# FRTP 製構造部材の成形と機械的特性評価

日大生産工(院) 〇勝賀瀬大 日大生産工 邉 吾一 日大生産工 平山紀夫 日大生産工 坂田憲泰

#### 1. 緒言

比強度・比剛性に優れた FRP は航空宇宙分 野で構造部材に適用されている.しかし, FRP では熱硬化性樹脂をマトリックスとしている ため,リユースが困難となっている.一方, マトリックスに熱可塑性樹脂を用いた FRTP は加熱することで再溶融できるため,リユー スが可能となる.

現場重合型 PA6 は、モノマーの  $\varepsilon$ -カプロラ クタムに触媒と活性剤を重合させることによ ってポリマーのポリアミド 6 となる.  $\varepsilon$ -カプ ロラクタムは室温では粉末状態だが、70℃以 上で液体となり、粘度は 110℃で 3~4 mPa・s で、ゲル化時間は 1 分以内である<sup>1)</sup>。著者ら は過去の研究<sup>2)~4)</sup>で、VaRTM 法により現場重 合型 PA6 をマトリックスとする CFRTP と GFRTP の高速成形に成功した. さらに成形し た疑似等方性材の機械的特性の評価を行った.

本研究では、現場重合型 PA6 をマトリック スとした FRTP を構造部材に適用するために、 再溶融法にて FRTP 製の各種構造部材 (Fig.1) の成形を行った.本報告では、CFRTP 製のチ ャンネル材の成形方法と、溶融温度が成形品 に与える影響を調査した結果について述べる.

#### 2. 材料

**CFRTP** 製チャンネル材の成形では、炭素繊 維の綾織クロス(CO6347B, 東レ)と現場重 合型 PA6 を用いた.

#### 3. 再溶融温度

CFRTP の再溶融条件を調査するために, 幅:50mm,長さ:50mmの試験片を成形した. 再溶融温度は 190℃,210℃,220℃,230℃, 270℃,290℃の 6 通りとし,保持時間は 30 秒と 60 秒間,圧力は 1.5MPa とした.再溶融 後の試験片を Table 1 に示すが,再溶融温度が 190℃と210℃,230℃の 30 秒間では再溶融す ることができなかった.一方,再溶融温度 290℃では樹脂に変色が見られた.したがって, CFRTP の再溶融に適した範囲は,Table 1 の赤 線で囲った 230℃の 60 秒,250℃,270℃とな った.

Table 1 CFRTP specimens after re-melting.



#### 4. チャンネル材の成形方法

チャンネル材の成形では、はじめに、 VaRTM 法で成形した板厚 3mm の疑似等方性 板を精密切断機にて幅:120mm,長さ:160mm に切断した(Fig.1). VaRTM 法の成形条件は、 金型温度:140℃,引き圧:90kPaである.

次に、切断した疑似等方性板を厚さ 0.2mm のテフロンシートに挟んだ状態でホットプレ ス機を用いて再溶融し, Fig.2 の金型に押し入 れた.脱型後の CFRTP 製チャンネル材を Fig.3 に示す.なお,本研究では再溶融温度は 230℃, 250℃, 270℃とし、繊維のずれなどを抑える ため圧力をかけずに 60 秒間保持し,冷却は自 然冷却とした.成形に要する時間は約 5 分で ある.



Fig.1 CFRTP plate before re-melting.



(a) Female mold (b) Male mold Fig.2 Female and male dies.

Fabrication and mechanical properties of FRTP structural member

Dai SHOGASE, Goichi BEN, Kazuhiro SAKATA and Norio HIRAYAMA



#### . . ...., . . . . . . . . .

# Fig.3 CFRTP structural flange.

## 5. 寸法評価

Table 2 にチャンネル材の各部の板厚の測 定結果を示す.測定は Fig.3 に示した①~⑤ に分割して行った.③部(ウェブ部)において 圧力が低かったため,他の部位より板厚が大 きかった.

Table 2 Thicknesses of each section.

	Thickness (mm)		
-	230°C	250°C	270°C
1	3.12	3.19	3.17
2	3.06	3.11	3.07
3	3.28	3.42	3.31
4	3.14	3.14	3.05
5	3.24	3.19	3.04
Average	3.17	3.21	3.13
Coefficient of variation	8.0%	11%	10%

#### 6. 未反応モノマー

Table 3 に各部の未反応モノマーの測定結 果を示す. チャンネル材の未反応モノマーの 平均含有量は, 再溶融前の板材と比較し約2 倍(0.53%)高くなった.

Table 3 Contents of unreacted monomer.

	Content of unreacted monomer (%)		
	230°C	250°C	270°C
1	1.02	1.05	1.61
2	1.01	0.88	1.12
3	1.28	1.10	1.66
4	1.00	1.01	1.25
5	1.25	1.15	1.30
Average	1.11	1.04	1.39
Coefficient of variation	11%	8.8%	15%

## 7. 繊維体積含有率

Table 4 に各部の繊維体積含有率(Vf)を示す. チャンネル材の Vf の平均値はフランジ部の 繊維の抜けが影響して,再溶融前の板材 (39.5%)より低い値となった.

	Fiber volume fraction (%)			
-	230°C	250°C	270°C	
1	37.1	37.2	34.4	
2	36.3	33.6	35.1	
3	36.6	34.8	34.6	
4	38.1	38.3	38.8	
5	40.3	39.8	39.5	
Average	37.7	36.7	36.5	
Coefficient of variation	4.0%	6.0%	6.0%	

## 8. 断面観察

Fig.4に再溶融温度 250℃のチャンネル材の 断面観察結果を示す.各溶融条件で①,③, ⑤の一部にボイドが見られたが、②,④のコ ーナー部にはあまり見られなかった.これは, 成形時にコーナー部に負荷された圧力が他の 部位より高かったためと考えられる.



Fig.4 Observation results of cross section (250°C).

### 9. 結言

1) 再溶融法を用いて CFRTP 製チャンネル

材の成形を行うことができた.

チャンネル材の板厚はウェブ部が最も厚くなったが、変動係数は11%以下となった.
チャンネル材の未反応モノマーの平均値は、溶融前と比べて約2倍になり、繊維体積含有率の平均値は再溶融前より若干低下した.
チャンネル材のボイドを少なくするためには、成形圧力を均一にして成形する必要がある。

#### 参考文献

G.Ben, A. Hirabayashi, K.Sakata, K. Nakamura and N. Hirayama, Evaluation of new GFRTP and CFRTP using epsilon caprolactam as matrix fabricated with VaRTM, Science and Engineering of Composite Materials, Published online (2014), DOI: 10.1515/secm-2014-0013.
違吾一, 大関輝, 中村幸一, 平山紀夫, 生井沢正樹, 小林正俊, 東弘英, カーボン織物 と現場重合熱可塑樹脂を用いた CFRTP の機械的特性と成形条件, 日本複合材料学会誌, 39, 4, 2013, 127-134.
中村幸一, 邉吾一, 平山紀夫, 西田裕文, 現場重合型ポリアミド6をマトリックスとした GFRTP の機械的特性に及ぼす成形条件の影響, 日本複合材料学会誌, 37, 5, 2011, 182-189.

4) 邉吾一,坂田憲泰,石田亘,同じ強化繊維 を用いた HFRTP と HFRP の力学特性評価, 日本複合材料学会誌,41,3,2015,112-121.