

曲面形状と円孔板のインフュージョン成形と数値シミュレーション

日大生産工(院) ○平山 悠斗 日大生産工 邊 吾一
日大生産工 坂田憲泰

1. 緒言

GFRP構造物の成形方法には、ハンドレイアップ法、スプレーアップ法、フィラメントワインディング法などの様々な方法が用いられているが、近年はGFRP構造体の性能と品質向上、作業環境の改善、設備投資費の抑制などからRTM成形が注目され、国内でも様々な研究が行われている¹⁻⁴⁾。

RTM成形の一種であるインフュージョン法は、成形型の上に強化材を配置し、その上をバギングフィルムで覆い、成形型内を真空にして、樹脂を流す簡易的なクローズドモールド成形法で、今後は傾斜や曲面、円孔を有している複雑な三次元構造体にもインフュージョン法が利用されていくと考えられる。著者らはこれまでの研究で、成形型の傾斜角度を変化させた長方形板の樹脂の流動実験と数値シミュレーションを行い、傾斜角度が樹脂の浸透時間に与える影響を明らかにした⁵⁾。

本研究では、円孔板と楕円ドーム形状の成形型を用いて、実験と数値シミュレーションから樹脂の流動挙動を調査した結果について報告する。

2. 円孔板を用いた実験

2.1 実験方法

繊維にはガラスクロス（日東紡，WEA 22F）を4 plyとし、中央に直径150 mmの円孔を空けたガラスクロスを用いた（Fig.1）。なお、真空にすると、バギングフィルムが円孔部の下型（ガラス板）と密着するため、円孔部への樹脂の流入はない。使用したガラスクロスは、細い繊維（縦糸方向，Warp，1 mm）と太い繊維（横糸方向，Weft，1.5 mm）で編み込まれているため、実験は樹脂の流動方向を縦糸方向にした場合と横糸方向にした場合の両方についておこなった。樹脂にはサンドーマ（DHマテリアル，PC-740），硬化剤にはパーメックN（日油株式会社，F00011）を使用し、硬化剤の重量比は1%とした。

2.2 実験結果

縦糸方向に樹脂を流して成形した円孔板をFig.2に、縦糸方向と横糸方向に樹脂を流した場合の樹脂の流動時間と供給量の関係をFig.3に示す。比較のため、Fig.3には円孔のない長方形板（Non-hole）の結果についても併記した。なお、樹脂の粘度は成形時の温度で異なってくるため、平均粘度の0.143(Pa・s)を基準として補正を行った。

Fig.3より円孔板の縦糸方向、横糸方向共にフローフロントが円孔部に到着するまでは、円孔のない長方形板と同じ傾きで樹脂の供給量は推移した。円孔部到着後は、断面積の低下により樹脂の供給量が低下するため、Fig.3の流量と時間の傾きは、円孔板の方が円孔のない長方形板より小さくなった。そのため、円孔板の縦糸方向に樹脂を流した場合の樹脂流動時間は622秒となり、長方形板の縦糸方向に流した場合の時間（393秒）の1.6倍となった。同様に、円孔板の横糸方向に樹脂を流した場合も、樹脂流動時間は1029秒となり、長方形板の横糸方向に流した場合の時間（711秒）の1.4倍となった。

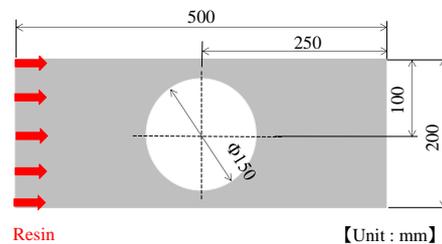


Fig.1 Dimension of glass fiber preform.

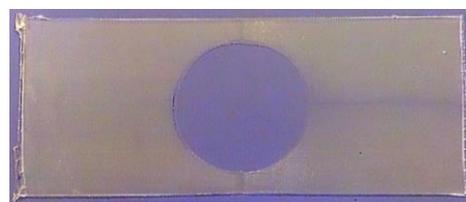


Fig.2 Fabricated of plate having hole.

Infusion molding of plates having curved surface and hole with numerical simulation

Yuto HIRAYAMA, Graduate Student of NIHON University

Goichi BEN and Kazunori SAKATA, College of Industrial Technology, NIHON University

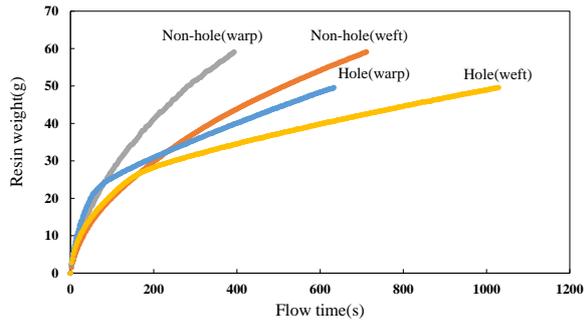


Fig.3 Comparison of flow time between hole plate and non-hole plate.

3. 曲面形状の実験と数値シミュレーション

曲面形状を有するGFRP構造部のインフュージョン成形において、樹脂注入口と減圧吸引口の位置が樹脂含浸時間に与える影響を調査するために、Fig.4に示す楕円ドーム型の成形型を用いて実験と数値シミュレーションを行った。樹脂注入口と減圧吸引口はFig.4に示す①～⑤の5箇所とし、樹脂注入口と減圧吸引口の組合せはTable1の8パターンとした。ガラスクロス積層数は4 plyとし、ドームの長軸方向を縦糸方向とした。また、大型GFRP構造物の成形では通常、樹脂の流動を促進するためにフローメディアを使用する。そのため、楕円ドーム型の成形においては、フローメディアを使用し、数値シミュレーション (PAM-RTM, 日本イーエスアイ) に入力する浸透係数は縦糸方向 $56.8 \times 10^{-10} \text{ (m}^2\text{)}$ 、横糸方向 $30.2 \times 10^{-10} \text{ (m}^2\text{)}$ とした⁵⁾。

樹脂含浸時間の数値シミュレーションの結果をTable 2に示す。また、表中には数値シミュレーションの妥当性を検証するために実施したパターン I, IV, Vの実験結果についても併記した。数値シミュレーションの結果と実験結果は良好な一致を示し、両者の差は2秒以内であった。最も早く樹脂が流れるのは中央部から樹脂注入を行い、長軸側2か所から減圧吸引を行うパターン IIIで、樹脂含浸時間に要する時間は6秒となった。

4. 結 言

- (1) 円孔板に樹脂が含浸する時間は、長方形板の約 1.5 倍となった。
- (2) 楕円ドーム形状の成形型を用いた数値シミュレーションの結果は、実験結果と良好な一致を示した。
- (3) 楕円ドーム型の成形では、中央部から樹脂注入を行い、長軸側 2 か所で減圧吸引を行う方法が一番早く樹脂が流れる結果となった。

参考文献

- 1) 横関智弘, 小林やよい, 青木隆平, 吉田大志郎, 平田拓也, ポーラス型を用いた VaRTM 複合材成形, 日本複合材料学会誌, 39, 1 (2013), 31-35.
- 2) 松崎亮介, 瀬戸大悟, 轟章, 水谷義弘, 樹脂注入成形におけるボイド含有率のその場計測, 日本複合材料学会誌, 40, 1 (2014), 25-34.
- 3) 松崎亮介, 瀬戸大悟, 轟章, 水谷義弘, 樹脂注入成形における幾何学的異方性繊維織維材のボイド形成, 日本複合材料学会誌, 40, 2 (2014), 62-70.
- 4) 堀正芳, 森内重徳, 宮野靖, 樹脂型における RTM 成形システムのハイサイクル化, 強化プラスチック, 60, 4(2014), 143-148.
- 5) 長見茂, 坂田憲泰, 邊吾一, 樹脂供給量による浸透係数測定法と傾斜角を有する GFRP 板のインフュージョン成形結果, 強化プラスチック, 61, 2(2015), 88-93.

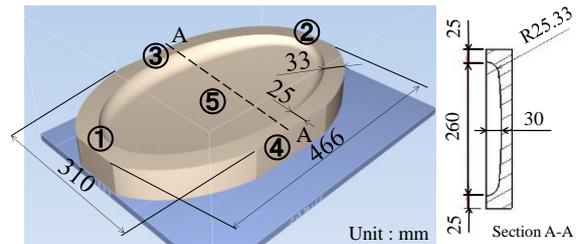


Fig.4 Dimensions of mold.

Table 1 Fabrication conditions.

	①	②	③	④	⑤
I	Injection	Vent	-	-	-
II	-	-	Injection	Vent	-
III	Vent	Vent	-	-	Injection
IV	-	-	Vent	Vent	Injection
V	Injection	Injection	-	-	Vent
VI	-	-	Injection	Injection	Vent
VII	Injection	Injection	Vent	Vent	-
VIII	Vent	Vent	Injection	Injection	-

Table 2 Comparison of flow time between analysis and experimental results.

	Analysis (s)	Experiment (s)
I	25	27
II	23	-
III	6	-
IV	7	7
V	8	9
VI	8	-
VII	10	-
VIII	9	-