

FRP 積層板成形における厚さ方向の硬化度分布測定

知能材料学研究室

西森 弘毅

1. 緒言

近年、人工衛星や航空機といった様々な分野において、FRPの活用の幅が広がっている。それに伴い、FRPの大型化や複雑化が進んでおり、FRP積層板成形の研究が盛んに行われている。複雑で厚みに違いのあるFRP積層板は成形時、温度差が生じ硬化不良が起きてしまうことがある。現状ではこの温度差を無視して長時間高温で成形している。もし、硬化度の分布が測定できる手法を確立すれば、効率の良いFRP積層板成形につながる事が期待できる。そこで、本研究では光ファイバセンサを用いた光ファイバ屈折率測定法による硬化度の分布を測定する装置を構築し、FRP積層板の成形のモニタリングを行った。

2. 実験装置および方法

光ファイバ屈折率測定法は、光ファイバの断面とメディアの屈折率の違いによって生じるフレネル反射を利用したものである。

本実験では、厚さ $120\mu\text{m}$ の GFRP プリプレグ 20 枚 ($10\text{cm} \times 10\text{cm}$) を用いた。繊維の向き一方向に積層し、真空状態にしたのち、ホットプレス装置により温度と圧力を加えながら成形した。その際、上面から 1 枚目と 2 枚目の間、10 枚目と 11 枚目の間、19 枚目と 20 枚目の間に光ファイバを 1 本ずつ繊維方向に埋め込む。図 1 に光ファイバの埋め込み位置を示す。また、熱電対も光ファイバを埋め込んだ場所の近くにそれぞれ 1 本ずつ繊維方向に埋め込む。ホットプレス装置の昇温速度のパターンは、室温から上面は 70 分で 140°C まで達するように加熱し、その後、 140°C を 180 分保持した。下面は、140 分で 140°C まで達するように加熱し、その後、 140°C を 110 分保持して硬化させた。また、熱電対により下面のプリプレグが 60°C に達した時に 0.2MPa の成形圧力を加えて、成形終了まで保持した。

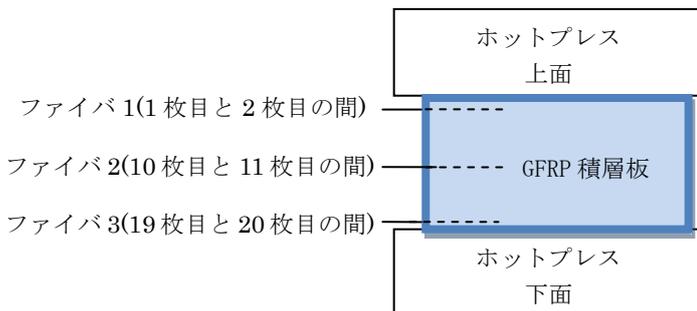


図 1 光ファイバの埋め込み位置

3. 実験結果および考察

実験で得られた光強度を屈折率変化 Δn に変換したグラフを図 2 に示す。屈折率は温度に依存するため、温度の上昇につれ、屈折率は減少する。その後、屈折率が上昇に転じている。これは、樹脂の硬化が進むにつれ、屈折率が上昇し、温度の依存による屈折率の低下を上回ったためである。ファイバ 1, 2, 3 の屈折率は、それぞれおよそ 112°C 、 110°C 、 106°C になるまで減少し続け、その後、上昇に転じている。つまり、

樹脂の硬化の進展具合は、光ファイバを埋め込んだ位置によって硬化開始温度に差が生じていることが分かる。その後、温度が 140°C に達した時、全てのファイバの屈折率が安定した。屈折率が変化しないことは、これ以上樹脂の硬化が進まないことを示している。

しかし、硬化開始が最も早いファイバ 1 の挙動の終了がファイバ 3 の挙動の終了と同時であるため、正確に硬化が終了した時間といえるかはこのグラフからは判断することが難しい。そこで、屈折率変化を用いて硬化度 α を求めた。

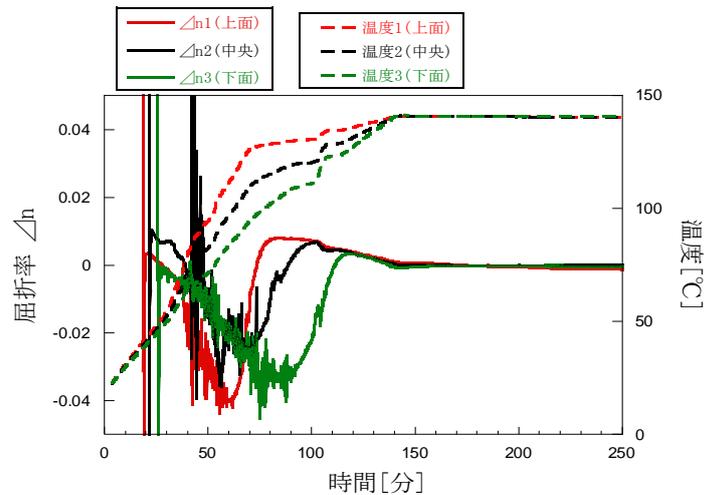


図 2 温度と屈折率の時間変化

成形中の硬化度と時間の変化を図 3 に示す。硬化度 α は、値が 1 に達すると完全に硬化したといえる。硬化が終了する直前の 0.98 に達した時間は、上面、中央、下面でそれぞれ 75 分、100 分、122 分となっており、硬化の終了時間に差が生じていることを示している。このことから、厚さ 2.4mm の GFRP 積層板は最大 31°C の温度差がある場合でも、硬化進展が厚みの位置により変化したことを明確にとらえることができた。

以上より、本研究では光ファイバ屈折率測定法により、厚さ方向の分布的な硬化度を測定することができたと思われる。

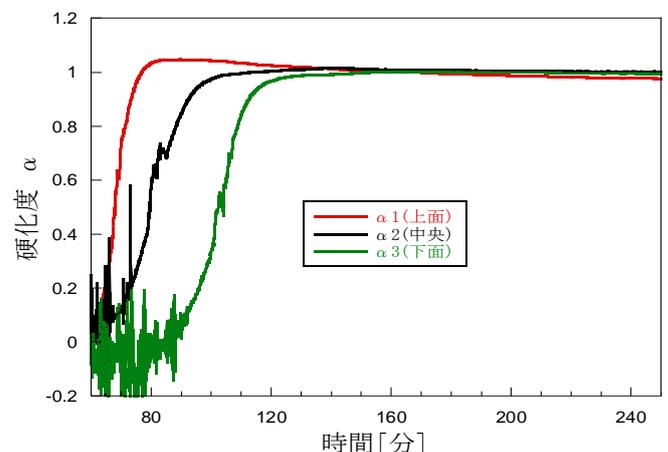


図 3 各位置における硬化度曲線