

1 緒言

構造物等の中にセンサを埋め込み状態をリアルタイムで監視する構造ヘルスマニタリングという技術の研究が盛んに行われている。近年、高強度 FRP の織物基材として注目されている NCF (Non-Crimp Fabric) にはセンサを製造工程で織り込むことが可能であり、それを用いた知能化 FRP の応用が期待される。光ファイバセンサを FRP に埋め込んで内部のひずみ分布を測定するとき、強化構造に起因する局所的なひずみ分布の影響を受けることが考えられる。そこで本研究では、分布型光ファイバセンサを NCF (Non-Crimp Fabric) の縦糸に埋め込んだ場合のひずみ測定について検討を行うため、強化構造の異なる FRP の引張負荷下におけるひずみを測定し、得られた結果を解析した。

2 光ファイバセンサおよび実験方法

2.1 分布型光ファイバセンサ

本研究では、レイリー散乱型ひずみ分布測定装置 (FBI-Gauge) を用いて、光ファイバに沿って生じるひずみ分布の測定を行った。本システムでは、レイリー散乱強度の光ファイバに沿った分布を測定し、任意のゲージ区間のデータから空間スペクトルを求める。さらに変形前後のスペクトルの相互相関から、スペクトル形状の周波数シフト量を求めてひずみに変換する。解析に用いるゲージ区間の長さを、ゲージ長と呼ぶ。

2.2 試験片および実験方法

強化材料として、ガラス NCF とガラス平織物を、母材樹脂にはエポキシ樹脂を用いた。図 1 に示すように、ガラス NCF の繊維方向に NCF を埋め込み、NCF のみの直交積層材と NCF/平織の積層材を成形する。樹脂の含浸には VaRTM 法を用い、常温で硬化させた。成形後、光ファイバを中央に配置するように幅 4cm にカットし試験片を作製した。その後、表面にひずみゲージを貼り付け、ひずみゲージと光ファイバセンサによりひずみを測定しながら 10kN まで引張試験を行った。

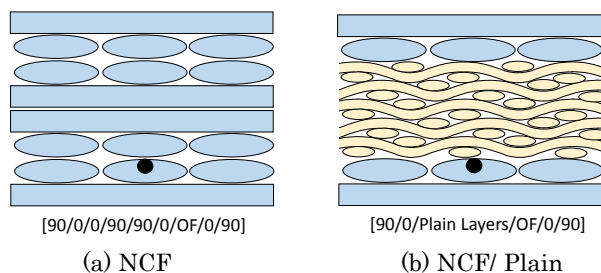


図 1 積層構成

3 実験結果および考察

まず、引張試験で得られたひずみゲージの値と光ファイバセンサによるひずみ測定結果 (ゲージ長 1cm) を比較したところ、どちらも非常に一致が得られた。よって、どちらの強化構造についても、NCF に埋め込んだセンサによって試験片のひずみの正確な測定が可能であることが分かった。

次に、ひずみ分布について考察する。図 2 に、負荷 10kN の時に測定されたひずみ分布を、NCF および NCF/Plain

それぞれの試験片について示す。なお、このひずみ分布の解析には、1mm と 1cm の 2 種類のゲージ長を用いた。図より、どちらの試験片についても、ゲージ長が 1cm の場合の方が 1mm の場合よりも変動の振幅が小さくなることが分かった。すなわち、ゲージ長を適切に設定することで、局所的な変動を無視してひずみ測定を行うことが可能である。

ゲージ長 1mm で見られたひずみの変動が何に起因しているのかを詳しく調べるために、ひずみデータに空間周波数フィルタをかけて、緩やかな変動を除去して高い空間周波数成分を残すことでひずみ変動成分を取り出した。NCF/Plain 試験片のひずみ変動を、負荷 3, 6kN, 7.2kN の場合について図 3 に示す。図より、荷重が大きくなって変動波形に変化がなく、大きさだけが変化していることが分かる。これは、光ファイバが不均一なひずみ場の影響を受けていることを示している。一方で、NCF 試験片についても同様の処理を行ってひずみ分布の変動成分を調べたところ、現れた変動はランダムであることが分かった。すなわち、NCF 試験片で現れた変動はノイズであり、光ファイバは不均一なひずみ場の影響を受けない。

以上より、織り構造が与える影響の試験片による違いは、光ファイバが隣接する層の強化構造の違いに起因するものであると思われる。

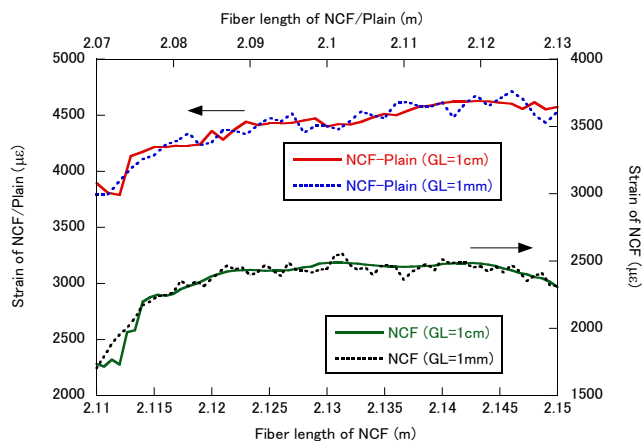


図 2 ひずみ分布 (負荷 10kN)

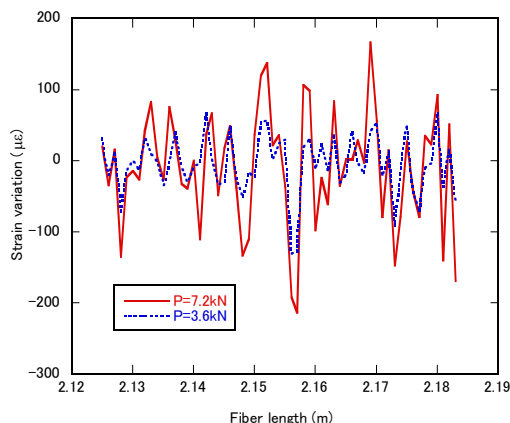


図 3 ひずみ分布の変動成分 (NCF/Plain)