

ガラス繊維の「編み物」でFRPの深絞りを実現する

基材となるガラス繊維を「編む (=ニットする)」ことで伸縮性に優れ、複雑な形状に成形できるFRP (繊維強化プラスチック) *1 を開発しました。軽量化、高強度化に加え、深絞り成形などが可能になり、幅広い分野への適用が期待されます。

*1 FRP
FRP (Fiber Reinforced Plastics : 繊維強化プラスチック) は、ガラス繊維などを強化材として、エポキシ樹脂やフェノール樹脂などを複合させた材料。

*2 賦形性 (ふけいせい)
材料にプレス成形などを行った際の金型への追従のしやすさ。

FRPを自由に成形したい

軽量で強度に優れたFRPは、ゴルフクラブのシャフトや船舶用部品、電子基板などに幅広く利用されています。また電気自動車の普及には車体の軽量化が重要な課題ですが、FRPを使用することが検討され、一部で実用化も始まっています。優れた点の多いFRPですが、賦形性*2に劣るという欠点があります。

既存のFRPは、基材として主にガラス繊維製の「織物」が用いられています。経(たて)糸と緯(よこ)糸が直線状に交差されて構成される織物には、ほとんど伸縮性がなく、複雑形状への成形が困難です。しかし、ループ状の連続した編目で構成される「ニット(編物)」は優れた伸縮性を有し、形状追従性の大きな向上が期待できます(図1)。都産技研には各種織機、編機をはじめとしたさまざまな繊維の製造装置があります。一般的なニット製品の製造に用いられる「横編機」を用いることで、ガラス繊維製のニット基材が開発できると考えました。

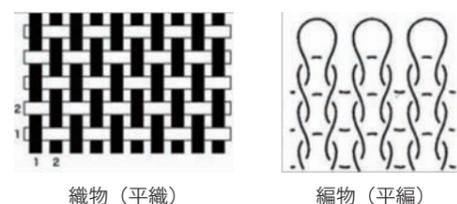
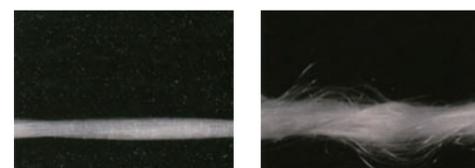


図1 織物と編物



(a) マルチフィラメント糸 (b) バルキー糸

図2 ガラス繊維の外観

ガラス繊維を「編む」ための技術

FRP用の基材には通常マルチフィラメント糸が使用されていますが、今回は嵩高加工されたバルキー糸も使用しました。フィルターなどに使用されているバルキー糸は、糸の強度がやや低下しますが、編みやすさ(編成性)が高く、樹脂の含浸性が良好という特徴があります(図2)。

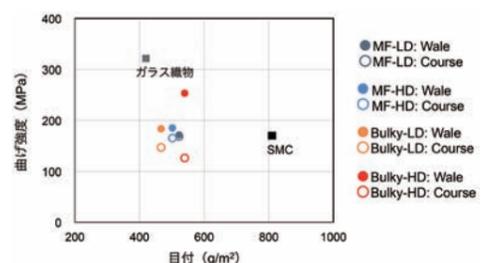


図3 ニット基材/エポキシ樹脂複合材料の三点曲げ強度と重量

ガラス繊維は綿やウールなどの一般的な繊維と比較して、繊維自体の伸度が乏しく、耐屈曲性に劣ることが知られています。こうした繊維を「編む」ためには糸の送り出しなどを工夫する必要がありました。本研究では、上記の2種類の糸を用いて編目密度を調整し、高密度と低密度サンプルを作製しました。次にニット基材へエポキシ樹脂を含浸させ、プリプレグを作製しました。これを用いて熱プレス機で板形状に成形し、三点曲げ試験によって強度・弾性率を評価しました。その結果、比較品(シートモールディングコンパウンド=SMC)に対して30%以上の軽量化を実現し、1.6倍の曲げ強度、1.4倍の曲げ弾性率を示すことが分かりました(図3)。

方向によって機械的特性が大きく異なる材料は「強度異方向性が大きい」と表現され、構造部材として用いる上で制約が生じます。ニッ

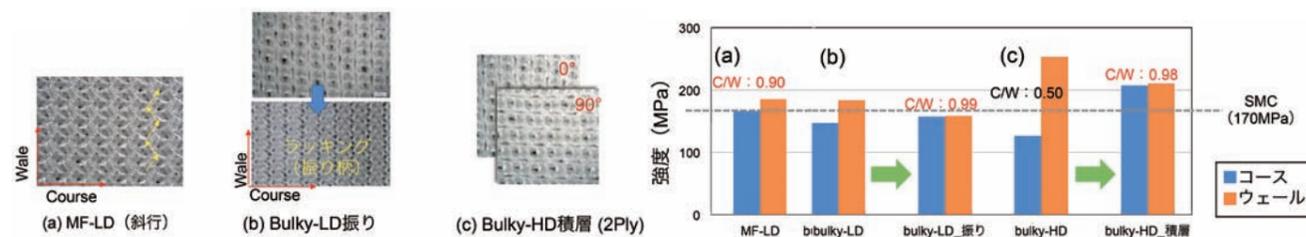


図4 強度異方向性の低減化

トはウェール(たて)方向とコース(よこ)方向で強度が異なることが知られています。本研究ではニット基材FRPの強度異方向性の低減化についても検討しました(図4)。まずマルチフィラメント糸などの繊維表面の摩擦係数が小さい(=滑りやすい)糸では、編成密度を調整することで、左右に「斜行*3」させながら編成できることが分かりました。本研究では横編機を用いて左右方向に1コースずつ編成することで、意図的にジグザグ形状に編目を斜行させました。これにより斜め方向に繊維配向が生じ、強度異方向性を低減化することができたと考えられます。バルキー糸などの繊維表面の摩擦係数が大きい(=滑りにくい)糸は、ラッキング*4と呼ばれる編み方で意図的に編目を斜行させ、強度異方向性を制御することができました。また成形品に厚さがあっても問題がない場合には、ニット基材を0°、90°方向に向きを変えて積層させることで、強度異方向性の影響を抑制することが可能です。糸の特性や目的とする成形品の厚さによって、最適な方法を適用することが可能です。

新しい構造材料として高まる期待

賦形性に優れたニット基材を開発できましたが、FRPの賦形性を評価する方法は確立されていません。そこで実際に深絞り形状に成形を行うことで、賦形性の評価を行う方法を考案しました(図5)。深絞り用の金型形状は、生地の破裂試験方法*5を参考に自作し、10~30mm深さの金型を作製しました。

比較品としてガラス繊維製の織物、ランダムマット(カットしたガラス繊維がランダムに配置されたシート材)を基材としたプリプレグを作製し、ニット基材と同様に賦形性に



図5 賦形性の評価

ついて評価しました。その結果、ニット基材については30mm成形でも破断などなく成形でき、さらなる深絞り形状への成形も可能であると考えられます。

都産技研(電子・機械グループ)は軽量で機械的特性に優れた新しい多面体形状のサンドイッチコア構造体を開発しました。サンドイッチコアの製造において、量産化とコスト面から熱プレス成形が必要となります。また部材には軽量で強度に優れたFRPが適していますが、従来の織物などを基材としたFRPでは複雑な多面体構造にプレス成形することができませんでした。そこで本研究で開発したニット基材を適用することで、欠陥などなく熱プレス成形することができ、軽量で高強度、高弾性率を有するサンドイッチコア材を開発することができました(図6)。建築資材、自動車、航空機分野などでの利用が期待され、実用化に向けて検討を進めています。

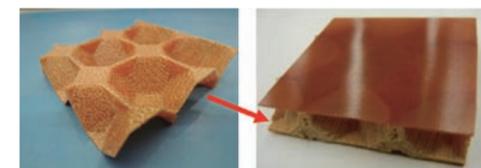


図6 多面体サンドイッチコア形状へのプレス成形

*3 斜行
編成方向に追従して編目が斜め方向に偏る現象を指し、通常のアパレル製品などにおいては外観上の問題から好ましくないものとされる。

*4 ラッキング
編機の針床(ニードルベッド)の位置を左右方向に動かしながら編成する、横編機特有の編成方法。

*5 生地の破裂試験方法
JIS1096 破裂試験法B。



複合素材開発センター
副主任研究員
からき ゆうすけ
唐木 由佑

お問い合わせ
複合素材開発センター
(多摩)
TEL 042-500-1292