

# 一様渦電流プローブによる溶接部の渦電流探傷に関する研究

日大生産工(院) ○角谷 康雄  
日大生産工 小山 潔・星川 洋

## 1. はじめに

渦電流探傷試験は金属板や配管の表面検査に用いられている技術であり、電磁気現象を利用するため試験体と非接触で検査を行うことが可能である。また電気信号で処理をするため検査時間が短いという特長を有する。

渦電流探傷試験の技術を溶接部表面の割れの検査に適用させると、表面に施されている防錆の為の塗装を剥がすことなく検査を行うことが可能であり、検査時間の短縮化・低コスト化が期待できる。

従来、渦電流探傷に用いられている上置型のプローブでは、プローブと試験体との相対距離であるリフトオフの変化や、溶接部の形状、母材部と溶接部の電磁気特性の相違等の影響を大きく受けてしまうという問題点がある。

一様渦電流プローブは、原理的にリフトオフ変化による雑音が発生せず、溶接部の形状や母材部との電磁気特性の相違の影響を受けにくい構造となっている<sup>1)</sup>。また、溶接部に沿って走査し探傷を行っていくが、走査方向に対して直交するきず(以下、横きず)は磁束の変化を、走査方向と同方向のきず(以下、縦きず)は渦電流の変化を検出するため、一度の走査探傷で横きずと縦きずを検出することができる<sup>2)</sup>。従来の一様渦電流プローブでは溶接部止端部での渦電流密度が弱く、きず信号が小さくなるという問題点がある。そこで今回は励磁コイルの両端の巻数を増やし、溶接止端部でも十分な強さの渦電流を誘導できる新型の一様渦電流プローブを用いた。

## 2. 原理

一様渦電流プローブの基本的な構造を図1に示す。矩形縦置ききの幅の広い励磁コイルと、プローブの下面中央に置かれた矩形の検出コイルより構成され、励磁コイルの巻線方向と直交方向に走査し探傷を行う。

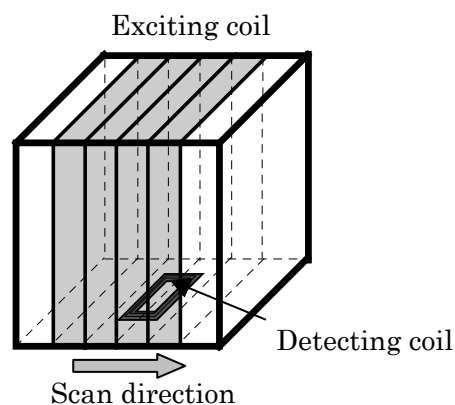


図1 一様渦電流プローブの構造

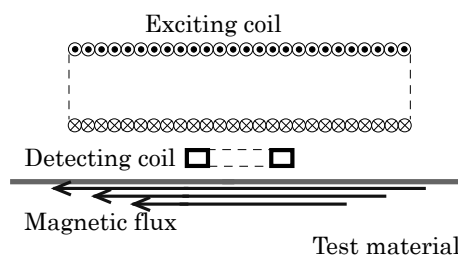


図2 試験体内部の磁束

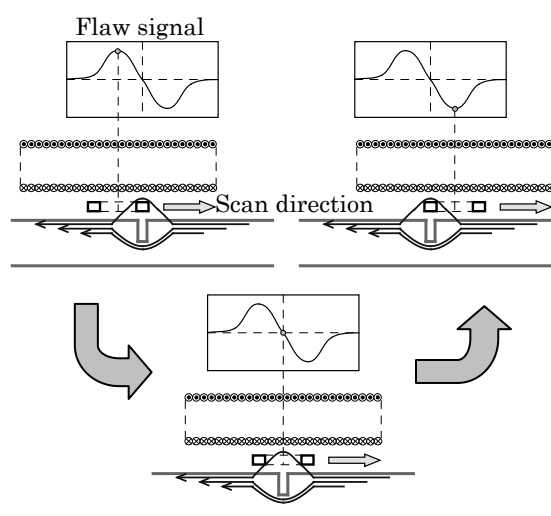


図3 漏洩磁束による探傷原理

励磁コイルに交流電流を流すと、磁性体の試験体表面付近には図2のように励磁コイルの巻線方向と直交方向に磁束が誘導される。きずが無い場合、この磁束は試験体を通過し検出コイルを鎖交しないので、検出コイルに起電力は発生しない。横きずがある場合、誘導された磁束は図3のようにきずを避けるように流れが変化し、一部が空气中へ漏れ出る漏洩磁束が発生する。この漏洩磁束が検出コイルを鎖交すると検出コイルには起電力が発生しきず信号となる。プローブの真下にきずがある場合は、上向きの磁束と下向きの磁束の総和が等しくなり、発生する起電力は零となる。

また、励磁コイルの交流電流は図4のように試験体表面付近に励磁コイルの巻線方向と平行な方向の渦電流を誘導する。きずが無い場合、検出コイルの渦電流と平行な部分には起電力が発生するが、渦電流は左右対称であるので発生する起電力も等しくなり、巻線方向に対して逆向きであるので互いに打ち消しあいきず信号は発生しない。図5のように縦きずがある場合、渦電流はきずを避けるように流れが変化するため、検出コイルに発生する起電力の自己平衡が崩れきず信号となる。溶接の幅よりも長い検出コイルを用いることで、溶接部のどの位置にきずがあっても一度の走査できずを検出することができる。

また、プローブの中央から離れた位置での渦電流密度が強ければ、きずが中央から離れていてもより感度の良いきず検出可能となる。従来の一様渦電流プローブは図6のように励磁コイルが一層巻となっており、プローブの中央から離れた位置にある溶接止端部では渦電流の強さが弱くなってしまい、きずの検出感度が低下してしまう。今回新しく用いる新型一様渦電流プローブは、図7のように励磁コイルの両端を多層としており、プローブの中央から離れた位置でも十分な強さの渦電流を誘導し、きず検出感度を高くすることができる。

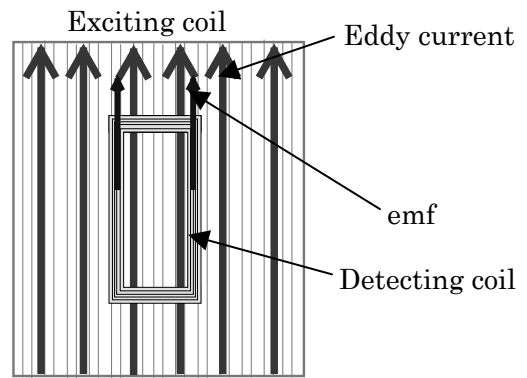


図4 渦電流と検出コイルの起電力

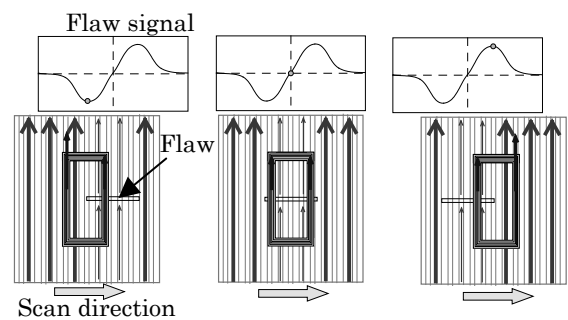


図5 渦電流による探傷原理

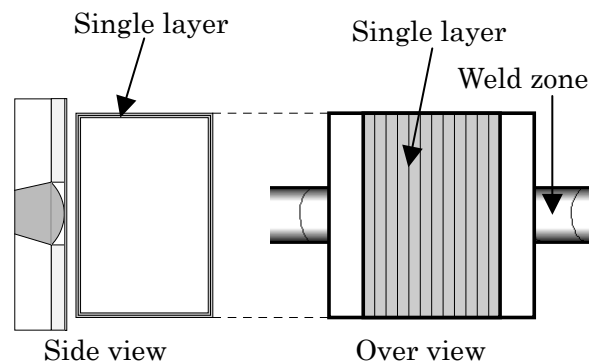


図6 従来の一様渦電流プローブ

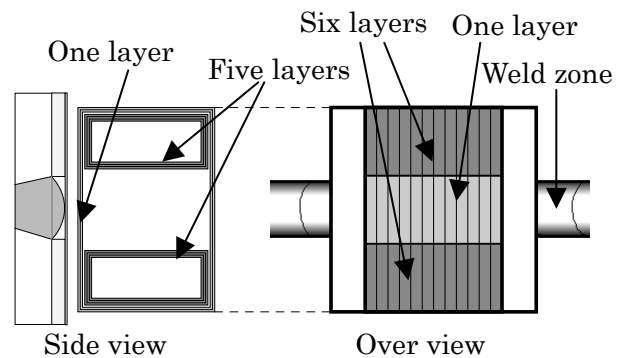


図7 新しい一様渦電流プローブ

### 3. 実験方法及び実験条件

用いたプローブの寸法は、励磁コイルは長さが 60mm、幅が 30mm、高さが 30mm であり、両端の多層部分はともに長さ 20mm である。検出コイルは長さが 45mm、幅が 4mm である。

試験体は長さ 300mm、幅 20mm、厚さ 10mm の SM490A 鋼で、この試験体の中央には幅 18mm、高さ 2mm 程度の溶接が施されており、図 8 のようにこの溶接部に沿って走査探傷を行った。溶接部上に放電加工によりつけられた、縦きずがあり、各きず長さは 10mm、幅は 0.2mm、深さは 2mm で、溶接部の止端部(Flaw a)、中央(Flaw b)、溶接幅の 2/3 の位置(Flaw c)の 3 種類ある。

試験体には塗装を想定したアクリル板を母部から 2mm の高さまで敷き、その上から探傷を行った。周波数は 20kHz を用いた。また、比較用に溶接余盛りを研磨した試験体についても同様の実験を行った。

### 4. 結果

まず、図 9 に溶接余盛りを研磨した試験体についての探傷結果を示す。(a)図は従来のプローブによる結果、(b)図は新しいプローブによる結果である。Flaw a、Flaw b、Flaw c どのきずも余盛りが無い場合は比較的高感度できずを検出できていることがわかる。溶接止端部の Flaw a に関しても Flaw c と比較すると若干の振幅の減少は見られるが、溶接部雑音に対して十分な信号振幅を得られている。

図 10 に各きずの信号振幅を溶接部の中央にあるきずの信号振幅を 1 として正規化したグラフを示す。余盛りの無い試験体の場合、励磁コイルが単層の従来のプローブと比べて励磁コイルを多層にした新しいプローブは、溶接部の止端部にある Flaw a のきず信号振幅の減少が抑えられていることがわかる。励磁コイルの端の巻数を増やすと、プローブの中央から離れている場所でも渦電流の電流密度が十分に大きくなる。

図 11 は溶接余盛りの在る試験体についての探傷結果である。(a)図は従来のプローブによる結果、(b)図は新しいプローブによる結果

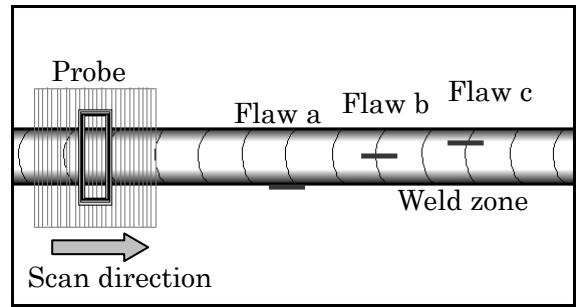
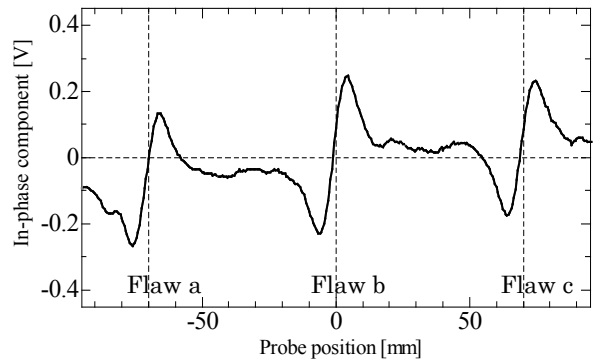
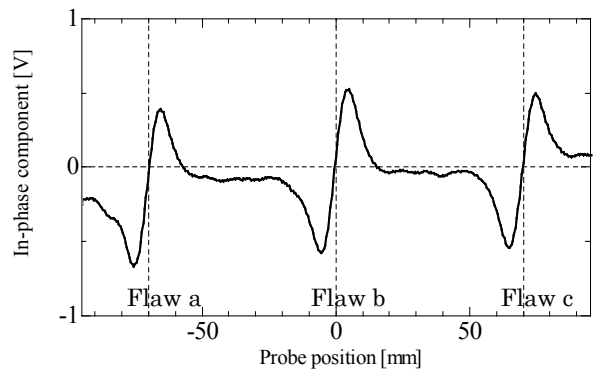


図 8 探傷方法



(a) 従来のプローブ



(b) 新しいプローブ

図 9 余盛りの無い試験体の探傷結果

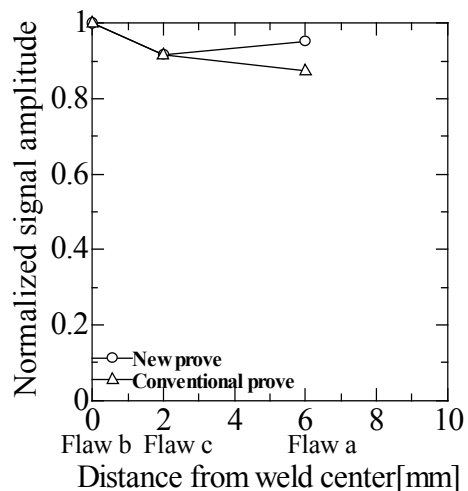


図 10 余盛りの無い試験体のきず信号振幅

である。溶接余盛りの在る場合では、余盛りを研磨した場合と比べて溶接部の雑音が大きく出てしまっている。また、Flaw b と Flaw c は十分なきず信号が得られているが Flaw a はきず信号振幅が小さくなってしまっている。しかし、従来のプローブと比べて新しいプローブでは、若干信号振幅が大きくなっており、きずの判別がしやすくなっている。

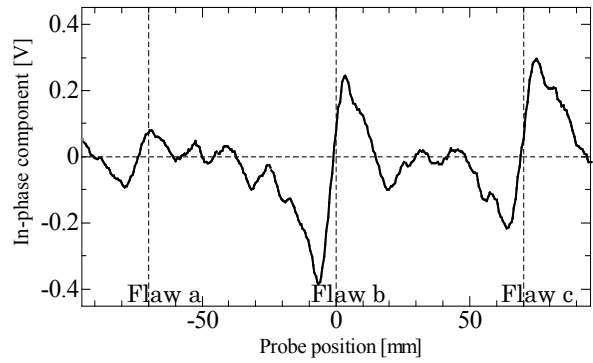
図 12 は図 10 と同様に溶接部の中央のきずの信号振幅を 1 として各きずの信号振幅を正規化したものである。余盛りの在る試験体の場合、従来のプローブと新しいプローブの両方とも、Flaw a のきず信号振幅が急激に小さくなっていることがわかる。これは溶接部中央のきず Flaw b が溶接余盛りの頂上にあるのに対して、Flaw a は溶接部と母材部の境目にあり、溶接余盛りの高さ約 2mm 程度リフトオフが違うためである。しかし、この場合も従来のプローブと比べて新しいプローブは Flaw a での信号振幅の減少が抑えられていることがわかる。

### 5. おわりに

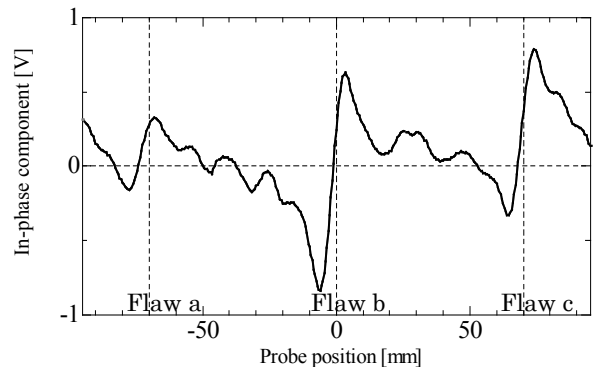
一様渦電流プローブを用い溶接部に沿って走査探傷を行うことで、一度の走査で溶接部全面の横きずと縦きずを検出できることをすでに確認している。今回用いた励磁コイルの端の巻数を増やした新型の一様渦電流プローブは、従来のプローブでは精度の高いきず検出が困難であった溶接止端部のきずの信号振幅を改善することができ、感度高いきず検出が行える。

### 参考文献

- 1) 小山潔、前田雅史、星川洋：「一様渦電流プローブによる溶接部の探傷試験について」、保守検査シンポジウム、p.5-10 (2003)
- 2) 三登康雄、小山潔、星川洋：「一様渦電流プローブを用いた溶接部の渦電流探傷試験について」、第 37 回日本大学生産工学部学術講演会、p.45-48(2004)



(a) 従来のプローブ



(b) 新しいプローブ

図 11 余盛りの在る試験体の探傷結果

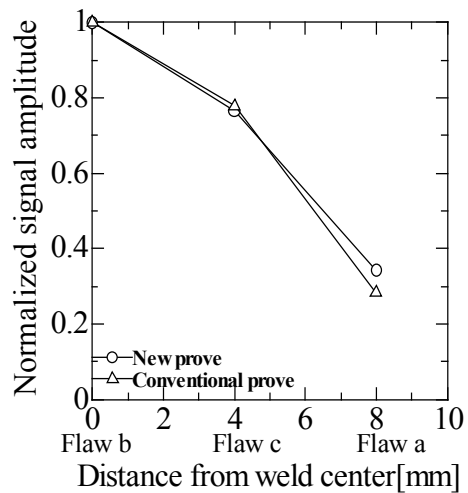


図 12 余盛りの在る試験体のきず信号振幅