

## 差動検出渦電流探傷プローブを用いた CFRP 板のきず検出に関する研究

日大生産工(院) ○宇野 雄輝 小野寺 大介 今城 拓也 坂本 翔平  
日大生産工 小山 潔

### 1. はじめに

炭素繊維強化プラスチック (Carbon Fiber Reinforced Plastic、以下CFRP)とは、炭素繊維を強化材とした複合材の一種で剛性に優れ、軽量かつ高強度であり、錆びないという特徴を持つ。そのためゴルフクラブのシャフト、釣り竿、航空機、自動車、建築構造物や耐震補強材など幅広い分野に適用されている。しかしながら、CFRPは強い衝撃を受けると、樹脂割れ、層間剥離、繊維破断などによって力学的強度が低下する問題がある。そのため非破壊検査によりきずを検出する品質管理が必要である。

現在CFRPに対して使用されている非破壊検査法は超音波探傷法や放射線透過法などが用いられている。しかし、検査に長時間かかることや大掛かりな装置が必要であり、コストがかかるという問題がある。しかし、渦電流探傷法を適用することにより、高速かつ簡便に検査できるため検査効率の向上が期待できる。

そこで、直交積層CFRPに対して差動検出渦電流探傷プローブを用いたきず検出の検討を行った。きずの深さの異なる4種類の人工きずに対する検出結果とその検討について報告する。

### 2. 構造図及び原理

CFRPは導電性をもつため、電磁誘導現象を利用する渦電流探傷法が適用できる。円形横置き of 励磁コイルと矩形縦置き of 検出コイルから構成される $\Theta$ プローブによれば織物CFRPに対してはSN比が高くきず検出ができることを確認している。しかし、直交積層CFRPに対しては雑音が大きいため、SN比が低い問題がある。そこで直交積層のCFRPに対して、雑音を低下させるため差動検出プローブを提案する。差動検出プローブの構造図をFig.1に示す。このプローブは円形横置き of 励磁コイルと2つの縦置き検出コイルから構成される。この検出コイルは互いに逆巻きにして、差動検出をしている。

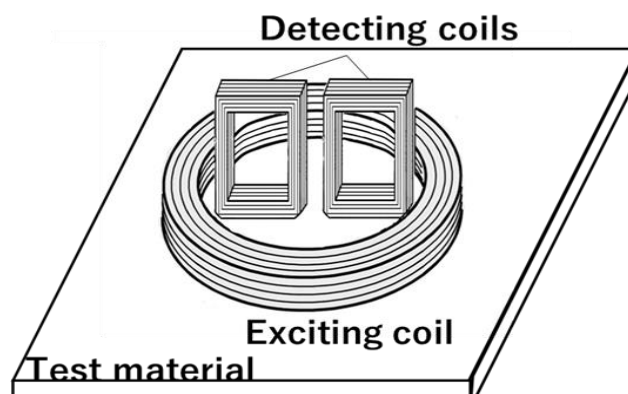
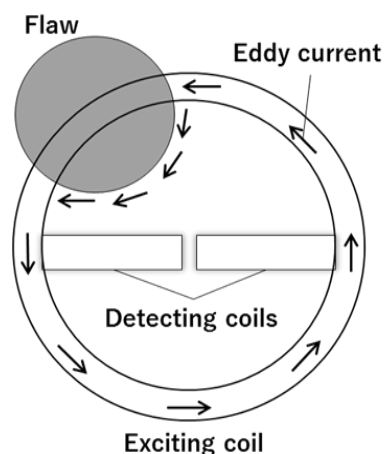
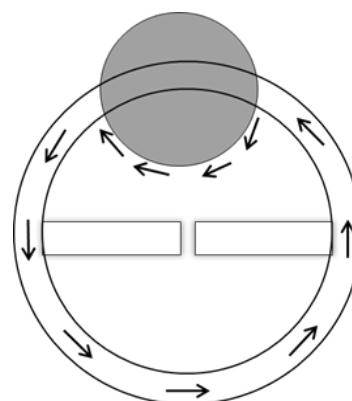


Fig.1 差動検出プローブの構造図



(a)きずが検出コイルの片側に位置する場合



(b)きずが2つの検出コイルの中央に位置する場合

Fig.2 差動検出プローブの探傷原理

Study on flaw detection of CFRP board using differential detection eddy current probe

Yuki Uno, Daisuke ONODERA, Takuya IMAJO, Shohei Sakamoto  
And Kiyoshi KOYAMA

Fig.2に試験体が直交積層の場合における差動検出プローブの探傷原理を示す。直交積層CFRPは一方向の繊維シートが90°ごとに積層されている。励磁コイルは巻線方向に渦電流を誘導し、検出コイルは渦電流によって発生する磁束の変化を信号として検出する。きずがない場合、検出コイルの巻線方向に対し、繊維方向が90°のとき、渦電流は検出コイルに対して垂直方向に流れるため検出コイルに信号は発生しない。検出コイルの巻線方向に対し、繊維方向が0°のとき、渦電流は検出コイルに対して平行に流れるが、検出コイルが差動をとっているため、それぞれ逆の起電力が発生し、打ち消しあう。そのため信号は発生しない。

きずがある場合、Fig.2(a)のきずが検出コイルの片側に位置する場合、渦電流はこれを避けるように誘導され磁束が検出コイルを鎖交し、起電力を誘起し信号を得る。反対側の検出コイルにおいても同様の原理を得る。次にFig.2(b)のきずが2つの検出コイルの中央にある場合、差動をとっているため、逆向きの起電力が発生するため、打ち消し合い、信号は発生しない。よって検出結果としては、きずの四隅で信号が最も大きくなる。

### 3. 実験方法

作製した差動検出プローブの円形横置き励磁コイルの寸法は、内径7mm、外径9mm、高さ1mm、巻数を35とした。2つの矩形縦置き検出コイルの寸法は長さを3.5mm、高さを9mm、巻線断面積を1×1 mm<sup>2</sup>、巻数を50とした。CFRP試験体は、一方向繊維シートを90°ごと交互に積層させた直交積層CFRPを使用した。試験体の寸法は160×160 mm<sup>2</sup>で板厚は3mmである。外径7mmの平底穴できずの深さを100%、75%、50%、25%の4つを人工きずとした。

プローブを試験体の中心からXY軸方向ともに±50mmの範囲を0.5mm間隔で二次元走査させた。

### 4. 実験結果

Fig.3は深さ100%、75%、50%、25%のきず信号振幅をカラー画像表示したものである。深いきずの位置は断定できる信号は得られたが、横方向の繊維雑音が大きくなってしまった。Fig.4は各きずの深さに対して縦軸に虚数電圧、横軸に実数電圧をとった信号パターンである。きずの深さの変化に応じて振幅も変化していることがわかる。しかし25%は特に振幅が小さく、雑音との判別が難しい結果となった。

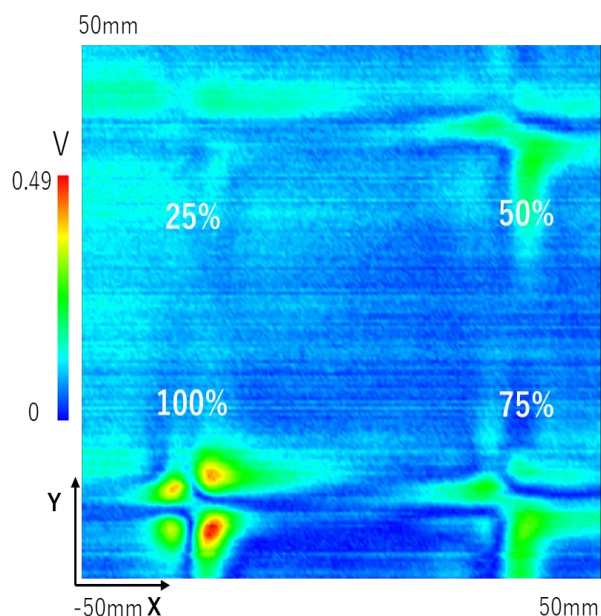


Fig.3 きず信号振幅のカラー画像表示

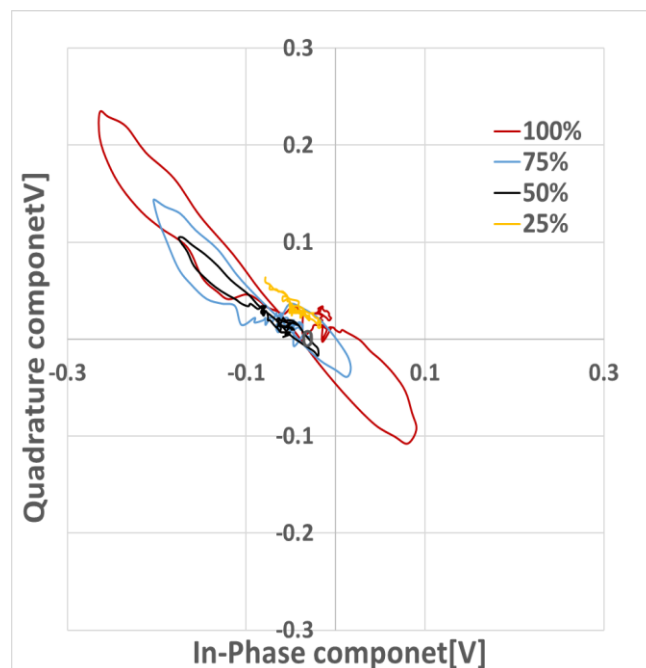


Fig.4 きずの深さが異なる信号パターン

### 5. まとめ

直交積層CFRPに対して差動検出渦電流探傷プローブを用いたきず検出の検討を行った。結果として、差動検出プローブは2つの検出コイルの起電力差により雑音が発生してしまった。また浅いきずを判別することが困難になってしまった。

今後はΘプローブを基盤にニューラルネットワークによる信号処理、励磁コイルの寸法の変更、実損傷における探傷を行っていく。