

## 中空 R T M 成形法の開発

### 1. はじめに

FRPの成形法の一つであるRTM成形法において、高生産性や高強度高品質化への開発が急進展している。そのなかで中空RTM成形のニーズが高まっているがその技術は確立されておらず、FRP業界でも課題とされていた。

最近、日東紡績㈱FRP研究所が中空RTM成形について基本特許を出願した。その技術の確立と応用、自転車への適用について共同研究を行っているので一部を報告する。

### 2. 中空RTM成形

今回採用した中空RTM成形方法の概略は下記のとおりである。

「外型とプラスチックフィルムの中空芯型との間に繊維基材を配置、またはプラスチックフィルムの中空芯型のまわりに繊維基材を配置し外型内に設置し、中空芯型内にエア圧を作用させ芯型の変形を修正し、外型と中空芯型との間に樹脂を注入する。または中空芯型に高いエア圧を作用させた状態で樹脂を注入する。」

この方法によれば

---

- ・中子の脱型ができない形状のものが成形できる
  - ・型へのかみ込みがない成形ができるため強度低下が防げる
  - ・かみ込みの心配がないため作業性が向上する
  - ・かみ込みの心配がないため繊維を多く配置でき  $V_f$  を上げられる
  - ・エア圧によって肉厚,  $V_f$  のコントロールが期待できる。
  - ・その結果軽量化設計ができる等の有用性が期待できる。
- この技術はFRP製品への適用へ大きな可能性を持っている。

今回試作中のRTM成形によるモノコックフレームにおいても軽量化が大きな課題として残されている。硬質発泡ウレタンをコア材に使用しているため重量増になっているのでこの技術による解決を検討している。

初年度として小さい形状の前ホークを対象に中空RTM成形の開発を行った。

前ホークはその要求特性が高く、現在もホークシステムの抜けの問題などがある、留保して進めることとした。

3. パイプ形状による基礎実験

基礎実験のため下記の通りの仕様とした。

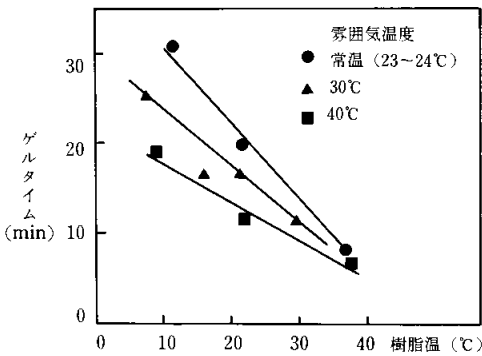


図1 カップルタイム測定結果

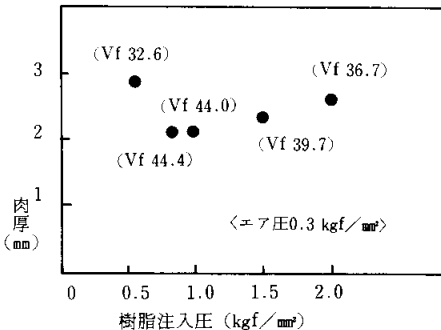


図2 パイプ成形実験結果

成形品形状・外形φ33mm 長さ450mm

中子用フィルム・ポリエチレンフィルム 袋状 厚さ0.1mm φ28mm

成形樹脂型・上記成形品用 樹脂温 25±1℃

基材・トレカブレイド T6962

バインダー・ユカレジン E1022

樹脂・エピコート802 (粘度 9~12ps/25°C)

エピキュア3012 (粘度 2~7ps/25°C)

粘度分布を図1に示す。

図2に試験結果の一部を示す。

これらの仕様で基礎実験を継続しているが、中子用フィルム厚, 基材, エア圧, 樹脂注入圧, 肉厚等の関係をあらわす条件を導き出していない。

例えば基材を畳んでチャージできるメリットがあるのに対して、均等に配置ができないデメリットもあり、データを収集しにくくしている。

4. 前ホークへの適用

4.1 前ホークの形状と基材構成

試作する前ホークの形状は既報(ただし肩部補強改良品)の形状とした。

この形状の前ホークの基材構成を検討した。

表1 基材構成とVfの関係

形状	外周 mm	断面積 mm²	Vf			
			3 ply	4 ply	5 ply	6 ply
A	93	279	24	32	40	48
B	57	171	39	52	65	—

表2 前ホークに使用するブレイドの糸角

	T6961	T6962	T6963	T6963
ℓ	460mm	230mm	154mm	117mm
A	5.8°	11.7°	17.6°	23.4°
B	3.6°	7.1°	10.7°	14.1°

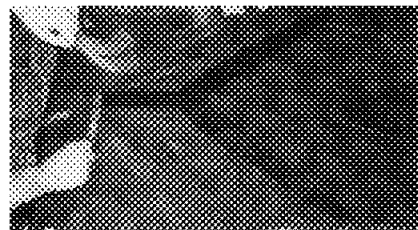


写真1 中子フィルムの作成

表1にA部(最大楕円形状部)、B部(最小楕円形状部)における、肉厚3mmのときの断面積、積層数3、4、5、6 plyのVfを示す。

1 ply は $0.0035^2 \times \pi \times 6000 \times 96 = 22.2 \text{mm}^2$ とした。

一方このブレイドを積層するときブレイドの糸角 $\theta$ と幅Wの関係は $W = 1 \sin \theta$ となり、1は幅Wに渡る糸の長さを示し不変量である。

これよりA、B部の糸角を求めると表2となる。

ブレイドは40mm巾で

T6961	5°	397 g / 10m
T6962	10°	400 g / 10m
T6963	15°	420 g / 10m
T6964	20°	426 g / 10m

を使用した。

以上の結果より、例えばT6962を使用し、肉厚3mm、Vf40%とすると、A部には5 ply、そのときの糸角は11.7°、B部には3 ply、7.1°とわかる。

#### 4・2 成形準備

- ・フィルム作成・ポリエチレンフィルム  
厚さ0.1mm 熱溶着による袋状化(ハンダごてを使用(写真1))
- ・基材・トレカブレイドT6962 (T300-6 K96打) 下記バインダーにてプリフォームをする
- ・バインダー・ユカレジンE1022  
着率目標5% 風乾120~125°/1H
- ・樹脂・上記品およびエビコートE807  
・エポメートLX-IN
- ・成型型・樹脂型(図3、3分割式をとる事によって基材のかみ込みを防ぐ) 型温40~50℃ニクロム線加熱方式
- ・エア注入口・ホークシステムパイプの中から袋状フィルムをとおしてエアを注入する(圧力栓使用)
- ・ホークシステム・ホークシステムから肩部のフィルムが適正に膨らむため写真2のように切り込みを入れて肩部のフィルムが膨らむようにした。

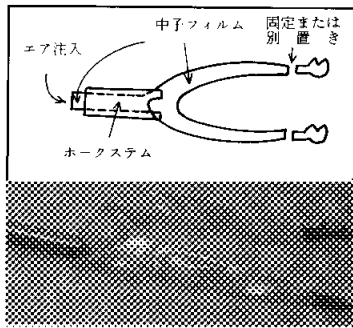


写真2 中子フィルム・ホークシステム

表3 試験結果

試験片	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Vf (%)	Vv (%)
4-1	1.244	32.7	12.2
4-2	1.327	45.8	11.2
5-1	1.390	54.7	9.6
5-2	1.288	39.5	11.6
6-1	1.354	49.1	10.3
6-2	1.342	46.1	10.0

- 密度の測定は、JIS K7112-1980準拠で行った。
- Vf(体積含有率)および(ボイド率)の測定は、燃焼法により行った。
- 水の密度は、1.00 (g/cm<sup>3</sup>)とした。
- CFおよびレジンの密度はそれぞれ1.75および1.22 (g/cm<sup>3</sup>)とした。

#### 4・3 成形試作

基材はバインダ処理で一括してプリフォームすることによって6 plyまで積層できる。ドライのものは下層へ偏るなどの問題がある。

プリフォーム途中を写真3に示す。

エア圧0.3kgf/cm<sup>2</sup>、樹脂注入圧1.5kgf/cm<sup>2</sup>で成形したときの肉厚は左右で1.8~2.8mm、上下でそれ以上の肉厚であった。これは中子フィルムが円形に膨らむため楕円形状に成形するためには上下左右にかかる圧力が異なるため差が生じたものであり、今後検討を要する。

成形品の断面を写真4に示す。

成形品より切り出した試験片のVf、Vv(ボイド率)を図4、表3に示す。

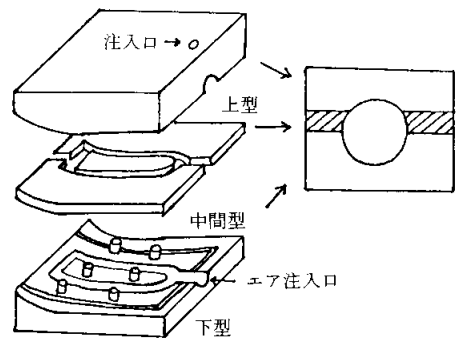


図3 成型型



写真3 プリフォーム工程



写真4 成形品断面

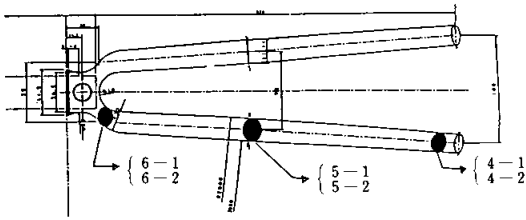


図4 試験箇所

成形品の重量は4ply(肩部に1ply)のとき約400g(部品130g, 樹脂140g, CF130g)であった。

### 5. おわりに

既報のとおりRTM(SRTM)成形法によるモノコック自転車の試作は成形から評価, 改良へと成果を上げてきた。その実績の上に新しい成形技術を取り入れて, 新しいモノコック自転車を開発, 提案していく予定であり今後も検討を重ねていきたい。なお本報告は日東紡績㈱FRP研究所と共同研究中のものである。

(モノコック研究グループ)

### 参考文献

1. 平 2-307979
2. 近藤他「SRTMによる自転車モノコックフレームの開発」強化プラスチック vol.37 No.5