

**CFRTP の力学特性に及ぼす基材の含浸度と圧縮成形条件の影響に関する研究**  
**Influence of the impregnation rate and compression molding conditions**  
**on the mechanical properties of CFRTP**

学籍番号 03110877 長谷川 健一  
指導教員 高橋 淳

(平成 25 年 2 月 6 日提出)

Keywords: CFRTP, 成形条件, 含浸, コスト削減, 量産車

## 1. 緒言

近年、環境・エネルギー問題が深刻化し、運輸部門、とりわけ自動車に関する対策は急務である。様々な対策がある中、既存材料を新素材 CFRP (Carbon fiber reinforced plastics) で代替して軽量化することが効果的な対策の一つとして期待されている。

しかし、従来の CFRP は成形サイクル(生産性)、リサイクル性などに課題があり、量産車に適用する際の障壁となっていた。そこで、CFRP のマトリックスとして熱硬化性樹脂ではなく熱可塑性樹脂を用いた CFRTP (Carbon fiber reinforced thermoplastics) の研究が進められている。それでもなおコスト面での課題が残っており、その改善は CFRTP を量産車に適用する上で必須である。

本研究では、CFRTP の製造工程におけるコスト削減を目的とし、CFRTP の基材の含浸度、ならびに成形条件が力学特性に及ぼす影響を明らかにした上で、成形サイクルにおけるコスト削減の可能性を検証した。

## 2. CFRTP の成形方法および基材

### 2.1 本研究で扱う成形方法・予備含浸工程

#### 2.1.1 金型内加熱冷却成形

従来の CFRTP の成形方法であり、材料の加熱溶解・成形・冷却固化というすべての工程を金型内で行う成形方法である。本研究では、金型内で 0.1 MPa の圧力を基材に加えながら 15 分間加熱溶解し 210 °C まで昇温した後、成形と同時に冷却を行い、圧力保持時間を 3 分間とした。

#### 2.1.2 スタンピング成形

基材を金型の外で加熱溶解し、加熱された基材を温度一定(樹脂の融点以下)の金型内にチャージして加圧することで成形する方法である。金型温度一定で行うため、成形時間を 1 分以内にでき、量産車の生産ラインに適用可能な成形方法として有望視されている。本研究では、基材を金型外で、遠赤外線ヒーターあるいは熱板による輻射加熱で 4 or 8 分間、210 °C まで加熱溶解した。また、成形圧力保持時間は 1 分間とした。

#### 2.1.3 予備含浸工程

成形前に予め基材の含浸度を上げる工程を、本研究では予備含浸工程と定義する。予備含浸は、成形前の基材を金型内で 200 °C、0.3 MPa の状態で 5 分間保持し、その後冷却するという工程で行った。

## 2.2 本研究で扱う基材

### 2.2.1 CF/PP CP (Cross ply) 基材

一方向に配向した連続炭素繊維にポリプロピレン樹脂 (PP) を含浸させた CF/PP UD (Uni directional) プリプレグテープを、[0°/90°]の方向に積層して作製した連続繊維基材である。積層した段階では、基材の含浸度は十分ではない。

### 2.2.2 CF/PP CTT (Chopped carbon fiber tape reinforced thermoplastics) 基材

UD プリプレグテープを 35 mm の長さに切ったものを、ランダムに配向して作製する不連続繊維基材である。試験片サイズに切り出すと、物性のバラツキが大きいという問題点がある。基材の製造段階で必ず予備含浸工程を経るため、基材の含浸度は十分である。

## 3. 基材の力学特性に及ぼす含浸度・成形条件の影響

### 3.1 検証方法

CTT 基材は前述のバラツキに関する問題点があるため、まずは CP 基材を用いて、成形方法・条件・含浸度を変化させて成形した試験片について、三点曲げ試験を行い、それぞれのパラメータが力学特性に及ぼす影響を検証した[1]。その検証結果を基に、実際に CTT 基材が示す挙動を推定し、確認の実験を行った。

### 3.2 CP 基材を用いた金型内加熱冷却成形による成形条件の影響

#### 3.2.1 成形条件

CP 基材を金型内加熱冷却成形により成形した。その際、成形圧力をパラメータとし、1, 2, 3, 4, 8 MPa と変化させて成形を行った。

### 3.2.2 試験結果および考察

成形圧力の違いによる有意な差は見られなかった。基材の含浸度が完全ではない場合でも、金型内加熱冷却成形（加熱時に圧力をかけるタイプの成形法）ならば、圧力の高低に関わらず、所定の物性が発現することが分かった。

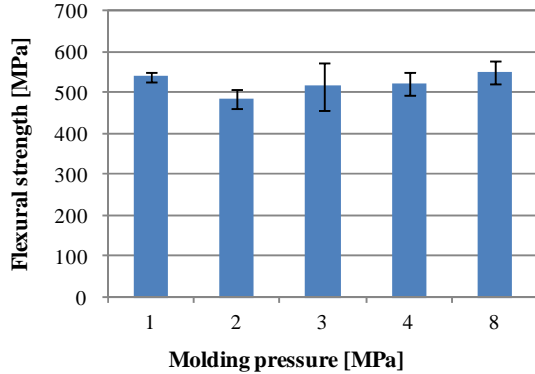


Fig. 1 Relationship between heat and cool molding pressure and flexural strength of CF/PP CP specimens.

### 3.3 CP 基材を用いたスタンピング成形による成形条件の影響

#### 3.3.1 成形条件

CP 基材をスタンピング成形により成形した。その際、基材の含浸度、加熱溶解時間、成形圧力をパラメータとした。予備含浸工程なしの基材については、加熱溶解時間 8 分で成形圧力 1, 4 MPa, 4 分で成形圧力 8, 18 MPa の成形条件とした。一方、予備含浸工程ありの基材は、加熱溶解時間 8 分、成形圧力 4 MPa の成形条件で成形した。

#### 3.3.2 試験結果および考察

予備含浸されていない基材は、高圧をかけてスタンピング成形しても、物性は発現せず、逆に予備含浸済みならば、低圧でスタンピング成形しても十分な物性が発現している。このことから、成形圧力が高圧であっても、融点以上で加圧される時間が短いと含浸は進まないと考えられ、スタンピング成形を行う際には、成形前の基材が十分に含浸されている必要があると考えられる。

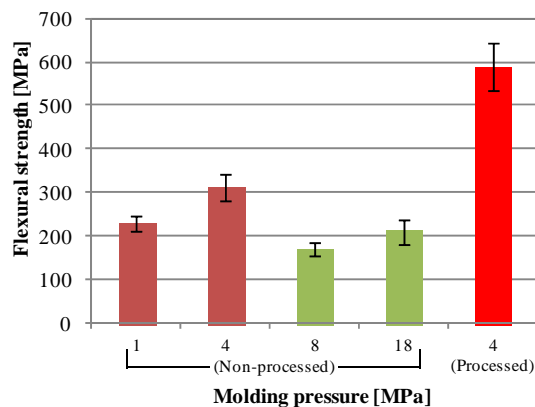


Fig. 2 Relationship between stamp molding pressure and flexural strength of CF/PP CP specimens.

### 3.4 CTT 基材を用いたスタンピング成形による成形条件の影響

#### 3.4.1 成形条件

CTT 基材をスタンピング成形により成形した。成形圧力をパラメータとし、4, 11, 18 MPa の圧力で成形した。

#### 3.4.2 試験結果および考察

予備含浸済みの CTT 基材ならば、CP 基材の場合と同様に、スタンピング成形時の圧力が低圧であっても物性は発現することが確認された。

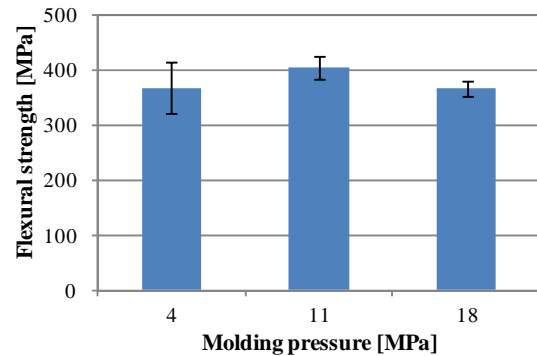


Fig. 3 Relationship between stamp molding pressure and flexural strength of CF/PP CTT specimens.

## 4. 結言

CFRTP 部材の力学特性を左右するのは樹脂の含浸度であり、基材製造→加熱溶解→成形のいずれかの段階で含浸を十分に行う必要がある。スタンピング成形は、高速な成形（すなわち設備費の最小化）を可能とするが、含浸度が十分でない基材を用いると、たとえ高圧（18 MPa）をかけたとしても、高い力学特性の CFRTP 部材を成形することはできない。逆に、加熱溶解時に十分な含浸がなされれば、成形圧力が低くても所定の物性は得られることが、本研究により明らかとなった。したがって、加熱溶解条件についてさらに研究を進めれば、製造工程に関して大幅にコスト削減（プレス機の小型化、成形サイクルの高速化）することが出来ると言える。

## 謝辞

本研究は経済産業省－NEDO プロジェクト「サステナブルハイパーコンポジット技術の開発」（平成 20～24 年度）の一環として行われたものであり、開発中の試料ならびに評価装置の提供等、関係各位のご協力に謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 小橋則夫, "急速加熱・冷却システムを用いた CFRTP/AFRTP ハイブリッド複合材料の成形", 日本機械学会 2008 年度年次大会講演論文集(1), (2008).