

# 硬化度測定に与える光ファイバのコア・クラッド径の影響

## 1. 緒言

近年 FRP 構造物の大型化, 複雑化が進んでいる. このような大型製品では材料の品質を上げるために成形中のモニタリングが有効である. そのためのセンサとして光ファイバを用いた硬化度測定が提案されており, その有効性が示されている. しかし, 直径  $125\mu\text{m}$  の光ファイバは小さな曲げ半径に耐えられないので複雑な形状に埋めるのが難しい. 一方で, センサ用途にはコア径の大きなものがよく使われる. これまでは直径  $125\mu\text{m}$ , コア径  $10\mu\text{m}$  の光ファイバを用いていたが, コア径が与える影響は明らかになっていない. そこで本実験ではクラッド径  $40\mu\text{m}$  とコア径  $50\mu\text{m}$  とクラッド径  $125\mu\text{m}$ , コア径  $10\mu\text{m}$  の光ファイバを用いて硬化モニタリングを行い, 結果を比較した.

## 2. 実験装置および方法

本実験装置の概略を図 1 に示す.

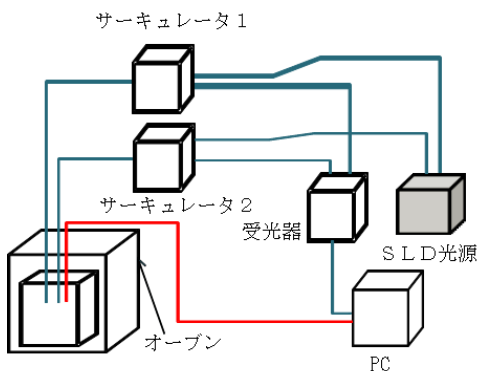


図 1. 実験装置概略

光源には, 波長が  $1550\text{nm}$  の SLD を用い, 光強度の測定に MT9810B 光セットを用いた. 光源からでた光を, 光サーキュレータを通して光ファイバに注入した. 樹脂と光ファイバ界面での反射光は再びサーキュレータを通して受光器へ送られ, 受光器で反射光の光量を測定して, PC で記録した. 屈折率測定用の  $125\mu\text{m}$  の光ファイバは皮膜を剥いで, さらにその端部を専用のカッターで切断して端部の表面を平面状態にした. 光ファイバを樹脂につける前に空気からの反射光量を測定した. エポキシ樹脂を成型型に入れ, 光ファイバと熱電対を配置した. 樹脂に光ファイバを入れ, マルチオープンに設置した. 樹脂を室温から 45 分かけて  $80^\circ\text{C}$  まで加熱し, その後 4 時間温度を保持することによって硬化させた. 加熱を終えた後はマルチオープンのドアを開け, 自然冷却を行った.

## 3. 実験結果および考察

図 2 にクラッド径  $125\mu\text{m}$  と  $40\mu\text{m}$  の屈折率変化と時間の関係を示す. グラフよりいずれの光ファイバも 1857 秒まで屈折率が下がり続けるが, その後急上昇した. 10450 秒まで屈折率の上昇率は徐々に小さくなり, その後 16550 秒まではほぼ一定値となった. 始めに温度が下がるのは, 屈折率が温度に依存しているためであるが, その後上昇に転じるのは硬化進展

によるものである. このような硬化による屈折率の挙動はどちらのセンサもよく似ており,  $40\mu\text{m}$  の光ファイバを用いた硬化度測定が可能であることがわかった.

図 3 にコア径  $10\mu\text{m}$  と  $50\mu\text{m}$  の屈折率変化と温度と時間の関係を示す. この場合, 屈折率変化にズレがあるもののほぼ同じような挙動を示すことがわかった. 図 4 に  $10\mu\text{m}$  と  $50\mu\text{m}$  の硬化度のグラフを示す. 図より, コア径  $50\mu\text{m}$  の光ファイバの硬化度曲線は, コア径  $10\mu\text{m}$  の曲線と一致していることがわかる. 以上より, コア径が異なっても精度よく硬化度を測定することが可能であるということがわかった.

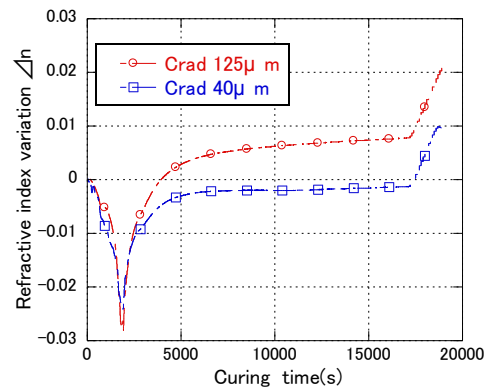


図 2. クラッド径  $125\mu\text{m}$  と  $40\mu\text{m}$  の屈折率変化と時間

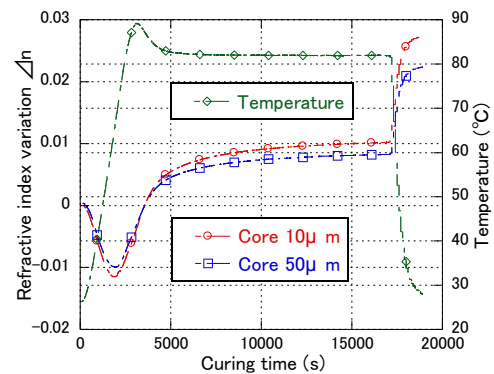


図 3. コア径  $10\mu\text{m}$  と  $50\mu\text{m}$  の屈折率変化と温度と時間

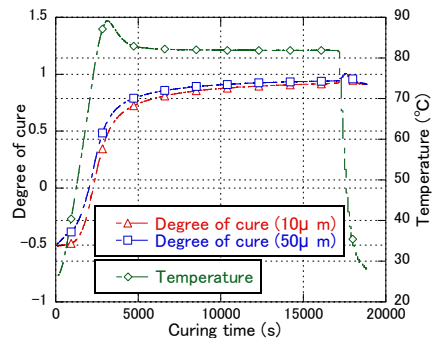


図 4. 樹脂の硬化度曲線と温度