

GFRP 内部における

非破壊マイクロひずみ解析

片倉 由美子 (かたくら ゆみこ)



所属：工学研究科 機械物理系専攻

専門分野：複合材料工学

趣味：打楽器、吹奏楽、木工

繊維強化プラスチック (Fiber Reinforced Plastic; FRP) は炭素繊維やガラス繊維などに樹脂を含浸させた複合材料である。FRP は金属材料に比べて軽量かつ高強度であることから、スポーツ用品、航空機、エネルギープラントなど広い分野での利用が進んでいる。FRP は一様材料ではないため内部における亀裂発生のメカニズム、ひずみ分布などについて不明な点が多く、研究・開発のため内部のマイクロスケールでの力学挙動を解析する手法が求められている。

私達の研究グループでは OCT 断層画像にデジタル相互相関法などを用いてひずみ分布を算出する OCSA (Optical Coherence Strainography) を開発してきた。OCT は低コヒーレンス光である近赤外広帯域光を利用して計測対象の深さ方向の屈折率の変化を後方散乱強度分布として可視化するシステムである。OCT は $5\mu\text{m}$ 程度の高空間分解能を有し、対象の断層画像をビデオレートで取得できることから、FRP の荷重応答を断層可視化することが可能である。OCSA は変形前後の 2 枚の OCT 連続画像にデジタル相互相関法などを適用することで、マイクロスケールにて計測対象内部の変形ベクトル及びひずみの断層分布を算出する。現在、本研究ではガラス繊維強化プラスチック (Glass Fiber Reinforced Plastic; GFRP) の三点曲げ試験時の断層画像を OCT で取得し OCSA でひずみ分布を算出することを目標としており、そのために工作技術センターで三点曲げの治具を作製した。

治具を試験機に取り付けた様子を図 1 に示す。作製した治具は支点間距離を 50~140mm の範囲で調節することができ、支点径は下の二点が R2, 上の一点が R5 である。治具の作製にあたっては、JIS 規格を参考に支点の幅の可動域および支点の径を決定した。支点の R 加工は困難なので丸棒を用いた。材質は支点のみ酸化による表面粗さの変化を防ぐためステンレスを用い、その他の部品は加工性を重視して鉄で作製した。

OCT で取得した GFRP 断層画像を図 2 に示す。画像は縦×横が $2.0\text{mm} \times 2.6\text{mm}$ である。画像下から $1/6$ 附近の高輝度線が GFRP 表面, その下にある上に凸の曲線が圧子を示している。

GFRP には平織のガラス繊維を用いており、面内方向と面外方向に繊維が走っていることが確認できる。画像は圧子とは GFRP を挟んで反対側からビームを入射して撮影しているため、撮影範囲に到達するまでにビーム強度が落ち、全体的にぼやけた画像になっている。今後繊維のプライ数を減らすなどして鮮明な画像を取れるよう工夫する必要がある。また樹脂部分は屈折率が変化しないため後方散乱光強度が弱く、OCSA を用いても正しいひずみを算出することはできなかった。そのため現在マーカーとして樹脂にフィラーを混ぜることを検討している。

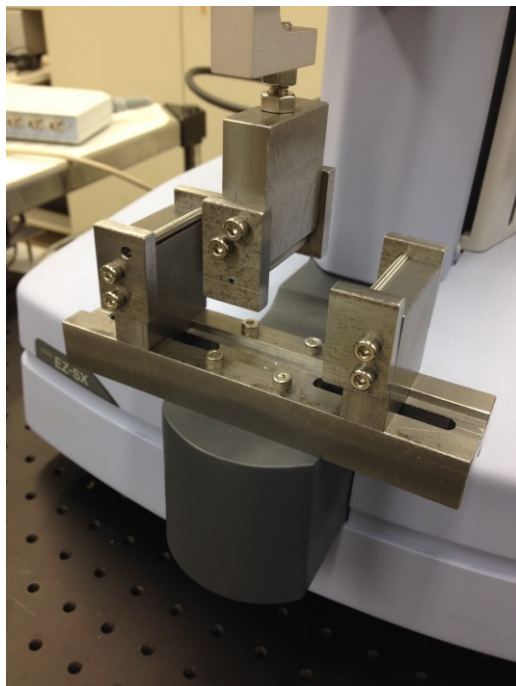


図 1. 三点曲げ治具を試験機に取り付けた様子

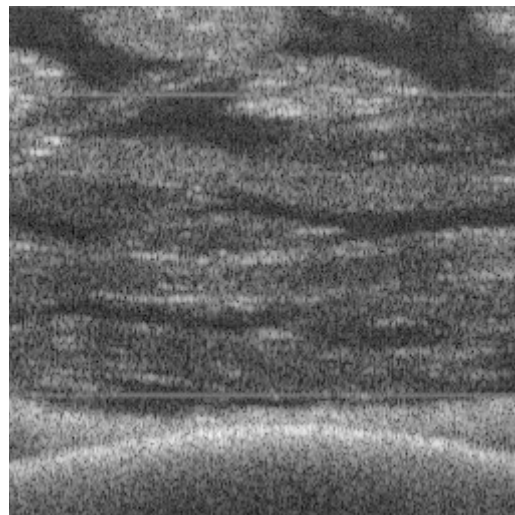


図 2. GFRP の OCT 画像