

# ガラスチョップドストランドマット用 バインダーのFRPへの応用

堀江誠司

繊維薬剤研究部

[紹介製品のお問い合わせ先]  
当社安井事業本部繊維産業部

## □繊維強化プラスチックの歴史 と利用分野

プラスチック系材料は成形性が優れた軽量な材料であるが、工業材料として使用しようとする、鉄鋼材料やコンクリート材料に比べ機械的特性が低いという欠点がある。1930年代、安価なガラス繊維と成形性に優れた不飽和ポリエステル樹脂が開発され、不飽和ポリエステル樹脂をマトリックスとしガラス繊維を補強材とした繊維強化プラスチック（FRP：Fiber Reinforced Plastics）が米国を中心に実用化され、軽量の工業材料として一躍注目されるようになった。

その後、ポリエステル樹脂のほか、エポキシ樹脂などの熱硬化性プラスチックに加え、ポリエチレン、ポリプロピレンなどの熱可塑性プラスチックもFRPのマトリックスとして使用されるようになった。補強材についても炭素繊維やアラミド繊維のほかに、シリコンカーバイド繊維やポリエチレン繊維などが登場し、さまざまな組み合わせが可能となったことから、FRPの「軽くて丈夫」という特長を生かして、浴槽や浄化槽などの住宅機材、建設資材、船舶用資材、自動車用部品、電気部品など広範な分野で現在利用されている〔写

真〕。

現在も、FRP用素材として補強材にはガラス繊維が一般的で、マトリックス樹脂としては不飽和ポリエステル樹脂が最も広く使用されている。

## □繊維強化プラスチックの原材料と成形法

### [マトリックス樹脂]

FRP用マトリックス樹脂としては不飽和ポリエステル樹脂、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂のほか、フェノール樹脂、シリコン樹脂、アリル樹脂などの熱硬化性樹脂が一般的に使用され、これらの樹脂の中でも、FRPに使用される約90%が不飽和ポリエステル樹脂である。

不飽和ポリエステル樹脂とは、不飽和アルキッドをビニルモノマーに溶解したものである。不飽和アルキッドは、不飽和二塩基酸と飽和二塩基酸の組み合わせからなる二塩基酸成分と、グリコール成分を縮合反応させることにより得られる。分子量は数百から数千であり、常温では固形状から水あめ状の粘性液体までさまざまな形状がある。

不飽和アルキッドの分子内にある不飽和結合の導入には、一般に不飽和二塩基酸である無水マレイン酸、あるいはフマル酸が使用さ



れている。不飽和ポリエステル樹脂に硬化剤あるいは硬化剤と促進剤を加えると、不飽和結合とビニルモノマーとの間でラジカル重合が起こり、不飽和アルキッドとビニルモノマーが架橋し、三次元網目構造を形成して不溶不融の固体となる。


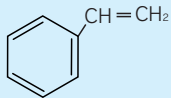
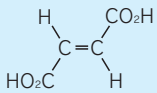
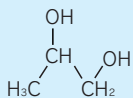
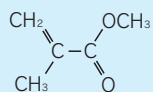
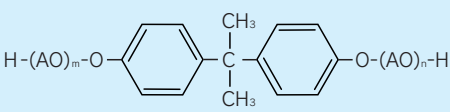
表1に不飽和ポリエステル樹脂の代表的な原料を示した。

不飽和ポリエステル樹脂の硬化については硬化剤の選択によって、常温から高温まで広い範囲で硬化させることができ、成形法に応じ硬化剤が選択されている。

### [補強材]

FRPの特長である優れた機械特性は、補強材の働きによる。補強材は先に述べたように多くの種類が開発されているが、最も一般的な補強材はいうまでもなくガラス繊維である。ガラス繊維がFRP用補強材として優れている理由としては、①引っ張り強さが大きい、

表1 ●不飽和ポリエステル樹脂に使用される代表的な原料

二塩基酸成分	グリコール成分	ビニルモノマー成分
無水マレイン酸 	エチレングリコール $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$	スチレン 
フマル酸 	プロピレングリコール 	メタクリル酸メチルエステル 
アジピン酸 $\text{HO}_2\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}_2\text{H}$	ビスフェノールAアルキレンオキシド付加物 	
	AO: アルキレンオキシド (エチレンオキシド、プロピレンオキシドなど)	

②伸びが小さい、③弾性率が大きい、④不燃性である、⑤化学的耐久性がよい、⑥吸水性が小さい、⑦価格が安い、があげられる。

FRPに使用するガラス繊維は大きく分けて長繊維と短繊維があり、成形品の要求品質や成形法、作業性などによって使い分けられる。長繊維としては、千本から数千本の繊維をよりをかけずに引きそろえたロービングや、このロービングを織物としたロービング布、ロービングを連続してループ状にたい積しバインダーで固着させたコンティニューアストランドマットなどがある。短繊維としてはロービングを数mm～数十mmの長さに切断した繊維チョップドストランド、チョップドストランドをマット状にたい積しバインダーで固着させたチョップドストランドマットなどがある。

**[成形法]**

FRP成形法の種類は多く、その特長としては、成形圧力が低い、常温での成形もできる、型費用が

安い、大型成形品の成形ができる、などがある。代表的なFRP成形法としては、①ハンドレイアップ法、②スプレーアップ法、③フィラメントワインディング法、④プレス法、⑤引き抜き法などがある。

ハンドレイアップ法はFRP成形法の基本となる成形技術で、型にガラス繊維と樹脂で積層し、硬化後、離型するという方法で、補強材としてはチョップドストランドマットが最もポピュラーな材料である。スプレーアップ成形法はスプレーアップ機によってロービングを切断したチョップドストランドとマトリックス樹脂を型上に吹きつけ、硬化後、離型するという方法である。フィラメントワインディング成形法は芯型を回転し、その周囲に樹脂を含浸しながらテンションをかけたロービングを巻きつけ、所定の肉厚になったあと硬化して離型するという方法である。プレス成形法はプレスに取り付けた型の中にロービングまたはチョップドストランドをセットし、

その上にマトリックス樹脂を流し込んだ後、型を閉じ硬化するという方法である。引き抜き成形法はロービングなどの長繊維を引きそろえ、樹脂含浸槽に通して硬化させた後、成形品を連続的に引き抜く成形法である。表2に代表的な成形法と補強材の繊維形態を示した。

**☑ガラスチョップドストランドマットの生産方法**

FRPは成形品の要求品質や成形法、作業性などによって原材料や成形法が使い分けられていることを前述した。中でもFRPの成形法の基本となるハンドレイアップ法はFRP成形法の基本となる方法で、大型の製品、形状の複雑な製品、生産個数の小さい製品など、その利用範囲は広い。

チョップドストランドマットはこのハンドレイアップ用補強材として最もポピュラーな材料である。図1にチョップドストランドマットの生産方法を示す。チョップドストランドマットは所定の長さに

ガラスチョップドストランドマット用  
バインダーのFRPへの応用

表2 ● FRPの成形法と補強材の繊維形態

代表的な成形法	補強材の代表的な繊維形態	繊維形態の概要	成形法の特長
ハンドレイアップ法	チョップドストランドマット	ローピングを数mm～数十mmの長さに切断した繊維(チョップドストランド)をマット状にたい積、バインダーで固着	低コスト 複雑な形状の成形が可能 大型製品の成形が容易
	ローピング布	下記ローピングの織物	
スプレーアップ法	ローピング	1,000本から数千本の繊維をよりをかけず引きそろえた形態	成形速度が速い 連続した曲面の成形が容易
フィラメントワインディング法	ローピング	上記ローピングに同じ	FRP成形法の中で最も高強度の製品を成形することが可能
プレス法(100～150℃)	ローピング	上記ローピングに同じ	低コスト
プレス法(常温～70℃)	チョップドストランド	ローピングを数mm～数十mmの長さに切断した繊維(チョップドストランド)をマット状にたい積、バインダーで固着	
引き抜き法	ローピング	上記ローピングに同じ	長尺製品の成形が可能 再現性が高い
	コンティニューアスストランドマット	ローピングを連続してループ状にたい積、バインダーで固着	

切断したガラス繊維ストランドを、ランダム方向に分散させて均一な厚みに積層し、バインダーを散布し、マット状に成形したものである。

□ガラスチョップドストランドマット用バインダーに要求される機能

マット用バインダーに要求される機能としては、①マットに必要な強度を与えること、②作業性に適した硬さと、局面成形に必要な柔軟性と伸びを有すること、③マトリックス樹脂の性能に影響を与えないこと、④マトリックス

樹脂がガラス繊維束に含浸しやすくすること、があげられる。

特に、マット用バインダーはガラス繊維表面を被覆しているため、マトリックス樹脂の含浸性に重要な役割を果たす。含浸性はバインダーとマトリックス樹脂との親和性によって左右される。親和性が良いとよくなじみ、マトリックス樹脂が均一にガラス繊維束の中に入り込める。逆に、親和性が悪いと繊維束の周りに微小な空気泡をかみ込んだり、マットを埋め込むのに時間を要することになる。その結果、FRPの外観が不透明にな

ったり、強度が不良となる [図2]。

□マット用バインダー

①マット用バインダーの分類

マット用バインダーとしては粉体バインダーと液体バインダーに大きく分類され、前者は含浸性が高く、FRPの耐食性が良いことから、市場では前者がマット用バインダーの約80%を占めている。粉体バインダーはマトリックス樹脂との含浸性を高めるため、マトリックス樹脂と類似構造を有するビスフェノールAのアルキレンオキシドの低モル付加物とフマル酸を反応させたポリエステル系化合物

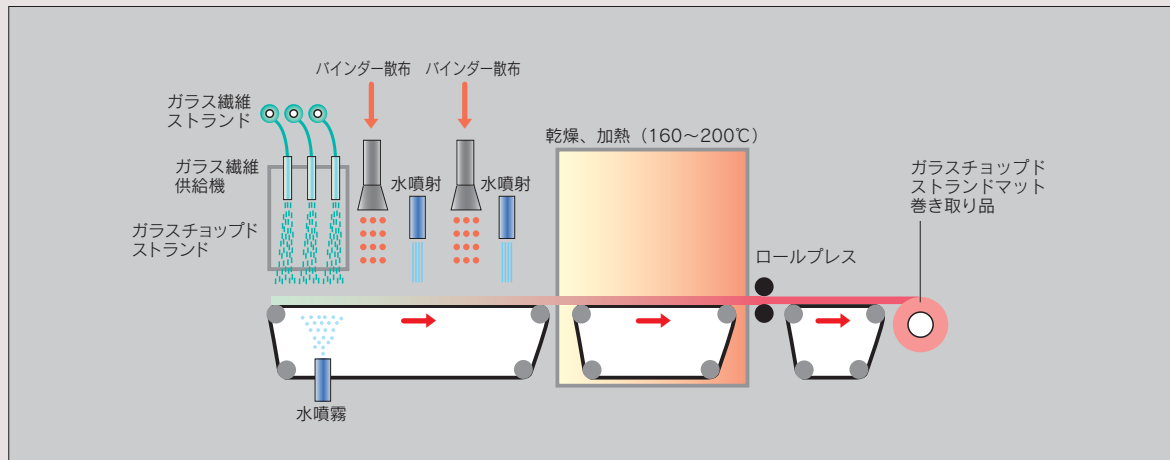


図1 ● ガラスチョップドストランドマットの生産方法

