

3D プリントを用いた CFRP 内圧成形技術の開発

1. 目的

CFRP 部品の製造はオートクレーブやホットプレスなど高価な成形設備を必要とする場合が多く、成形設備以外にも成形に必要な金型製作にノウハウを有するなど新規参入する企業が少ない。また、これら成形設備を用いた場合でも複雑形状を有するパイプなどの成形は極めて困難である。本研究では、金型製作の簡略化と CFRP の 3 次元パイプ部品の試作を行うことを目的として、FDM 方式の 3D プリントを用いた成形型の試作と本成形型を用いた CFRP の内圧成形技術の開発について取り組む。

2. 方法および結果

2-1. 3D プリント成形型の温度依存性評価

熱硬化性エポキシ樹脂が含浸された CFRP プリプレグの成形温度は樹脂の硬化温度である約 130°C であるため、成形型にはエポキシ樹脂の硬化温度以上の耐熱性が必要である。そこで、成形型の樹脂には耐熱温度 170°C のポリエーテルイミドを用いた。ここで、用いる樹脂の温度依存性を把握するため、各温度条件下での引張強さを評価した。図 1 に積層方向を変化させた引張試験片を 3D プリントにより作成し、23°C、60°C、95°C および 130°C に保持された恒温環境下での引張強さを示した。引張方向と樹脂の積層方向が 90 度となる試験片①に対して積層方向が平行である試験片②が 2 倍程度高い値を示した。また、いずれの試験片も試験温度の上昇と共に引張強さが低下し、CFRP の成形温度である 130°C の場合では 23°C の半分程度まで低下することが確認できた。

2-2. CFRP 曲がりパイプの成形

得られた材料特性を基に図 2 に示した CFRP 内圧成形型を試作した。成形型は合わせ型とし、外直径 30mm の CFRP パイプを成形するために、型中央部に直径 30mm の半円筒溝を形成した。また、成形型には直線部と曲率半径 60mm の湾曲部を設けており、それぞれをフランジ部で締結することで自由曲面を有する複雑形状の CFRP パイプが成形できる。

また、CFRP パイプの成形は、CFRP プリプレグを弾性特性を有するシリコンゴムチューブに巻付け、成形型に投入した状態で内側から 0.4MPa の内圧をかけシリコンゴムチューブを張出す。この状態のまま成形型を電気炉に設置し、130°C で 1 時間加熱することで図 3 に示した CFRP パイプを成形した。

CFRP パイプの外観を評価したところ、直線部ではしわや割れ等の不良は見られなかったが、湾曲部、特に内側部ではしわや屈服等の不良現象が生じた。

3. まとめ

3D プリントによる CFRP 成形型の試作のため、成形型の用いる樹脂の材料特性を評価した。FDM 方式の 3D プリントでは積層方向により引張強さが異なり、さらに試験温度により材料特性が変化することが確認できた。また、得られた材料特性を基に成形型を試作し CFRP 曲がりパイプを成形した結果、湾曲部、特に内側部において成形不良が見られた。

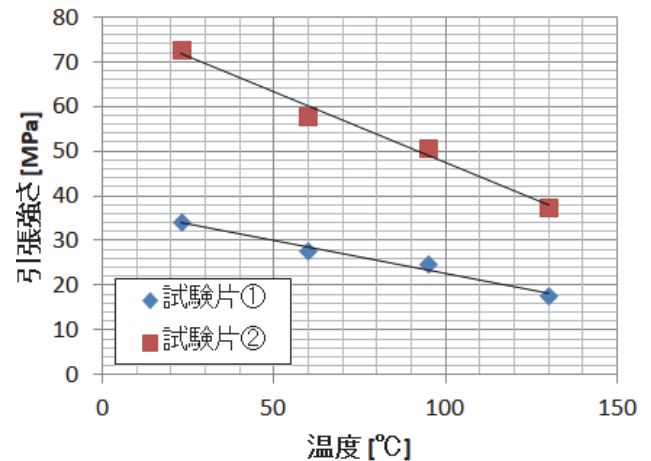


図 1. 3D プリント成形型の温度依存性



図 2. 3D プリントにより試作した成形型

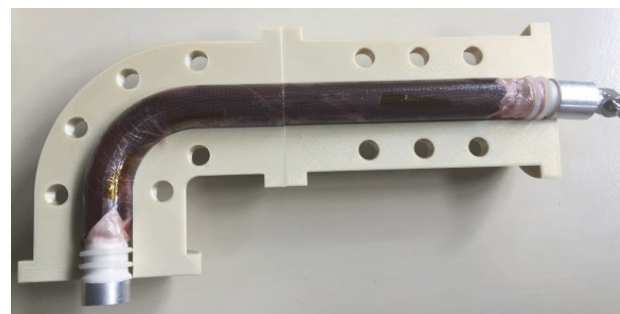


図 3. 試作した CFRP 曲がりパイプ