

1. 緒言

近年、FRP が普及し大型の部品が多く作られている。複合材料成形品を型からはずすと反りが起き寸法にずれが生じるという事が起きる。反りに最も影響を与えるのは、加熱成形後の冷却過程において生じる熱ひずみであると考えられるが、硬化過程におけるひずみを与える影響は十分に分かっていない。そのため本研究では大きな反りが生じる非対称積層板を対象として、成形中のひずみが残留変形におよぼす影響を調べることを目的として成形ひずみの測定を行った。また、成形条件が残留変形に与える影響を調べた。

2. 実験装置および方法

2.1 成形ひずみ測定

幅 100mm 縦 100mm の GFRP 積層板積層構成は $[0_8/90_8]$ に光ファイバセンサを上・下から一層目に、強化繊維に沿って埋め込んだ。ひずみ測定には、レイリー散乱分布型光ファイバセンサシステム (ODiSI A-50) を用いた。実験ではひずみ測定の局所ゲージ長を 3mm とした。用いた材料は厚さ $120 \mu\text{m}$ の GFRP プリプレグ (三菱レイヨン GE352G135SB) であり、成形条件は 60 分で 25°C から 140°C まで昇温、その後 3 時間温度をキープして、冷却した。また、圧力 0.5MPa で加圧し、真空を引きながらホットプレス成型機で成形した。ひずみ測定は 5 分ごとに行った。

2.2 残留変形測定

成形条件 (熱ひずみ, 時間, 温度) の反りに対する影響をみるため、材料の大きさを幅 30mm, 縦 180mm にして実験した。積層構成は $[0_6/90_6]$ とし、温度パターンは 3 種類 (T110, T120, T140) を用意した。T140 では室温から $2^\circ\text{C}/\text{分}$ で 140°C まで温度を上げ、 140°C を 3 時間保持した。T110 および T120 では、室温から $2^\circ\text{C}/\text{分}$ で 110°C または 120°C まで加熱後、1 時間温度を保持し、その後再び 140°C まで過熱した。

3. 実験結果および考察

3.1 成形ひずみ

図 1 に A-B 区間 (センサ位置 A: 0.563mm ~ B: 0.663mm) における 4 つの位置のひずみ履歴を示す。グラフより、成形開始から 10~20 分においてひずみがいったん減少することが分かる。これは樹脂の軟化によるひずみ緩和を示していると思われるが、完全には緩和されない。本実験で用いた材料は 45 分でゲル化し、その後すぐに硬化反応が始まり、急速に進む。45 分からひずみ曲線が変化している理由は、硬化による樹脂粘性の急激な上昇によって、FRP とセンサ間のひずみ伝達特性が大きく向上したためであると思われる。

図 2 に、冷却前と冷却後のひずみ分布の比較を示す。図より、エッジ付近を除くと冷却によって生じる熱ひずみの分布はほぼ同様であることが分かる。以上より、非対称積層板の成形においては、冷却による熱ひずみだけでなく、成形過程においては大きなひずみ分布生じることが分かった。つまり、成形後の残留変形に成形ひずみを与える影響は大きいと思われる。

3.2 残留変形

図 3 に 3 つの温度パターンで成形した試験片の形状を示す。成形後は下面である 90° 度層の圧縮が大きいいため、上面が凸となる反りが生じた。図より、 140°C と 110°C の温度パターンで作成した試験片の形状には大きな違いはみられなかったが、T120 のパターンで成形した試験片には、より大きな反りが生じていることが分かる。T110 の温度パターンの結果に関しては、 110°C 一定では硬化がほとんど進まないため T140 の温度パターンと同じ結果になったと思われる。T120 の温度パターンでは、温度を上げずに硬化させたため繊維の直交方向に大きな硬化収縮が生じたと思われる。そして、熱ひずみに硬化収縮が上乗せされることで、T140 の温度パターンよりも大きな残留変形が生じたと考えられる。

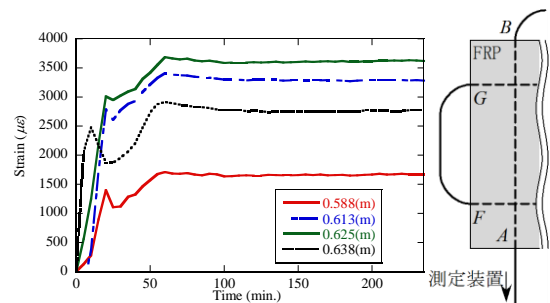


図.1 非対称 GFRP 積層板の A-B 区間における 4 つの位置の成形ひずみ。

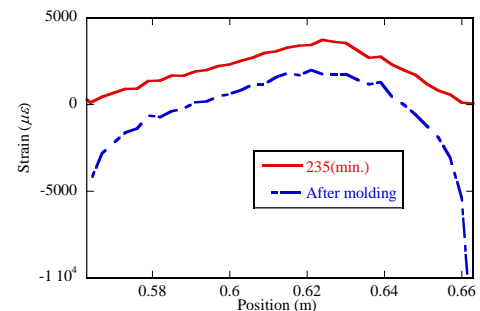


図.2 非対称 GFRP 積層板の A-B 区間における冷却前と冷却後のひずみ分布の比較。

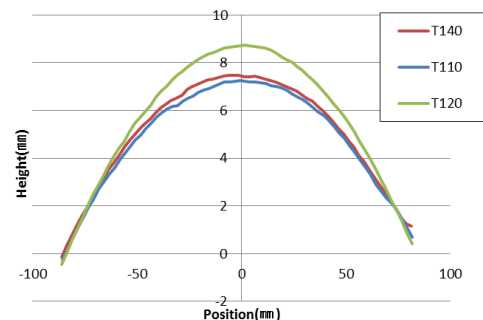


図.3 非対称 GFRP 積層板の成形残留変形。