

マルチ化渦電流探傷プローブの検出特性に関する研究

日大生産工(院) ○松本 一輝

日大生産工 小山 潔

1. はじめに

現在、社会インフラの保守検査や製造時の検査に使われている非破壊検査の試験方法のひとつとして渦電流探傷試験がある。渦電流探傷試験は電磁誘導作用を用いる検査方法で金属などの導体の表面や表層部の探傷に使われている。

渦電流探傷試験の探傷原理としては、コイルに交流電流を流して試験体に近づけると電磁誘導作用によって試験体に渦電流が誘導される。試験体表面や表層部に欠陥があると、渦電流の経路が変化して、コイル内の磁界が変化し、コイルの起電力が変化する。コイルの起電力の変化、すなわちコイルのインピーダンスの変化を観測することで試験体表面や表層部の欠陥を検出することができるということである。また渦電流探傷試験において平面状導体に使われる上置プローブは1回の走査に時間がかかるという問題点がある。

そこで今回、上置プローブのマルチ化を目的とした研究を行った。

マルチ化の問題点として、試験コイルと試験体の距離が変化すると発生するリフトオフ雑音によって検出精度が下がってしまうという問題点がある。種々のマルチ化された渦電流探傷プローブは開発されているが、構造が複雑であり、そのためきず信号の評価が難しい。そこで今回、リフトオフ雑音を小さくSN比を高く探傷を行うことができるΘプローブを使い、マルチ化することを考えた。

Θプローブの問題点として、Θプローブの検出コイルの向きをきずに対して、垂直の向きに配置するときず信号がうまく検出できな

いという問題点がある。

そこで今回、Θプローブの検出コイルをきずに対して45度に配置することにした。45度に配置したときのきず検出特性を測定して、45度Θプローブが走査方向に対して平行と垂直のきずに対して、適正なきず信号を検出するかなどの検討を行った。

2. プローブの構造

Θプローブの構造を図1に示す。Θプローブは、円形横向きの励磁コイルと短形縦置ききの検出コイルから形成されている。励磁コイルは試験体に電磁誘導により渦電流を誘導する。検出コイルはきずにより経路が変化した渦電流で発生した磁束を検出して、信号を発生する。

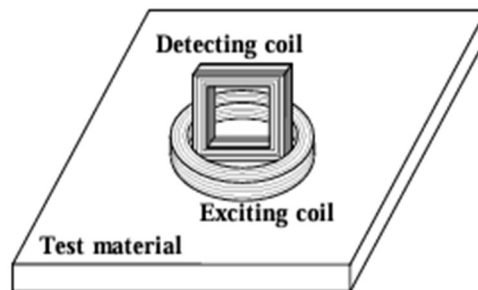


図1 Θプローブの構造図

3. プローブの検出原理

試験体にきずがないときの渦電流の流れを図2に示す。試験体にきずがないときは、渦電流は励磁コイルの円周方向にだけ誘導されて、円周方向に対して交差する渦電流成分はないため検出コイルには渦電流は誘導されず起電力は発生しない。またリフトオフが変化

しても円周方向に交差する渦電流は発生しないため、検出コイルには起電力は発生せずリフトオフ雑音は発生しない。

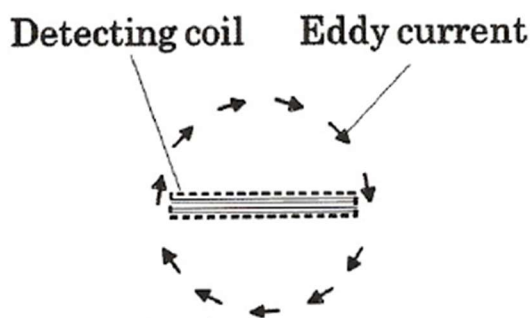


図2 きずがないときの Θ プローブの渦電流

きずに対して平行方向に検出コイルを走査したときの渦電流の流れを図3に示す。図3(a)のときには、渦電流はきずに沿って流れ、起電力が発生する。図3(b)のようにきずが検出コイルとかさなったときは、きずに沿って流れる渦電流の向きはきずの上と下で逆向きの渦電流が流れるため、起電力は相殺して零になる。図3(c)のときには、図3(a)のときとは逆向きの渦電流が流れるため、起電力は図3(a)のときとは正負が逆になる。

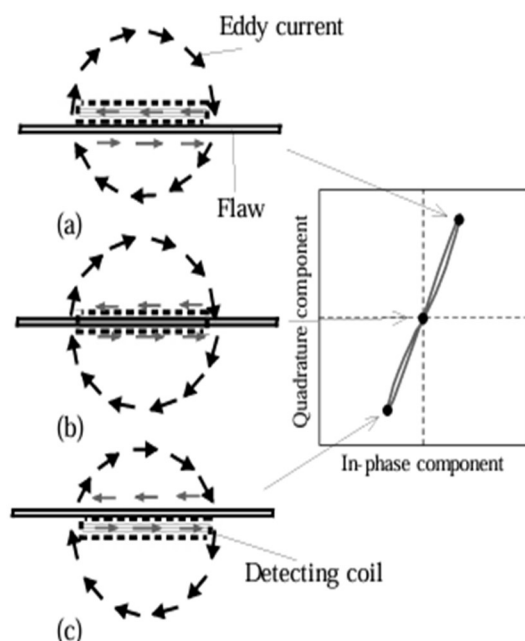


図3 Θ プローブによる渦電流と検出信号

4. Θ プローブの寸法

今回使用した Θ プローブは励磁コイルの寸法は外径9mm、巻線断面積 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ である。検出コイルの寸法は、横7mm、高さ7mm、巻線断面積 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ である。

5. 実験方法

図4にきずと Θ プローブの構成を示す。まず最初に Θ プローブを縦に配置したときと45度に配置したときのきず信号の比較を行った。 Θ プローブをxy方向に $\pm 25 \text{ mm}$ を0.5mm間隔でプローブを走査し実験した。試験体は15mm、80%のきずのある黄銅板で縦きず、横きずでそれぞれ実験を行った。

次に45度に Θ プローブを配置したときのきず信号の振幅と位相についての実験を行った。プローブの走査方法は前述と同じ方法で行った。試験体はきず長さ25mm、15mm、10mm、5mmできず深さは板厚さに対して80%60%40%20%の16枚の黄銅板を用いて、それぞれ縦きず、横きずで計32個のきず信号を測定して、きず信号から振幅と位相を測定した。

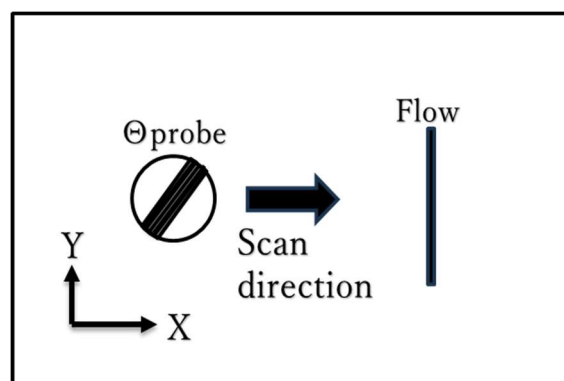


図4 Θ プローブときずの構成図

6. 実験結果

Θ プローブを縦に配置したときの縦きずと横きずのきず信号の2次元データを図5と図6に示す。

縦きず、横きずを比較すると、縦きずはきずの具合がはっきりとわかり、きず信号を適

正に評価することができるが、横きずは、きずの具合が分からず、きず信号を適

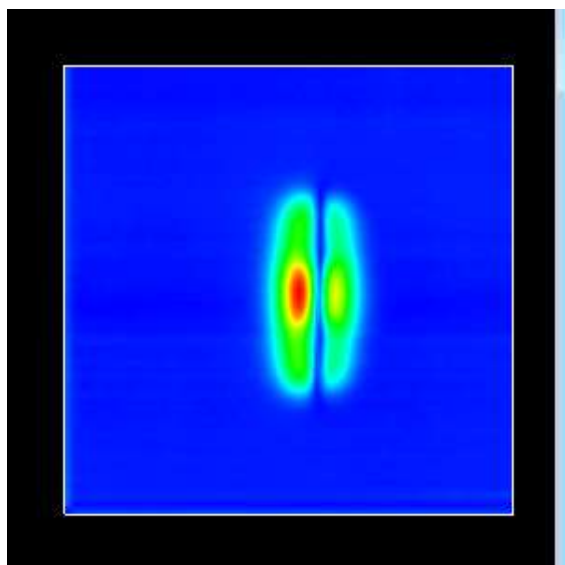


図5 縦きずのきず信号

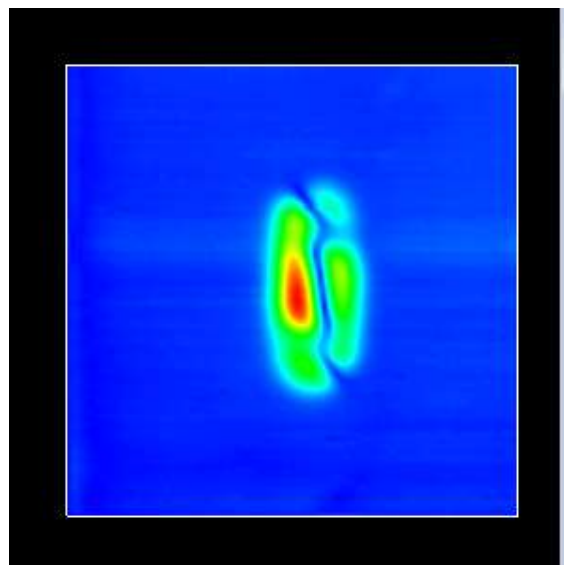


図7 縦きずのきず信号

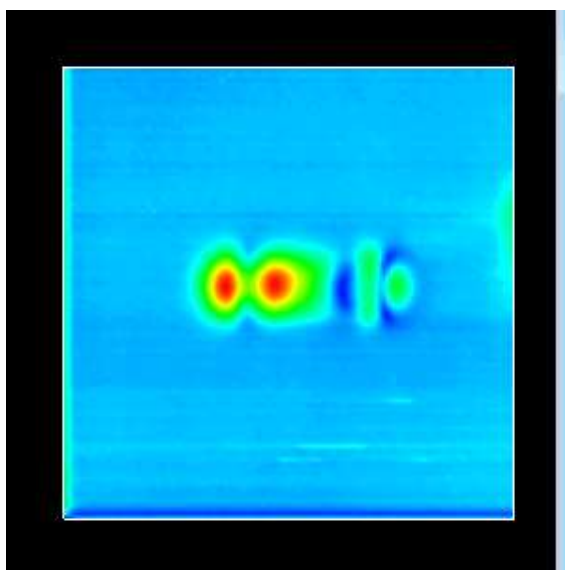


図6 横きずのきず信号

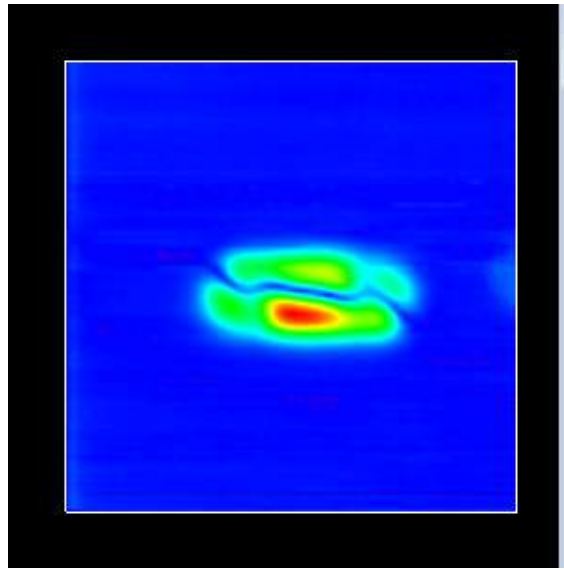


図8 横きずのきず信号

正に評価することができないことがわかる。

次に Θ プローブを 45 度に配置したときのきず信号の 2 次元データを図 7 と図 8 に示す。図から縦きずのきず信号は Θ プローブを縦に配置したときと同じくきずの具合が分かり、きず信号の適正な評価ができることが分かる。また横きずのきず信号は Θ プローブを縦に配置したときと違い、きずの具合がわかり、適正な評価ができることが分かる。

これらのことから Θ プローブを 45 度に配置したとき、縦きず、横きずのどちらのきず信号でも適正に評価することができることが分かる。

次に Θ プローブを 45 度に配置したときの縦きず、横きずのきず深さに対する振幅、きず深さに対する位相を図 9～図 12 に示す。

振幅と位相のどちらも、きず深さに対応して大きくなっているのが分かる。

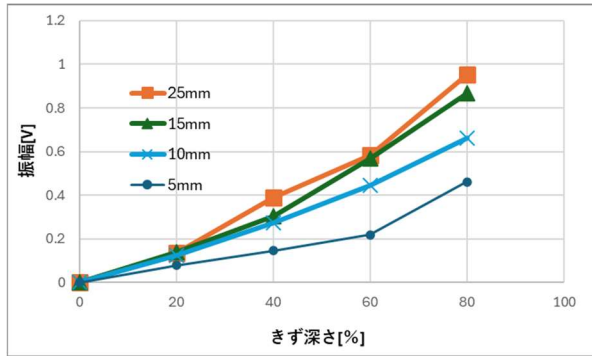


図9 縦きずのきず深さに対する振幅

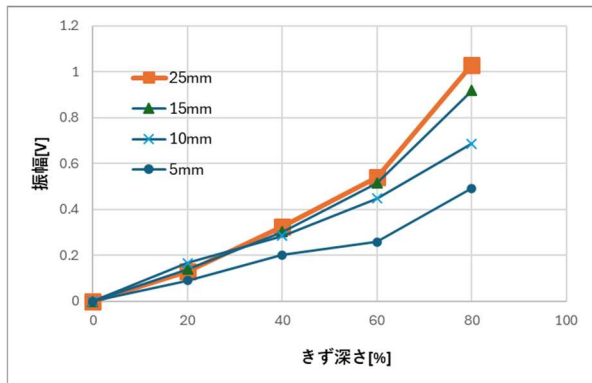


図10 横きずのきず深さに対する振幅

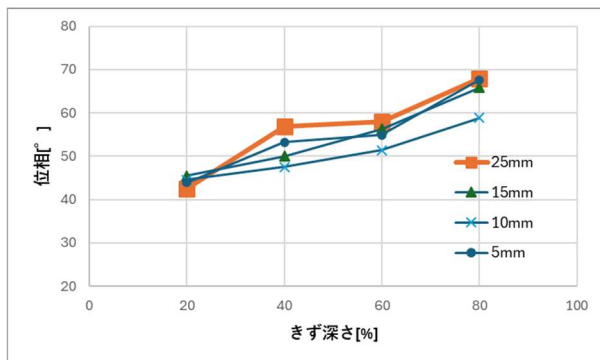


図11 縦きずのきず深さに対する位相

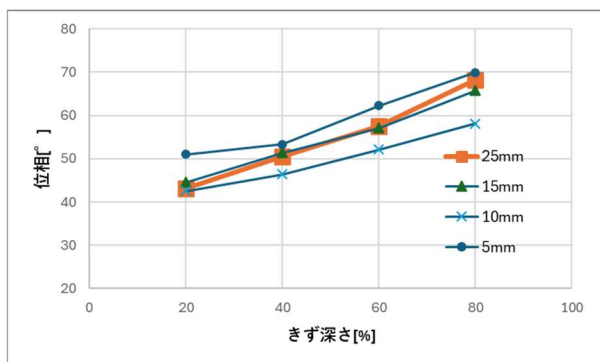


図12 横きずのきず深さに対する位相

7. まとめ

今回の研究は、リフトオフ雑音が発生しない Θ プローブを使い、上置プローブのマルチ化を目的とした研究を行った。また縦きず、横きずのどちらにも対応するため、45 度に Θ プローブを配置して、そのときの振幅特性や位相特性を実験してしらべた。

結果として Θ プローブはきずに対して、平行だと適正なきず信号が得られるが、垂直だと適正なきず信号が得られなかったが、45 度に Θ プローブを配置することで縦きず、横きずのどちらも適正なきず信号が得られることが分かった。またきず深さが大きくなるほど振幅、位相が大きくなることから縦きず、横きずのどちらも 45 度に Θ プローブを配置することで振幅、位相からきず信号の評価の可能性があることが分かった。

今回 45 度に Θ プローブを配置することで縦きず横きずのどちらにも対応することが分かった。今後はきず信号からマルチ化する際の Θ プローブの間隔を検討する必要がある。

8. 参考文献

- 1) 星川洋，小山潔，柄澤英之：リフトオフ雑音が発生しない渦流探傷用新型上置プローブに関する研究，非破壊検査，第 50 巻 11 号 pp.736-742(2001)
- 2) 本宮寛憲，小山潔，星川洋，澤大輔：面状探傷用渦電流上置プローブに関する基礎的検討，非破壊検査，第 66 巻 11 号 pp.518-522(2017)