

目的別テーマ：ハイパフォーマンス/ハイブリッド繊維合体の開発

15年度研究テーマ

15-5-10：ポリオレフィン系複合材料の開発

ABSTRACT

To construct PP fiber/PE composite, PP fiber surface was treated with PE gels. It was confirmed that the new surface layer acted as adhesive layer between the fiber and PE. Mechanical properties of PP fiber/PE composite constructed using fibers have been measured. Relationship between the mechanical properties and surface-treated conditions was investigated. It has been clarified that PE fiber/HDPE composites show the mechanical properties in which the properties of the PE fiber is reflected, and the strength and modulus of the composite are almost the same as those of GFRP. It became clear that PP fiber/HDPE composites show the breaking distortion of about 60% and is composites with extremely large amount of the energy absorption until breaking.

研究目的

コンジットマテリアル（複合材料）は、軽量で強度および弾性率に優れ、要求に合わせた設計が可能という利点のため、あらゆる産業分野で使用されている。コンジットには様々な形態があるが、繊維を強化材として用いた繊維強化プラスチック（FRP）は最も多く使用されているコンジットの一つである。その中でも、現在主に使用されているのはガラス繊維で熱硬化性樹脂を強化したGFRPである。しかしながらこの材料は、リサイクルが難しく、使用後にほとんどが埋め立て処分されているのが現状である。

近年、マトリクス（母材）に熱可塑性樹脂を用いたFRPがリサイクル性の高さから注目を集めている。熱可塑性樹脂の一つであるポリオレフィン、安価で軽量、焼却しても有害物質を排出しない、油化技術を用いて燃料として再利用が可能といった特徴を持つ。そこで本研究ではリサイクルや環境への影響を考慮したコンジットの構築を目指して、マトリクス、強化材、接着剤の全てにポリオレフィンを用いた、ポリオレフィン繊維強化ポリオレフィン系コンジットの作成について検討した。強化材とマトリクスの接着は、当研究室で開発されたゲル法を用いた。強化繊維の表面処理条件を検討し、作成したコンジットの力学特性を評価した。

一年間の研究内容と成果

1. 実験試料および方法

強化材として高強度・高弾性ポリエチレン（PE）繊維、およびポリプロピレン（PP）繊維を、マトリクスとして高密度ポリエチレン（HDPE）を、HDPEをゲル化する溶媒として α -キシレンを用いた。

PE繊維表面処理は、繊維とHDPEの α -キシレン溶液を接触させて、125℃で2秒間加熱することで行い、PP繊維表面処理は、110～130℃の種々の温度に保ったHDPE溶液中に繊維を0.12秒間浸漬することで行った。それぞれ溶液処理後に乾燥させ、繊維表面に新たなHDPE層を形成させた。処理した繊維をHDPEシートに挟み加熱してコンジットを作成した。

2. 結果および考察

HDPE溶液で処理したPE繊維とHDPEマトリクスの

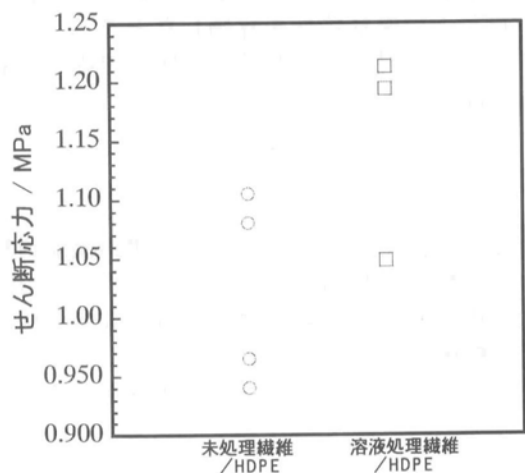


Fig.1 PE 繊維 / HDPE 間のせん断応力

間のせん断応力を測定した結果を Fig.1 に示す。溶液処理繊維を用いた場合せん断応力は未処理繊維のそれと比較しておよそ 1.2 倍に向上しており、PE 繊維表面に形成した HDPE 層が接着層として機能することを示唆している。同様の測定を PP 繊維に対して行った結果、PP 繊維表面処理に関しては溶液濃度 2.0 ~ 3.0g/100ml、処理温度 112~120℃の範囲で行ったときにせん断応力が約 3 倍に向上するという結果を得た。これにより PE 繊維表面処理と類似の方法で PP 繊維も処理できることがわかった。

結果の一例として濃度 4.0/100ml の HDPE 溶液で処理した PE 繊維のコンポジットの引っ張り試験により得られた S-S カーブを Fig.2 に示す。繊維とコンポジット化することで HDPE のみの場合に比べて強度および弾性率が大幅に向上している。一方向繊維強化材の繊維方向への引っ張り試験であるため、初期弾性率および降伏強度には溶液処理を施したことによる効果は反映していない。溶液処理繊維の場合には、降伏時の歪みが未処理繊維を用いた場合よりも増大し、材料破壊に必要なエネルギーが増大しており、靱性が向上していることが明らかである。

次に HDPE 接着層を形成した PP 繊維の一方向性コンポジットの力学特性の検討を行った。結果の一例として、Fig.3 に 112℃に保った濃度 2.0g/100ml の HDPE 溶液で処理した PP 繊維のコンポジットの S-S カーブを示す。HDPE のみの場合と比較して、繊維を複合化すると弾性率、降伏強度が大きく向上することがわかる。しかし、未処理繊維を用いた場合と比べると、弾性率、降伏強度ともほとんど差は認められない。これは PE 繊維系の場合と同様に一方向繊維強化材の繊維方向への引っ張り試験であるための結果であると判断される。一方、繊維の破断による応力の急激な減少点における歪みは、溶液処理を施すことで約 20%増大しており、明らかな靱性の向上を示している。また、溶液処理 PP 繊維を 6 vol%にすると、引っ張り応力は繊維量に応じて高くなり、降伏応力が歪み量の高い方にシフトする傾向を示すことがわかり、複合化する PP 繊維量を多くすれば引っ張り応力を高く出来ることがわかる。それぞれのコンポジットにおいて繊維の破断点までに必要なエネルギーを同じ繊維体積含有率 3%のコンポジットについて比較すると、それぞれ PE 繊維/HDPE コンポジットでは 8.8kJ/kg、PP 繊維/HDPE マトリクスコンポジットでは 24.5kJ/kg であり、PP 繊維を用いたコンポジットの靱性がより大幅に向上することが明らかとなった。

3. 結言

PE 繊維を 125℃の HDPE 溶液で 2 秒間、PP 繊維を 112 ~ 120℃に保った HDPE 溶液で 0.12 秒間処理すると、それぞれの繊維表面に接着層として機能する HDPE 層を形成することができた。それぞれの繊維と HDPE のコンポジットは繊維の力学特性を反映して強度および弾性率が向上し、繊維表面に接着層を形成するための溶液処理を施すことでコンポジットの靱性の向上を図ることが出来ることを明らかにした。

展望

本研究で得られた結果は、繊維の力学特性を反映した強靱で特徴のあるコンポジットの作成の可能性を示しており、さらに布状の繊維や短繊維を練りこんだコンポジット等への応用が期待される。

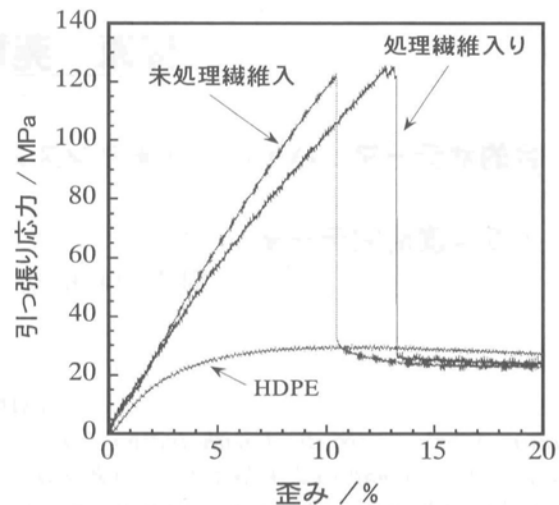


Fig.2 PE 繊維/HDPE コンポジットの S-S カーブ

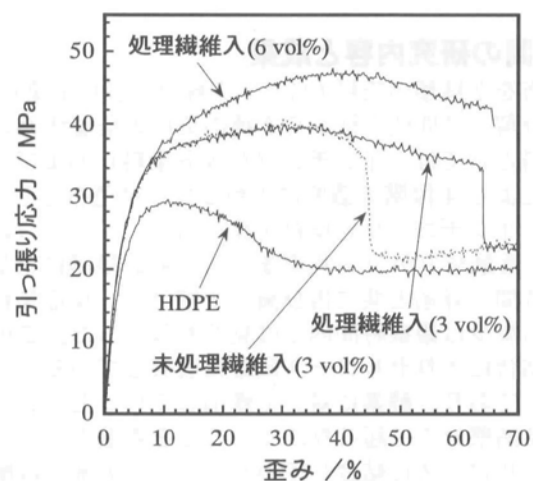


Fig.3 PP 繊維/HDPE コンポジットの S-S カーブ