解繊技術を利用した綿繊維強化 ポリプロピレン／ポリエチレン樹脂複合材料の開発[†]

倉 坂 昌 裕* 松 岡 敬**
坂 口 一 彦** 藤 田 浩 行***

Development of Cotton Fiber Reinforced Polypropylene/Polyethylene Composite Materials with Using Loosing Technique

by

Masahiro KURASAKA*, Takashi MATSUOKA**, Kazuhiko SAKAGUCHI**
and Hiroyuki FUJITA***

A method of molding composite materials with using losing technique was developed, and the tensile properties of the composite materials were investigated. This molding method was developed to obtain higher fiber content and to increase the interfacial area between fiber and resin. Polypropylene/polyethylene (PP/PE) fibrous resin and cotton fibers were used as raw materials, and the composite materials were made by an injection molding and a hot-press molding with losing cotton fibers and losing PP/PE fibrous resin. It was clarified that the tensile strength of losing fiber reinforced composite materials was drastically improved by the vacuum hot-press molding. It was also shown that the tensile strength of the composite material was 75 MPa at the fiber weight content 70wt.% and its value was nearly equal to that of GF/PP composite material (30% fiber weight content) made by injection molding.

Key words: Card machine, Losing fiber, Cotton fiber, Polypropylene/polyethylene fibrous resin, Injection molding, Hot-press molding, Tensile properties, High fiber content

1 緒 言

近年、地球規模での環境問題がさまざまな分野で問題となっており、プラスチック産業においても環境負荷の少ない材料やリサイクルが容易な材料の開発が重要視されている。特に、従来の繊維強化プラスチック (FRP) の多くは、ガラス繊維や炭素繊維が強化繊維として用いられており、このような FRP は廃棄後の処理が容易ではないため、環境に調和した FRP の開発が求められている。¹⁾このような観点から、適度の機械的特性を有し、天然繊維を従来の FRP の強化材料として利用するいくつかの研究が行われている。^{2)~4)}しかしながら、一般に、天然繊維はガラス繊維などに比べて強度が低いことから、⁴⁾天然繊維強化複合材料 (以後、NfRP と記す) の高強度化を実現させるためには、強化繊維の高含有率化や長繊維化を図る必要があり、これらの要求を満たす新たな複合材料の創製技術の開発が重要である。

本研究では、強化材として綿繊維を、予備成形を容易にするためにマトリクスとして PP/PE 芯鞘繊維を用いて、カード機により各繊維を解繊することでウェブ状態とし、繊維を均一に分散させることが可能である解繊技術を利用した NfRP (以後、Losing NfRP と記す) の開発について検討した。また、解繊技術の長所である繊維／樹脂界面での接着面積の増大化および強化繊維の高

含有率化に注目し、Losing NfRP の高強度化を図る成形方法について検討し、解繊技術の特長と問題点 (ボイド、繊維配向性) についても検討した。

2 供試材および実験方法

2・1 供試材

供試材として、母材用樹脂繊維にポリプロピレン／ポリエチレン繊維 (チッソ株製; ESC, 以後 PP/PE と表記) とポリプロピレン／酸変性ポリエチレン繊維 (チッソ株製; INTACK, 以後 PP/APE と表記) を用いた。両繊維とも、芯部 (PP (融点: 160℃)) と鞘部 (PE (融点: 130℃)) を持つ 2 層構造になっている。これら 2 種類の樹脂を用いるのは、繊維／樹脂界面における接着性の違いが、Losing NfRP の強度特性に及ぼす影響を検討するためである。強化材料としては綿繊維 (原綿) を使用した。この綿繊維は、平均繊維直径 13.6 μ m、平均繊維長さ 30mm、単繊維引張強さ 516MPa のエジプト綿である。

2・2 複合材料の作製方法

2・2・1 解繊方法 本研究では、Fig. 1 に示すカード機 (大和機工株製, SC-360, シリンダー回転数 200 rpm) を用いることにより繊維状の樹脂と綿繊維の解繊およびこれらの混合を行った。カード機とは綿糸などの紡績工程で使われる機械の一つであり、その特徴として

[†] 原稿受理 平成 15 年 7 月 15 日 Received July 15, 2003

* 同志社大学大学院 〒610-0321 京田辺市多々羅, Graduate Student, Doshisha Univ., Tatara, Kyotanabe, 610-0321

** 正 会 員 同志社大学工学部機械系学科 〒610-0321 京田辺市多々羅, Dept. of Mech. Eng., Doshisha Univ., Tatara, Kyotanabe, 610-0321

*** 兵庫県立工業技術センター 〒654-0037 西脇市野村町, Hyogo Pref. Inst. Industrial of Tech., Nomura-cho, Nishiwaki, 654-0037

は、Fig. 2 に示すように繊維をほぐし均一に分散すること、繊維がシート状となって出てくること、さらにはカード機に通した繊維が一方向（解繊方向）へ沿うということが挙げられる。

繊維状の樹脂および綿繊維の混合において最も重要なことは、試料樹脂中に強化繊維を均一に分散させることである。そのために、混合の前段階として、これらの繊維を個々にカード機に通し、解繊樹脂繊維シートおよび解繊綿繊維シートを作成した。混合の際には、これらに必要に応じた重量割合で交互に重ね合わせて、再度カード機に通すことによって、試料中に強化繊維が解繊方向へ配向させることで、均一に分散した解繊混合繊維シートを作成した。なお、本研究では解繊混合時に作成した試料の繊維重量割合を 0wt.%, 10wt.%, 30wt.%, 50wt.%, 70wt.% の 5 種とした。

2・2・2 成形方法 本研究では、Loosing NfRP を圧縮成形および射出成形の 2 種類の成形方法によって作製した。

圧縮成形板を作成する場合、解繊混合繊維の体積が増大するため、一度の圧縮成形で所定の試験板を得ることが困難であったため、圧縮工程、乾燥工程、成形工程の三段階により試験板の成形を試みた。第一に、解繊混合繊維を重ね合わせて (Fig. 3 (a)) 圧縮工程を経ることによって、圧縮板を作成する (Fig. 3 (b))。圧縮工程においては、母材鞘部の融点付近 135℃の下で加圧することによって試料体積を減らし、かつ試料表面に存在する樹脂繊維の鞘部を熔融することによって、その体積を維持させた。第二に、圧縮板を 105℃の熱風乾燥機に 10 分間入れることによって、ボイドの原因となる水分の除去を図った。第三に、その圧縮板を所定寸法の金型にはめ込

Fig. 1. Card machine.

Fig. 2. Loosing fiber.

Fig. 3. Molding process.

み、再度ホットプレスにより成形工程を経ることによって試験板 (Fig. 3 (c)) を得た。成形行程の成形条件を Table I に示す。以後、圧縮成形で作製した Loosing NfRP を Loosing NfRP (Hot-press) と表記する。

射出成形を行う際には、まず解繊混合繊維を 100g 程度に取り分け、それらを 105℃の熱風乾燥機に 10 分間入れることによって、ボイドの原因となる水分の除去を図った。次いで、それらを射出成形機に投入することによって試験片を得た。成形条件を Table II に示す。以後、射出成形で作製した Loosing NfRP を Loosing NfRP (Injection) と表記する。

また、Loosing NfRP の比較材料として、解繊混合を行っていない樹脂繊維および綿繊維を射出成形機に投入することによって得た複合材料 (Non-Loosing NfRP (Injection)) も作成した。なお、その成形条件は Loosing NfRP (Injection) の場合と同じである。

2・3 実験方法

2・3・1 静的引張試験 解繊繊維強化複合材料の機械的特性を検討するために、静的引張試験を行った。試験片は試験板から Fig. 4 に示すような短冊形状に加工し、24 時間シリカゲルの入った容器の中で放置したもの

Table I . Hot-press molding condition.

Weight fraction of fiber (%)	0	10	30	50	70
Molding pressure (MPa)	1	5	10	15	20
Molding temperature (℃)	210				
Molding time (min)	10				
Cure condition	Quench cure				

Table II . Injection molding condition.

Weight fraction of fiber (%)	30
Screw speed (rpm)	50
Temp. at heating cylinder (℃)	210
Injection speed (mm/s)	100
Injection pressure (MPa)	0

Fig. 4. Dimension of tensile test specimen.

を用いた。カード機に通した繊維は解繊方向に配向する傾向がある。本研究では試験板から試験片を切り出す際、その長手方向と解繊方向とを一致させた。引張試験にはインストロン材料試験機（4467 型）を用い、試験速度 1mm/min、雰囲気は室温で行った。

2・3・2 繊維含有率およびボイド測定 複合材料内の繊維含有率およびボイド含有率はその強度特性に大きく影響を与える。⁵⁾そのため、これらの値は、試験片エッジワイズ方向からの断面観察写真から、次の面積法によって定量的に評価した。ここで、繊維含有率 V_f (ボイド含有率 V_b) は測定画像の全領域面積中 A に占める繊維総面積 A_f (ボイド総面積 A_b) の割合は、次式より求めた。

$$V_f = A_f / A \quad (1)$$

なお、測定に際しては 250 枚の画像を対象とし、これらのデータの平均値を各含有率とした。

2・3・3 繊維配向角測定 複合材料内の繊維配向角は、その強度特性に影響を与えるため、⁶⁾その分布を定量的に評価した。Fig. 5 に示すように、引張方向に対する繊維の角度を繊維配向角 θ とし、試料内の 2000 本の繊維から、繊維配向角分布を求めた。

3 実験結果および考察

3・1 解繊繊維強化複合材料の作製

PP/PE 樹脂および綿繊維を用いて、Non-Loosing NfRP (Injection)、Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Hot-press) を作製し、内部観察とその強度特性について検討した。なお、各試料の繊維含有率は 30wt.% 一定とした。

実験より得た引張強度および縦弾性係数を Fig. 6 に示

Fig. 5. Relationship between the tensile direction and the fiber direction angle.

Fig. 6. Tensile properties of natural fiber reinforced composite materials (30wt.%).

す。なお、縦弾性係数は引張試験より得られた応力-ひずみ曲線の初期線形領域から算出した。Non-Loosing NfRP (Injection) において、縦弾性係数は PP/PE 単体に比べて向上しているものの、引張強度では綿繊維による補強効果は得られていない。一方、Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Hot-press) においては、PP/PE 樹脂単体に対して、引張強度はそれぞれ 1.4 倍および 1.6 倍に向上しており、綿繊維の補強効果が得られていることがわかる。Fig. 7 に試験片断面からの内部観察写真を示す。Fig. 7 (a) から、Non-Loosing NfRP (Injection) では繊維の分散性が低く、射出成形機の可塑化混練部の作用のみでは、綿繊維を均一に分散させることは困難であることがわかる。一方 Fig. 7 (b), (c) より、Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Hot-press) は、繊維が一様に分散していることがわかる。このことより、カード機を用いて、あらかじめ強化繊維と樹脂繊維を混合することによって、強化繊維が良く分散した複合材料が作成できることがわかる。一般に、分散の悪い繊維が成形物中に存在する場合、繊維は異物的な作用となり、この部分で応力集中を起こすため、十分な補強効果をもたらさない。⁷⁾したがって、Non-Loosing NfRP (Injection) では繊維の分散性が悪いために、強度の発現が低かったと考えられる。一方 Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Hot-press) は、解繊混合繊維を用いることによって強化繊維が良く分散した複合材料が得られているために、強度の発現が高かったと考えられる。

次に、各複合材料のボイド率を測定した。その結果、Non-Loosing NfRP (Injection) のボイド率は約 1% であるのに対して、Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Hot-press) のボイド率はそれぞれ約 5% および 16.4% であり、ボイドを多く含むことがわかった。この理由とし

Fig. 7. Microphotographs of composite materials observed from edge-wise direction.

て、解繊時における解繊繊維間への空気混入が大きな要因として考えられる。また、ボイドの存在は材料の欠陥となりうるので、ボイドを低減させる必要がある。

なお、実験後の試験片の破断面に存在する繊維を観察した結果、PP/PE 樹脂を用いた複合材料の繊維表面には全く樹脂が付着しておらず (Fig. 13 (a)), 綿繊維と樹脂との接着性の悪さが伺えた。

3・2 解繊繊維強化複合材料の高強度化

3・2・1 ボイドの除去 3・1 節において、解繊繊維強化複合材料の成形を行った結果、本複合材料はボイドを多く含むことがわかった。そこで、Fig. 8 のように真空成形を行うことによって、ボイドの除去を図った。成形方法は 3・1 節で強度の向上がみられた圧縮成形を採用し、繊維含有率は 30wt.% とした。以後、真空成形を行っていない複合材料を Loosing NfRP (Hot-press)、真空成形を行った複合材料を Loosing NfRP (Vacuum hot-press) と表記する。

前述の算出方法によりボイド率の測定を行った結果、Loosing NfRP (Hot-press) のボイド率は 16.4% であったのに対して、Loosing NfRP (Vacuum hot-press) のボイド率は約 3% となり真空成形によりボイド率を低くすることができる。

Loosing NfRP (Hot-press) および Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の引張試験から得た応力-ひずみ曲線、引張強度および縦弾性係数を Fig. 9 および Fig. 10 に示す。Fig. 9 より、Loosing NfRP (Hot-press) の強度は Loosing NfRP (Vacuum hot-press) に比べて、非線形部分から強度差が現れている。本複合材料の場合、観察された多くのボイドは綿繊維を取り巻くように存在していた。一般に、繊維強化複合材料において、樹脂の種類や繊維の表

Fig. 8. Vacuum hot press molding.

Fig. 9. Tensile stress-strain curves of natural fiber reinforced composite materials (30wt.%) for two hot-press molding.

面処理に関係なく、約 4.0% の全ボイド量まで、FRP の層間せん断強度はボイド 1.0% ごとに約 7.0% 減少する⁵⁾と言われている。したがって、繊維表面に存在するボイドによって繊維/樹脂界面のはく離が早く進展したために、Loosing NfRP (Hot-press) の応力-ひずみ曲線の非線形部分から強度の差として現れたと考えられる。Fig. 10 より、真空成形は縦弾性係数に影響を与えていない。これは前述したように応力-ひずみ曲線の初期線形領域から算出したためである。しかし、引張強度においてはその影響は顕著に見られ、Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の方が強度の発現が高く、樹脂単体に比べて引張強度を約 2.1 倍に向上させることができた。以上のことより、本複合材料の高強度化には、ボイドの除去が重要であり、その方法として真空成形は有効であることがわかる。

Fig. 6 および Fig. 10 より、Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の引張強度を比較すると、Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の方がその強度は高い。Fig. 11 は、Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の各試料内部 (試料表面から 5mm のところ) のフラットワイズ方向からの観察写真である。この結果から、Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の繊維長を比較すると、Loosing NfRP (Injection) の方が短い繊維が多く存在していることがわかる。この原因として、Loosing NfRP (Injection) においては、解繊混合繊維が射出成形機内で混練され、金型に射出される際に、繊

Fig. 10. Tensile properties of natural fiber reinforced composite materials (30wt.%) for two hot-press moldings.

Fig. 11. Microphotographs observed from flat-wise direction.

維長が短くなることが考えられる。また、これらの繊維長の違いが, Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の強度に影響を与えていると考えられる。さらに, Fig. 12 に Loosing NfRP (Injection) および Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の引張試験により得た応力-ひずみ曲線を示す。これより, Loosing NfRP (Injection) は Loosing NfRP (Vacuum hot-press) に比べて破断ひずみが小さいことがわかる。Fig. 13 に, 破断面の観察写真を示す。ここで, 引張方向は紙面に対して垂直な方向である。これより, Loosing NfRP (Injection) の破断面 (Fig. 13 (a)) には, 引張方向に垂直な繊維が多く見られる。一方, Loosing NfRP (Vacuum hot-press) の破断面 (Fig. 13 (b)) には, 引張方向に平行な繊維の引き抜け現象が多く見られる。これは解繊混合繊維が金型に射出される際, 繊維がある配向を有したまま各場所でランダムに配向すること, また, 解繊させた繊維であっても混練過程で繊維が絡み, 繊維の配向性や分散性が不均一になるためであると考えられる。したがって, Loosing NfRP (Injection) では, 引張方向に垂直に繊維が配向し, 繊維/樹脂界面ではなく離が速やかに進展したために, Loosing NfRP (Vacuum hot-press) に比べて最終破断が早くなったと考えられる。

3・2・2 界面接着強度の改善 3・1 節において, 綿繊維の接着性の悪さを指摘したが, 本成形方法では, 解繊混合によって繊維破断などの繊維の損傷をおさえ, かつ均一に分散させることにより, 繊維/樹脂界面の接着

Fig. 12. Tensile stress-strain curves of natural fiber reinforced composite materials (30wt.%) for two moldings.

Fig. 13. Scanning electron micrographs of fracture surface on natural fiber reinforced composite materials (30wt.%) for two moldings.

面積の増加が考えられる。そのため, 界面接着状態が強度特性に与える影響は大きいと考えられる。そこで, PP/APE 樹脂を用いて界面の改善を試みた。試験片としては, 繊維含有率 30wt.% の複合材料を真空成形により作製したものを用いた。引張試験により得た応力-ひずみ曲線, 引張強度および縦弾性係数を Fig. 14 および Fig. 15 に示す。Fig. 14 より, PP/APE 樹脂系複合材料の応力-ひずみ挙動は PP/PE 樹脂系複合材料に比べて, 非線形部分の勾配の低下が少ない。試験後の破断面の繊維を観察した結果, PP/PE 樹脂を用いた試料の繊維表面には全く樹脂が付着していない (Fig. 16 (a)). 一方, PP/APE 樹脂を用いた試料では綿繊維表面には多くの樹脂が付着していることが確認され (Fig. 16 (b)), 綿/樹脂界面の接着性が向上していることがわかる。この付着している樹脂は, 酸変性させた PE 樹脂を用いていることから主に PE 樹脂であり, PP 樹脂が付着している可能性は少ないと思われる。よって, PP/APE 樹脂を用いた

Fig. 14. Tensile stress-strain curves of natural fiber reinforced composite materials (30wt.%) for two resins.

Fig. 15. Tensile properties of natural fiber reinforced composite materials (30wt.%) for two resins.

Fig. 16. Scanning electron micrographs of natural fiber reinforced composite materials (30wt.%) for two resins.

場合には、繊維／樹脂界面の接着性の向上が見られ、繊維／樹脂界面のはく離の進展が抑えられ、PP/PE 系複合材料に比べて、非線形部分の勾配の低下が抑えられたと考えられる。また、Fig. 15 より、PP/APE 樹脂を用いた複合材料の引張強度は、PP/APE 樹脂単体に比べて約 2.8 倍に、PP/PE 系複合材料の約 1.2 倍となった。なお、PE 樹脂と PP 樹脂は両者ともオレフィン系であるが必ずしも相容性は良くないと思われることから、今後、このことが材料特性にどのような影響をもたらすかについて検討しておく必要がある。

3・2・3 繊維高含有率化 3・2・1 節、3・2・2 節の結果から、真空成形によるボイドの除去、界面接着強度の改善によって、複合材料の強度を向上させることができた。本節では、解繊繊維強化複合材料の強度をさらに向上させるために、解繊技術の長所である強化繊維の高含有率化に注目し、繊維含有率と引張強度特性との関係について検討した。試験片としては母材に PP/PE 樹脂および PP/APE 樹脂を用いて、繊維含有率 0wt.%, 10wt.%, 30wt.%, 50wt.% および 70wt.% の複合材料を、真空成形によって作製した。

成形後の繊維体積含有率を測定した結果、10wt.%, 30wt.%, 50wt.%, 70wt.% に対してそれぞれ平均 9.3vol.%, 29.0vol.%, 50.6vol.%, 73.9vol.% を得た。ここで、一般に短繊維強化複合材料の繊維体積含有率は 10～30vol.% が広く用いられており、商業用の実用的な限界値は繊維体積含有率 70vol.% であることから、73.9vol.% 複合材料は、極めて高い繊維体積含有率を有する FRP であることが分かる。

各試料におけるボイド率の測定を前述の面積法により評価した。その結果、繊維含有率 10wt.% においてボイド率は 1.2% と小さいが、繊維含有率が 30wt.%, 50wt.%, 70wt.% と大きくなるにしたがい、ボイド率も 3.0%, 6.9%, 7.4% と増加した。この理由として第一に、解繊時における解繊繊維間への空気混入に大きな原因があると考えられ、繊維含有率が多いほど繊維間に多量の空気が存在しているため、ボイドが多くなったと思われる。第二に、樹脂の繊維表面への不完全な濡れが挙げられる。濡れ性が悪い場合、乾いた繊維が密に並ぶことで空気の残存が生じやすくなり、さらに樹脂の粘度が高い系ではより生じやすくなる。⁵⁾ これらの影響は繊維含有率を高めるに従い大きくなり、その結果、高い繊維含有率の試料においてボイドを多く含むことになると考えられる。

次に、成形後における繊維の配向角度を評価するために、試験片フラットワイズ方向からの観察写真より、繊維配向角の分布を求めた。その結果を Fig. 17 に示す。繊維低含有率の場合、解繊方向への配向性は完全に消失してランダム配向となっているが、繊維含有率が増加するに伴い配向性が保たれていることが確認できる。これは、ボイドを減少させるために、真空成形を行っていることが原因である。繊維低含有率の場合、真空圧縮成形における樹脂溶融の際、繊維配向が樹脂の流れに影響を受けやすくなり、繊維は解繊方向への配向性を消失する。

Fig. 17. Distributions of fiber direction angle for natural fiber reinforced composite materials (cotton/(PP/PE)).

しかし、繊維含有率が高くなるにつれて繊維間における拘束が高まるため、⁸⁾真空圧縮成形時に起こる樹脂流れの影響を受けにくくなる。その結果、繊維高含有率の場合には解繊方向への配向が保たれたと考えられる。したがって、繊維高含有率の複合材料を強度部材として用いる場合、荷重方向に注意する必要がある。

引張試験から求めた引張強度および縦弾性係数と繊維含有率との関係を Fig. 18 に示す。これより、PP/PE 樹脂を用いた複合材料においては、縦弾性係数は繊維含有率の増加に伴い向上しているのに対して、引張強度では 30wt.% 以上での強度の向上があまり見られない。引張試

Fig. 18. Relationship between the tensile properties and weight fraction of fiber on natural fiber reinforced composite materials.

験後の試験片の破断面を Fig. 19 に示す。これより、PP/PE 樹脂を用いた複合材料において、0wt.%, 10wt.%, 30wt.% の繊維低含有率の試験片はフラットな破断面をしていた (Fig. 19 (a)) のに対して、50wt.%, 70wt.% の繊維高含有率になると、他の破断面には見られない層間破壊を起こしていた (Fig. 19 (b))。ここで、層間破壊を起こす原因として、本複合材料を作製する際に解繊混合繊維シートを積み重ねていることが挙げられる。PP/PE 樹脂を用いた場合、繊維/樹脂界面の接着性が悪いために、繊維高含有率において層間破壊が起こり、強度の発現が低かったと考えられる。一方、PP/APE 樹脂を用いた複合材料においては、PP/PE 樹脂を用いた複合材料に比べて、全ての繊維含有率でその強度特性を上まわっており、30wt.% 以上でも強度の向上が見られた。また、PP/APE 樹脂を用いた複合材料の 50wt.% の破断面 (Fig. 19 (c)) を見ると、層間破壊を起こしていないことがわかる。これらのことから、本複合材料を繊維高含有率で作製する場合には、界面の接着特性を改善することが重要であることがわかる。

PP/APE 樹脂を用いた繊維含有率 70wt.% の複合材料は、引張強度 75MPa、縦弾性係数 7.6GPa を示し、それらは樹脂単体に対して引張強度で約 4 倍に、縦弾性係数で約 5.6 倍となった。また、この引張強度は射出成形で作製した繊維含有率 30wt.% の GF/PP 複合材料の引張強度とほぼ同等の値であった。以上の結果から、真空成形によるボイドの除去、界面接着特性の改善、繊維の高含

有率化を図ることで、高い強度を有する天然繊維強化複合材料を作製することが可能となった。

4 結 言

本研究において、解繊技術を利用した天然繊維強化複合材料の開発とその高強度化を検討した結果、以下の結論を得た。

(1) 解繊技術を利用することによって、分散性の良好な天然繊維強化複合材料を得ることができる。しかし、解繊によってボイドを多く含むことや、天然繊維の接着性の悪さが短所であることが明らかとなった。

(2) 解繊繊維強化複合材料を圧縮成形で作製した結果、繊維高含有率では繊維配向は一方向に沿うが、繊維低含有率になるに従って繊維の配向性は失われ、繊維はランダム配向となる傾向を示した。

(3) 真空成形によるボイドの除去、界面の接着特性の改善および繊維の高含有率化を行うことによって、解繊技術を用いた天然繊維強化複合材料の強度を向上させることができた。

なお、本研究を進めるにあたり、樹脂繊維を提供頂いたチッソ(株)に対して深く感謝いたします。また、本研究は 2002 年度同志社大学学術奨励研究費「解繊繊維強化複合材料の高機能化とその創製技術に関する研究」の成果である。記して謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 木村照夫, 材料, **50**, 1158 (2001).
- 2) 高木 均, 田倉隆輝, 材料, **52**, 357 (2003).
- 3) 大川由人, 松岡 敬, 坂口一彦, 藤田浩行, 強化プラスチック, **48**, 161 (2002).
- 4) Leonard Y. Mwaikambo and Elias T. N. Bisanda, Polymer Testing, **18**, 181 (1999).
- 5) D. ハル, “複合材料入門”, p.68 (1983) 倍風館.
- 6) 島村昭治, 宮入裕夫, “複合材料”, p.99 (1994) 実教出版.
- 7) 日本化学会編, “化学総説 No.8 複合材料”, p.141 (1975) 学会出版センター.
- 8) Ian Davies, 坂口正英, 濱田泰以, 第 28 回 FRP シンポジウム講演論文集, 223 (1999).

(a) 30wt.%(PP/PE) (b) 50wt.%(PP/APE) (c) 50wt.%(PP/APE)

Fig. 19. Photographs of fracture surfaces on loosing fiber reinforced composite materials.