

自動車用 FRP の VaRTM 成形における成形プロセスの測定

1. 緒言

近年、自動車の燃費向上のために、軽量化が重要視されている。そこで、軽くて、耐久性に優れている FRP (強化繊維プラスチック) が注目されている。自動車用には大がかりな設備が不要な VaRTM (Vacuum assisted Resin Transfer Molding) 成形が適切だと言われているが、大型製品の成形では、成形内部の硬化度分布が不均一になるという問題がある。そこで、より良い成形条件を求めるために、埋め込みセンサを用いたリアルタイム成形プロセスモニタリングに関する研究が行われている。本研究では、ビニルエステル樹脂とエポキシ樹脂の 2 種類の樹脂をそれぞれ用いて、GFRP 織物の VaRTM 成形を行い、光ファイバ屈折率測定法を用いて硬化度のモニタリングを行った。

2. 実験装置および方法

樹脂を型に入れ、表面を大気に触れた状態で成形することをオープン成形と言う。一方、VaRTM 成形のような樹脂を真空パックでバギングして樹脂の表面が大気に触れていない状態で成形することをクローズド成形と言う。

当研究室で開発した光ファイバ屈折率測定法を用いてガラスクロスをプリフォームとする平板 FRP の VaRTM 成形のモニタリングを行った。本手法は、ガラスと樹脂の屈折率の違いにより光ファイバ端部で生じるフレネル反射光の強度を測定し、それにより屈折率、硬化度を求めるものである。

図 1 に実験装置の全体図を示す。離型剤を塗った型に厚さ 0.2mm のガラスクロスに 8 枚一方向に積層し、熱電対、光ファイバを埋め込んだ。樹脂のみの測定をする時はガラス繊維を避けて樹脂が溜る位置に、繊維の影響を測定する時はガラスクロスに 1 層目と 2 層目の間に埋め込んだ。ガラスクロスの上には樹脂拡散用メディアを重ねた。そして、入口側のホースを樹脂に浸し、出口側のホースから真空引きを行って、樹脂を流した。本研究で使用した樹脂は、サンドーマ PC-350-C、パーメック N (ビニルエステル樹脂) と DENATITE XNR6815, DENATITE XNH6815 (エポキシ樹脂) である。本研究では、図 1 で示した VaRTM 成形の硬化モニタリングに加え、注型による樹脂のみのオープン成形の硬化モニタリングも行った。

3. 実験結果および考察

図 2 にビニルエステル樹脂のオープン成形の樹脂のみ、VaRTM 成形の樹脂、FRP の硬化度曲線を示す。図を見ると、オープン成形とクローズド成形はともに測定開始 2 時間後に急激に硬化進展していることが分かる。しかし、オープン成形の樹脂のみでは、硬化度 0.8 に達するのに 3 時間半かかるのに対し、クローズド成形では 5 時間かかっていることが分かる。さらに、オープン成形では、硬化度 1 に達しているが、クローズド成形では、0.95 までしか達していない。また、クローズド成形での樹脂のみ、FRP を比較

すると、あまり差がないことより、ビニルエステル樹脂では樹脂の硬化度は繊維の影響を受けないことが分かった。

エポキシ樹脂のオープン成形の樹脂、VaRTM 成形の樹脂のみ、FRP の硬化度曲線を図 3 に示す。図を見ると、測定開始後すぐにすべての測定で硬化が開始していることが分かる。さらに、同時期に硬化が開始されているのにも関わらず、クローズド成形は硬化度 0.8 に達するのに、オープン成形と比べて 5 時間遅れていることが分かった。また、ビニルエステル樹脂と同様に、エポキシ樹脂でも繊維の影響を受けないという結果を得た。

以上の結果より、ビニルエステル樹脂とエポキシ樹脂ともに、オープン成形よりクローズド成形の方が硬化進展が遅れることが分かった。これは、真空バッグの中に溜ったアウトガスが原因ではないかと考えられる。クローズド成形が遅れる理由が明らかになっていないため、他の手法を用いて実験を行う必要がある。

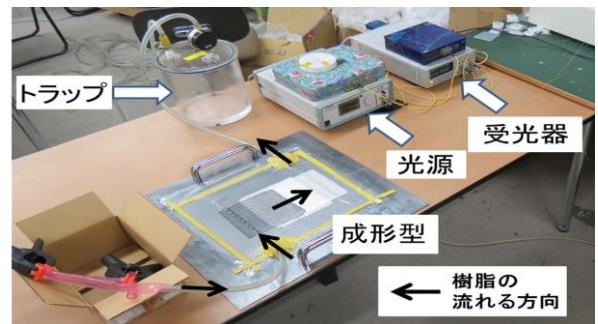


図 1 実験装置

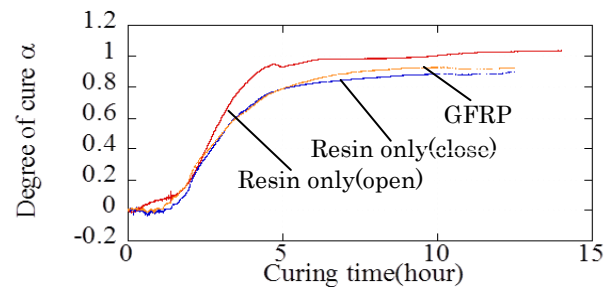


図 2 ビニルエステル樹脂の硬化度曲線 (24°C)

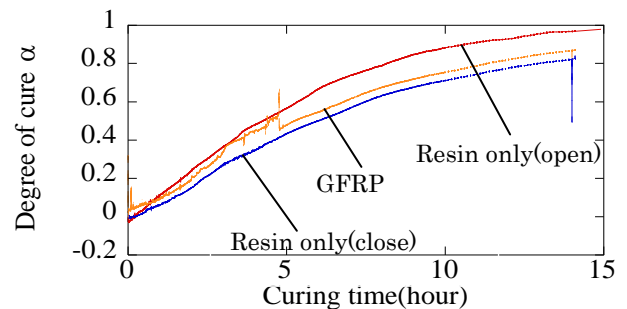


図 3 エポキシ樹脂の硬化度曲線 (20°C)