

1. はじめに

CFRP などの複合材は航空機などに多用され、その検査法の確立が求められており、多数の研究報告がされている¹⁻³⁾。CFRP に対する非破壊検査法としては超音波探傷やX線透過などが使われている様である。電磁誘導を利用した渦電流探傷法は原理的に非接触で試験を行えるので、CFRP の検査に適用できれば他の試験法にはないメリットを持つと考える。筆者らが知る限りではCFRP に渦電流探傷を適用した報告は知らない。本報告では、前プロジェクトで開発した従来の渦電流探傷プローブよりも SN 比高く検出性能の高いΘプローブを用いたCFRP に対する渦電流探傷試験結果について報告する。

2. Θプローブによる渦電流探傷試験

渦電流探傷Θプローブの構造を図1に示す。Θプローブは、円形の励磁コイルと矩形縦置の検出コイルから構成される。円形の励磁コイルは、導電性の試験体に電磁誘導により渦電流を誘導する。矩形縦置の検出コイルは、欠陥などにより変化した渦電流で作られ検出コイルに差鎖する磁束を検出し、信号を発生する。

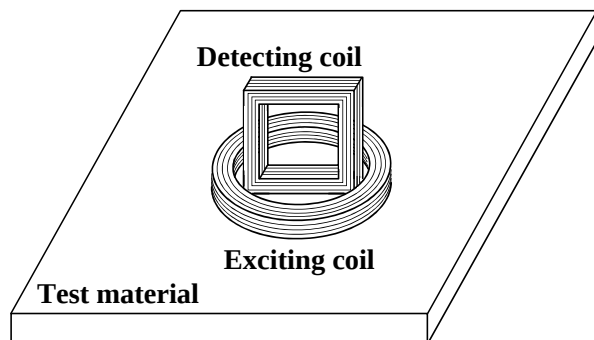


図1 渦電流探傷Θプローブの構造

3. 実験方法

実験に用いたΘプローブの励磁コイルの寸法は外径9mm 巻線断面積 $1 \times 1\text{mm}^2$ であり、検出コイルの寸法は幅7mm 高さ7mm 巻線断面積 $1 \times 1\text{mm}^2$ である。試験体には0.2mm のCF クロスを50枚

積層した厚さ10mm のCFRP 板を用いた。CF クロスの繊維方向は 0° と 90° である。試験体には、図2に示すように1辺20mm、10mm、5mm 角で厚み0.5mm のUD を表面から深さ1mm の位置に挟み模擬はく離欠陥とした。模擬はく離欠陥は層間で電氣的に絶縁されている。CFRP の導電率は、板面方向(x, y 方向)に $7.7 \times 10^3 \text{S/m}$ であり、板厚さ方向(z 方向)に $4.8 \times 10^1 \text{S/m}$ である。電磁誘導で導電性の試験体に誘導される渦電流は、試験体の導電率と試験周波数でその大きさが決まる。CFRP の場合、導電率が小さいので誘導される渦電流を大きくすることを考え、試験周波数を500kHz とした。模擬はく離欠陥を中心としてx, y 方向に $\pm 25\text{mm}$ の範囲を0.5mm 間隔でプローブを走査した。

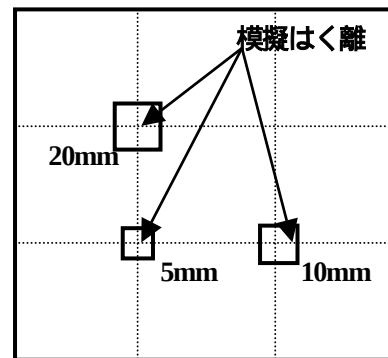
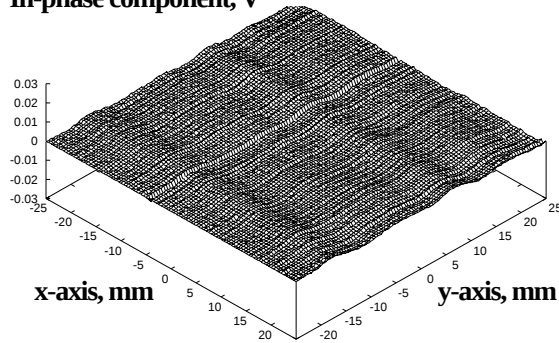


図2 CFRP 積層板と模擬はく離欠陥寸法

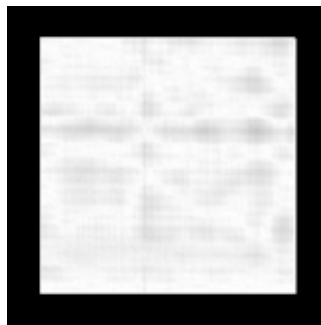
4. 実験結果

図3には、模擬はく離欠陥が無いときの検出信号を示す。図4には20mm 角の模擬はく離欠陥、図5には5mm 角の模擬はく離欠陥の検出信号を示す。各図(a)には励磁電流に同相成分(In-phase component)の信号を、図(b)には検出信号振幅の濃淡画像を示す。模擬はく離欠陥が無い場合には、検出信号は緩やかに波を打つが雑音は小さいことがわかる。一方、模擬はく離欠陥が有る場合には、はく離欠陥部に正負に振れる信号を得られ、はく離欠陥をSN 比高く検出していることがわかる。また、はく離欠陥の大きさに応じて検出信号振幅が変化していることがわかる。

In-phase component, V



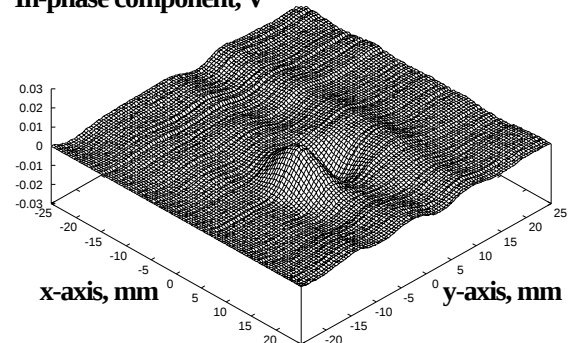
(a) 信号の鳥瞰図



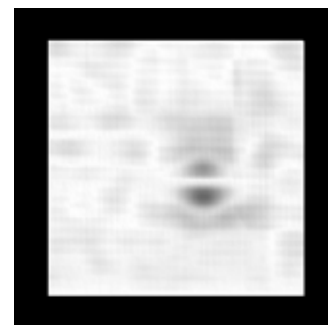
(b) 信号振幅の濃淡画像

図3 模擬はく離欠陥の無い場合の信号

In-phase component, V



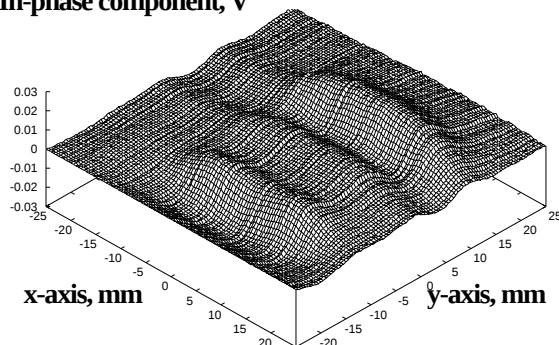
(a) 信号の鳥瞰図



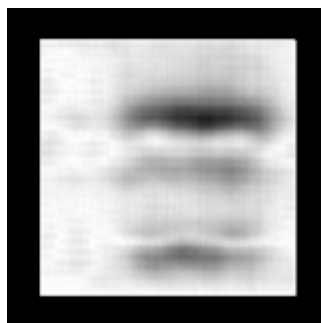
(b) 信号振幅の濃淡画像

図5 5mm角模擬はく離欠陥の検出信号

In-phase component, V



(a) 信号の鳥瞰図



(b) 信号振幅の濃淡画像

図4 20mm角模擬はく離欠陥の検出信号

5. まとめ

渦電流探傷による CFRP に対する模擬はく離欠陥の検出を試みた。実験の結果、今回の繊維方向

0° と 90° の CF クロスを積層した CFRP において、表面から約 1mm にある模擬はく離欠陥を検出できることを確認した。CFRP で問題となる繊維破断のマトリックス割れの検出や表面欠陥の検出、また繊維方向が一方向を積層した CFRP など、今後詳細に研究を進める予定である。

参考文献

- 1) 松嶋正道「CFRP の非破壊検査と評価法」JSNDI 新素材の非破壊評価特別研究委員会資料、No.007-234, pp.1-2 (2005)
- 2) 上田政人、轟章、島村桂延伸、小林英男「電位差法を用いた CFRP 積層板はく離モニタリング」日本複合材料学会誌、Vol.30, No.4, pp149-156 (2004)
- 3) 松崎亮介、轟章「電気抵抗変化法と発信周波数変化を用いた CFRP 積層板の無線はく離検出」日本機械学会論文集(A 編)、Vol.71, No.703, pp.152-159 (2005)
- 4) H.Hoshikawa and K.Koyama, "A New Eddy Current Probe with Minimal Lifting Noise and Phase Information on Discontinuity Depth", Materials Evaluation, Vol.61, No.3, pp.423-427 (2003)