D > 0.2\text{mm}$ の場合に比べて総じて高い値が得られている。サイザル麻と比べると、マニラ麻の方がサイザル麻よりも引張強さは総じて大きい。

3.2 引張強さと破断ひずみの関係

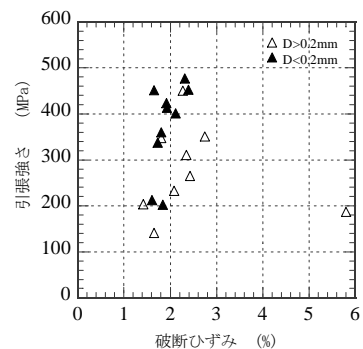
図6に各繊維の引張強さと破断ひずみの関係を示す。これより、サイザル麻は、直径による差はあまり見られないが、マニラ麻の方では、 $D < 0.2\text{mm}$ の方が引張強度が高く、破断ひずみのばらつきも小さくなっていることから、強度の面から見れば、マニラ麻の方がグリーンコンポジットの強化材に適していると判断できる。

3.3 熱処理後の麻繊維引張試験

図7に熱処理を行ったサイザル麻とマニラ麻の繊維の応力-ひずみ線図を示す。これらの応力-ひずみ線図と熱処理を行っていない応力-ひずみ線図(図4, 図5)をそれぞれ比べてみると、サイザル麻(図7(a))では、引張直後のヤング率の低下が見られるが、引張強さや破断のびについてはほとんど低下していないことがわかる。一方、マニラ麻(図7(b))では引張強さが低下し、破断のびが増加する傾向にあることがわかる。また、最大応力手前で生じていた降伏現象のような挙動もより明瞭になっているのが分かる。

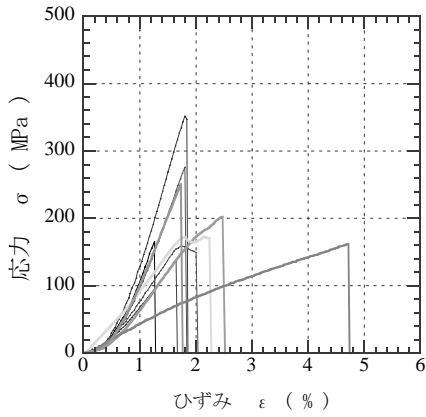


(a) サイザル麻

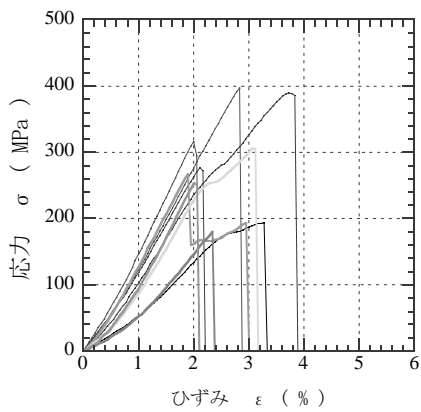


(b) マニラ麻

図6 引張強さと破断ひずみの関係

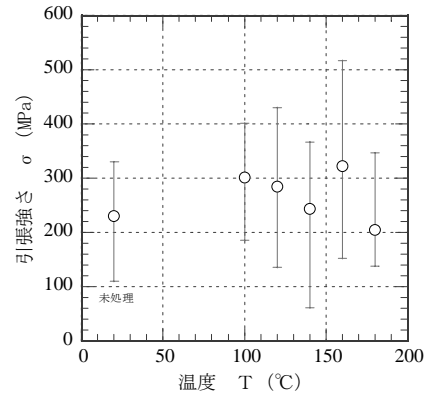


(a) サイザル麻

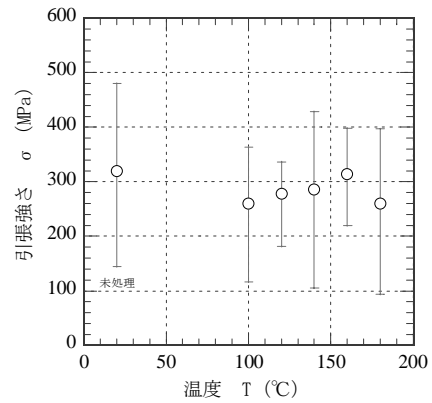


(b) マニラ麻

図7 熱処理後の応力-ひずみ線図



(a) サイザル麻



(b) マニラ麻

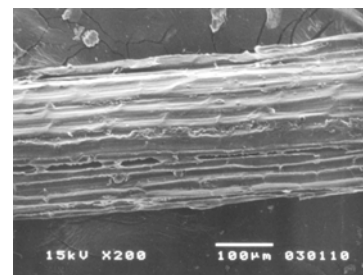
図8 引張強さに及ぼす熱処理の影響

3.4 強度特性に及ぼす熱処理の影響

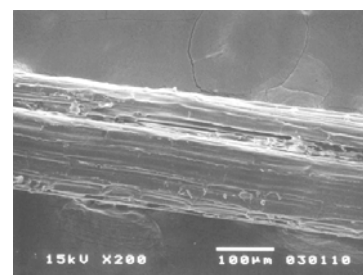
図8にサイザル麻繊維およびマニラ麻繊維の引張強さに及ぼす熱処理の影響についてまとめたものを示す。これより、サイザル麻(図8(a))では熱処理をしたことにより強度低下が見られないだけでなく、むしろ引張強度が向上する傾向にあることがわかる。麻繊維の一種であるジュート繊維でも熱処理により引張強度が向上したという報告¹²⁾があることから、サイザル麻特有の特性ではないといえる。ホットプレス成形などグリーンコンポジットを製造する際にマトリックスを融点以上に加熱することが一般的であることから、加熱処理により繊維の強度が向上するという特性は非常に好ましい特性といえる。

マニラ麻(図8(b))ではサイザル麻のような強度向上は見られず、わずかではあるが、強度低下が生じている。ただし、本実験で与えた程度の熱処理であれば、引張強度を大きく損うことはないと思われる。

図9にサイザル麻について未処理と熱処理を施した後の繊維の表面写真を示す。これより、未処理の写真では表面にあるくぼみははっきり確認できるが、熱



(a) 未処理



(b) 熱処理後(180°C)

図9 サイザル麻の表面状態

処理後の繊維では表面の凸凹が少なくなっており平滑になっていることが分かる。引張強さが向上する理由として、繊維表面が平滑になることにより、引張試験時に応力集中が生じにくくなり結果的に引張強さが向上することが一因になっているのではないかと推察されるが、水分の影響や微視的構造が影響していることも考えられ、より詳細な検討が必要である。

以上より、熱処理の影響から見れば、グリーンコンポジットの強化材としてはサイザル麻の方が適していると判断できるが、強度特性に及ぼす熱処理の影響についてはさらに詳細な検討が必要である。

4. おわりに

天然繊維であるサイザル麻およびマニラ麻の単繊維の引張試験を行ない、その強度特性について調べ、グリーンコンポジットの強化材としての適用可能性について検討を行なった。その結果、以下のことが分かった。

- (1) 熱処理をしていないマニラ麻の引張強さは、サイザル麻よりも高い。ただし、他の天然繊維と同様に強度のばらつきは非常に大きい。
- (2) サイザル麻は、本実験で行った熱処理条件であれば引張強さが向上する。一方、マニラ麻では強度向上は見られないが、熱影響は少ない。
- (3) 同種の繊維において、直径が大きくなると、強度、破断ひずみともにばらつきも大きくなる。これに対して、繊維直径が小さければ比較的安定して高い強度が得られる。
- (4) マニラ繊維では、繊維直径が小さくなると、強度向上がみられた。また、破断ひずみのばらつきも小さくなった。

謝辞

本研究を遂行するに当たり、実験に協力頂いた当時の本校機械工学科卒研究生 岩川太平君に謝意を表します。

参考文献

- 1) 藤井透, 大窪和也: “持続的再生産可能天然資源としての竹の有効利用”, 成形加工, Vol.15-9, pp.605-611, 2003.
- 2) 奥野秀明, 高木均: “竹繊維強化グリーンコンポジットの試作”, 第34回FRPシンポジウム講演論文集, pp.123-125, 2005.
- 3) 高橋明宏, 山元直行: “竹繊維の変形および破壊挙動のその場観察”, 日本機械学会 2005年度年次大会講演論文集, pp.549-550, (2005).
- 4) 合田公一, 浅井隆, 山根達也, 高木均: “麻繊維を利用した生分解性複合材料の創製”, 第31回FRPシンポジウム講演論文集, pp.311-312, 2002.

- 5) 竹村兼一, 銭花圭: “繊維の加熱処理がジュート繊維強化複合材料の引張り強度に及ぼす影響”, J-COM-36 講演論文集, pp.268-270, 2007.
- 6) 越智真治, 高木均: “マニラ麻繊維束強化グリーンコンポジットの生分解速度制御”, 第33回FRPシンポジウム講演論文集, pp.24-27, 2004.
- 7) 邊吾一, 木原裕一: “生分解性樹脂とケナフ繊維からなるグリーンコンポジットの開発と機械的特性”, 第35回FRPシンポジウム講演論文集, pp.138-141, 2006.
- 8) 松尾貴則, Alexandre Gomes, 田辺克典, 合田公一, 大木順司: “クラフ繊維グリーンコンポジットの作製と高靱化・高強度化”, 第35回FRPシンポジウム講演論文集, pp.125-129, 2006.
- 9) 木村照夫, 黄彩虹: “廃棄布団わたを用いた多孔質複合材料の成形”, 第35回FRPシンポジウム講演論文集, pp.217-219, 2006.
- 10) 西川康博, 長瀬尚樹, 福島清: “落花生粉末の充填剤としての活用”, J-COM-36 講演論文集, pp.280-283, 2007.
- 11) 日本麻紡績協会, “天然繊維「麻」”, <http://www.asabo.com/asa/asa.html> (参照日 2011年10月24日)
- 12) 竹村兼一, 斉藤淳仁: “加熱処理を施したジュート繊維を用いた複合材料の引張り強度特性”, 日本機械学会 2006年年度年次大会講演論文集(1), pp.389-390, 2006.