

光ファイバ屈折率センサを用いた FRP 積層板の成形モニタリング

知能材料学研究室 松本明大

1. 緒言

複合材料構造物の大型化・複雑形状化に伴い、近年では成形技術の向上が不可欠となっている。光ファイバセンサは、FRP との複合性に優れており、成形モニタリングの有力な手法として期待されている。しかし、複合材料成形の場合は成形圧力の負荷を伴うため、屈折率測定法が影響を受けることが考えられる。そこで、本研究では光ファイバ屈折率測定法を FRP 積層板のホットプレス成形に適用し、成形圧力が光出力に与える影響を観測するための試験を行った。

2. 材料および実験方法

光ファイバ端部と樹脂の屈折率の違いによってフレネル反射が生じる。温度と硬化によって屈折率が変化するので、反射光強度を測定することで、屈折率、そして硬化度を求めることが出来る。

厚さ $120\mu\text{m}$ の GFRP プリプレグを 12 枚一方向に積層し、図.1 のように光ファイバを繊維方向に一本埋め込み、もう一本を加圧によって流動する樹脂のみの屈折率測定を行うためにプリプレグの無い空間に配置した。ボイドの生成を防ぐために積層したプリプレグを真空バッグで包み真空吸引を行った。また、温度測定のために熱電対を埋め込んだ。成形では室温から 70 分で 140°C まで加熱し、その後 3 時間温度を保持して硬化させた。また、 60°C に達した時に 0.5MPa に圧力を加えて、成形終了まで保持した。

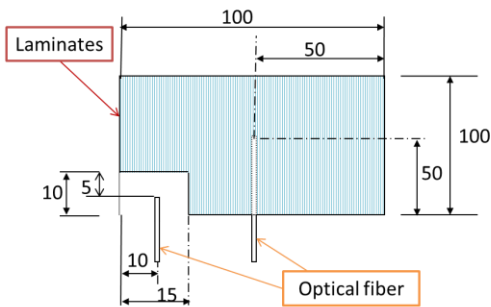


図.1 試験片の寸法および光ファイバの位置

3. 実験結果および考察

図.2 に成形中に得られた温度と光出力を示す。成形開始から 1174 秒で加圧を開始したが、この時点ではセンサからの反射光量に変化は見られなかった。しかし、FRP に埋めたセンサ 1 には 1800 秒で反射光量がやや上昇する応答が見られた。これは徐々に大きくなり、1918 秒において最大値を示した後急激に小さくなった。この急減少の理由は光ファイバの先端がゲル化した樹脂に接触したためである。その直前の光量の増加は、ファイバ先端に近づく樹脂と空気界面からの反射光がファイバに入射したものである。セン

サ 2 はセンサ 1 から遅れて 2696 秒で反射光量が急減少した。センサ 1 より減少の応答が遅れるのは、初期状態では樹脂がセンサの近くに無いためである。

図.3 に光量が急激に減少してからの屈折率変化 Δn の様子を示す。センサ 1 は最初には大きなノイズが見られる。これは、ボイドからの散乱光の影響であると思われる。どちらのセンサも 2700 秒後に Δn は増加しているが、これ以降はノイズが非常に小さくなり、ボイドの無い成形が行えたことが分かる。本手法によって硬化度の変化を定量的に観測するが可能であることが示された。

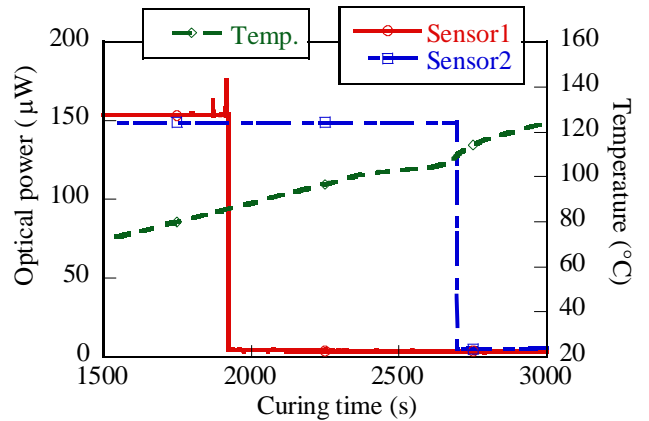


図.2 光出力と温度の関係

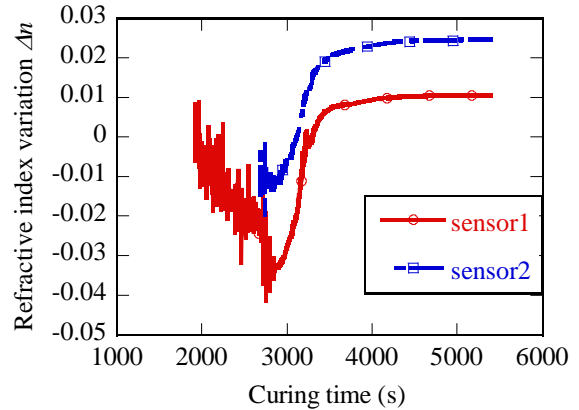


図.3 成形中の屈折率変化 Δn

4. 結言

光ファイバ屈折率測定法を GFRP 積層板のホットプレス成形に適用し、センサ出力の挙動に成形圧が与える影響について検討した。その結果、成形圧による光量の減衰は見られないことが分かった。さらにコア全面が樹脂に覆われた後は積層板の硬化進展を定量的にモニタリングできることが示された。