

CFRP 板に対する渦電流プローブのきず検出の基礎検討

日大生産工(院) ○宇野 雄輝 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。円形横置ききの励磁コイルと矩形縦置ききの検出コイルから構成される Θ 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きの励磁コイルと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。

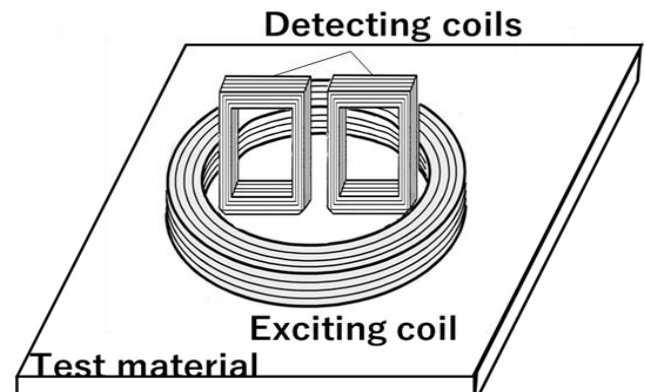
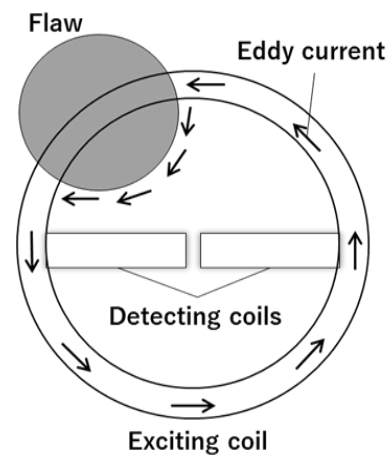
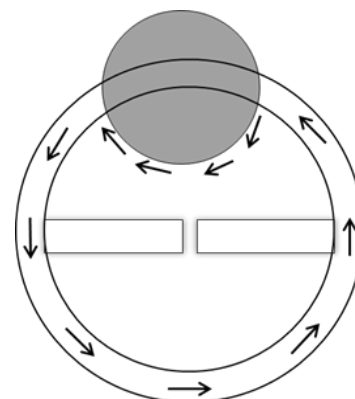


Fig.1 差動検出プローブの構造図



(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

Basic Study of Flaw Detection of Eddy Current Probe for CFRP Board

Yuki Uno, 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 mm²、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 mm²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は得られた信号振幅を縦軸に、きずの深さを横軸にとったものである。信号の大きさ自体はプラスプローブの方が大きくなった。一方Fig.4は縦軸にSN比をとったものである。25%以外プラスプローブのSN比より差動プローブのSN比が高いという結果になった。これは差動プローブが雑音を打ち消すことによってSN比を高く維持することができたと考えられる。

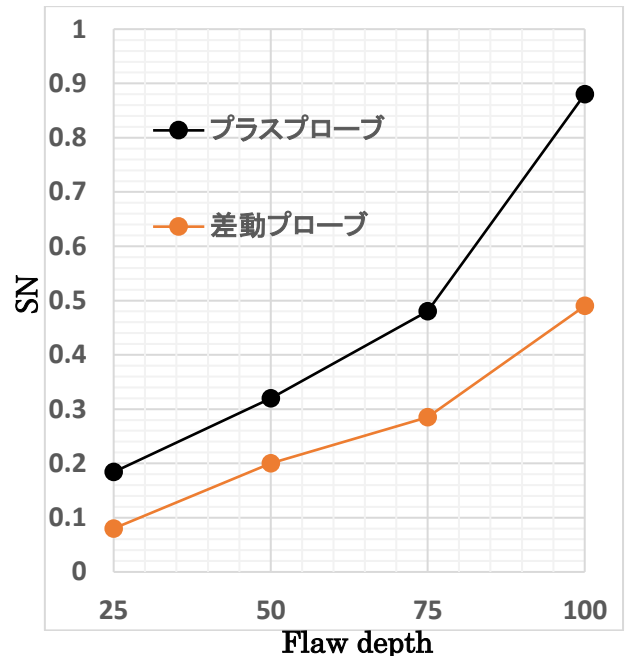


Fig.3 信号振幅の比較

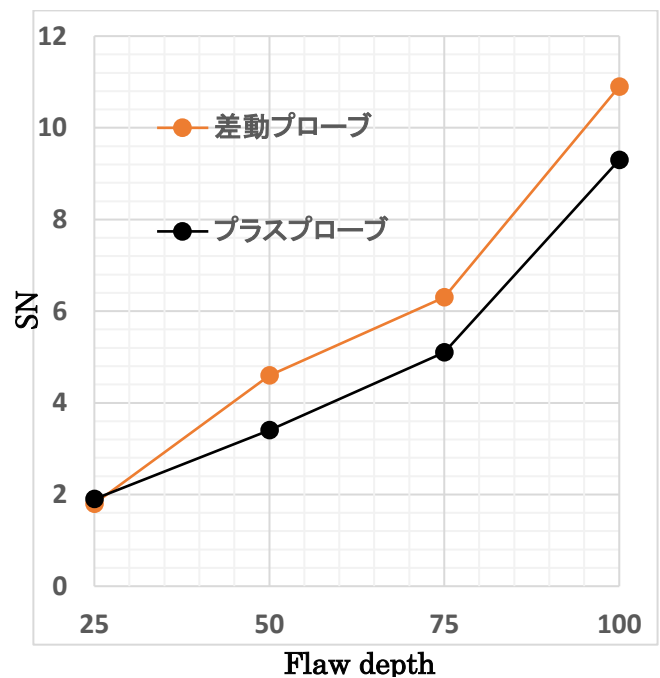


Fig.4 SN比の比較

5. まとめ

直交積層CFRPに対して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、各々のプローブできずを検出することができた。また差動検出プローブはプラスプローブよりSN比の上昇に成功した。

今後は Θ プローブを基盤に寸法の変更、実損傷における探傷を行っていく。またコンデンサーの原理を応用したきず検出も検討する。