

3. CFRTTP、CFRPの成形技術・材料開発

3-1 炭素繊維の中間基材、プリプレグ、成形法

3-1-1 炭素繊維基材の種類と特性

(1) 一方向・織物基材

炭素繊維複合材料(CFRP)は繊維の長さ、含有比率、配向などによって物性が大きく変わる。連続繊維による熱硬化性プリプレグは優れた力学特性を示す中間材料であり、繊維基材には繊維束を一方向(UD)に引き揃えたシートや織物が用いられる。一方向シートは織物のように繊維が上下に交錯せず、直線的であるため繊維の配向方向は高い強度を有しているが、直交方向は強度が弱く、極端な異方性を示す。このため複数の一方向プリプレグを 0° 、 90° 、 $\pm 45^{\circ}$ と方向を変えながら積層し、金属のような等方性が得られるように設計される。図3-1にその積層例を示すが、円筒状の成形品でも同様の積層構造がとられる。積層構造は荷重に応じて繊維を配置できるというメリットがあるが、積

層設計がコストアップをま

ねき、CFRP

の汎用性を損

なう。またプ

リプレグの層

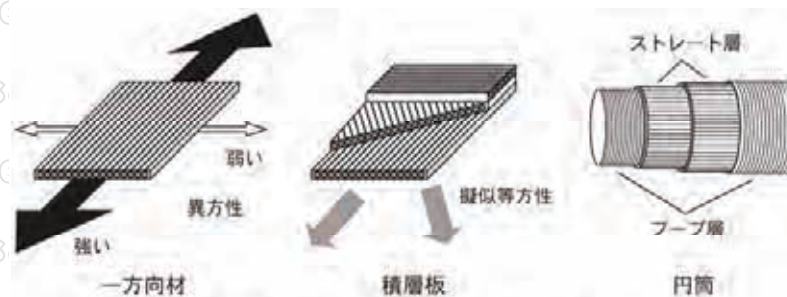


図3-1 CFRPの積層構造

間剥離も課題であり、積層作業を不要にし、層間剥離を抑制する繊維基材として一方向シートを重ねた多軸ステッチがある(図3-2)。多軸ステッチは厚み方向をZ糸で固定するため層間剥離が抑制され、主として成形時に樹脂を含浸するRTMなどに適用されている。

織物はプリプレグやRTMなどのプリフォー

ムに用いられ、複雑な形状の成形品が得られる。主な織組織として平織、綾

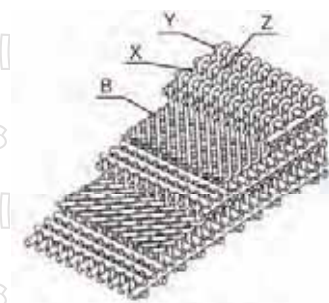


図3-2 多軸ステッチの構造

織、朱子織があり、それぞれの構造を図3-3に示す。織物は経糸と緯糸を上下に交錯させるが、交錯点が多いと繊維の屈曲部(クリンプ)が多くなり、補強効果が低下する。また、

繊維軸に対して 45° 方向の強度が弱く、基材としての異方性がある。平織はクリンプの多い織物であるが、加工が容易なこともあって広く利用されている。綾織

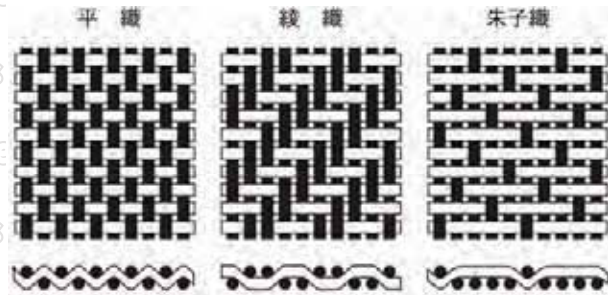


図3-3 織物の種類

は平織より経糸、緯糸の交錯点が少ないため柔軟性があり、高密度で厚みのある織物が得られる。朱子織は経糸と緯糸の交錯点を少なくし、かつ分散させた織物で、ドレープ性に優れ、繊維密度を上げるのに適している。このほか、メッシュ状の絡み織や、織物の異方性を低減するため繊維を3方向配向させた三

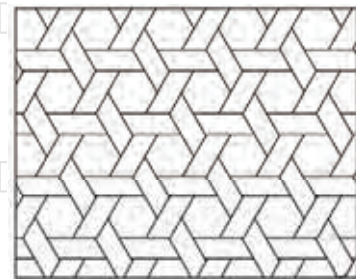


図3-4 三軸織物の構造
(サカセ・アドテック)

軸織物(図3-4)、4方向に配向させた四軸織物(図3-5)などがある。三軸織物は3方向(60° 方向)に繊維を配向させた織物で、繊維間に正六角形の空隙ができ、疑似等方性を示す。二軸織物に比較して立体成形した場合のシートの追従性が良く、成形品は荷重が3方向に分散するため形状安定性に優れている。四軸織物は経、緯と $\pm 45^{\circ}$ 方向(斜め方向)に繊維を配向させた織物で、引張強度、弾性率の力学的等方性や、引裂強度に優れた織物となる。

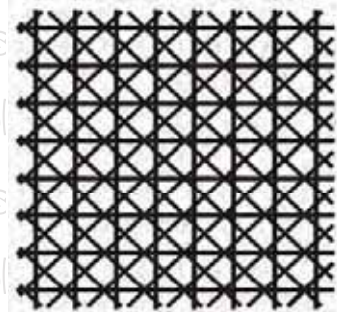


図3-5 四軸織物の構造(明大)

(2) 組物基材

編物はループ状の繊維で構成され、直線性に乏しいため、織物のような高い補強効果が得られず、複合材料の基材としてはあまり使用されていない。

しかし、糸を絡み合わせた組物はCFRPの基材に用いられており、ブレードイング法として技術が確立されている。組物は形状から平打、丸打、角打の3種類に大別される(図3-6)。平打組物は帯状で、総ての糸が斜めに交錯しながら端部で折り返し、連続して配向している。丸打組物は右巻き方向と左巻き方向の糸をそれぞれ交互に交錯させながら螺旋状に巻き付けたもので、マンドレルを用いて作成すると円筒状になる。図3-6の丸打組物は糸が2方向であるが、さらに長手方向に糸を垂直に配した三軸構造の組物がゴルフシャフトなどに使用されている。角打組物はマンドレルを用いずに複数の糸を交錯させながら肉厚の角柱状にしたものである。組物は組み始めから組み終わりまで連続して繊維が配向しており、長手方向に荷重を受けると総ての繊維が均等に力を分担する。これは織物にはない組物の大きな特徴である。



図3-6 組物の種類

組物は、成形品の形状に合わせたプリフォームを直接作成することができる。シート状の基材でプリフォームを作成する場合は基材を裁断し、プレス加工などで賦形しなければならないが、組物はダイレクトにフォーミングできる。このため製造工程の短縮や端材の削減が可能となる。また、現在はブレード装置で自動的に組み上げられ、円筒状の組物はH型、L型など様々な断面形状に加工することもできる。

(3) ローピングの開繊

炭素繊維のローピングは数千本から数十万本の細い繊維を収束した撚りのない束であり、基材の作成では原糸を幅方向に開繊して使用される。繊維束を幅広く、薄くすることによって樹脂の含浸を短時間で均一に行うことができ、特に粘度の高い熱可塑性樹脂では開繊が不可欠である。開繊は繊維を損傷させることなく、均一に幅を広げることが重要であるが、福井県工業技術