- 様渦電流プローブを用いた溶接部の渦電流探傷試験に関する研究

日大生産工(院) 河手 雄大 日大生産工 小山 潔・星川 洋

1.はじめに

石油備蓄タンクやプラント等において安全 性を確保するために、溶接部に対して定期的 な検査が行われている。この検査に従来は磁 粉探傷試験が用いられていたが、溶接部に防 錆等の塗装がされている場合には塗装を剥が す手間がかかる。そこで、非接触できず検出 が可能なため塗装上からの検査が可能な渦電 流探傷試験が適用されている。

従来から渦電流探傷試験に用いられている プローブとして上置プローブがある。しかし プローブと試験体との相対距離であるリフト オフの変化の影響を受けてしまう。現在、こ の影響を原理的に受けないプローブとしてク ロスポイントプローブ^{1),2)}が溶接部の探傷試 験に実用化されている。しかしこのプローブ はコイルの径が小さいため複数回の走査探傷 が必要である。

そこで、原理的にリフトオフ変化による雑 音が発生しなく、励磁コイルと検出コイルの 径を溶接幅よりも長くすることにより、溶接 部全面を一度の走査で探傷が可能である一様 渦電流プローブ 3を適用した。しかし、従来 の一様渦電流プローブでは溶接部の形状、母 材部と溶接部の電磁気特性の影響により、ノ イズが発生してしまう。そこで、溶接部と平 行方向の磁束を一様にすることでノイズが低 減し、SN 比が改善するのではないかと考え た。励磁コイルにより発生した溶接部と平行 方向の磁束を一様に近づけるために、励磁コ イルを3つに分割して両端と中央で違う電圧 を加えられる構造としたプローブを適用した。 その結果溶接部と平行方向のきず検出に際し て、SN 比の改善が見られたので報告する。

2. 一様渦電流プローブによる探傷原理 一様渦電流プローブの基本的な構造を図 1 に示す。矩形縦置きの励磁コイルと、プロー ブの中心下部に置かれた矩形横置きの検出コ

イルより構成されている。このプローブを励



図3 漏洩磁束による探傷原理

Study on Eddy Current Testing of Weld Zone by a Uniform Eddy Current Probe Yudai KAWATE, Kiyoshi KOYAMA and Hiroshi HOSHIKAWA 磁コイルの巻線方向と直交方向に走査し探傷 する。

励磁コイルに交流電流を流すと、試験体表 面には図2のように励磁コイルの巻線方向と 垂直に磁束が誘導される。試験体にきずが無 い場合、この磁束は試験体を通過し検出コイ ルと鎖交しないため、検出コイルに起電力は 発生しない。溶接部と垂直方向のきず(以下、 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 部が空気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。 プローブの真下に横きずがある場合、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。

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 方向へ渦電流を誘導する。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。溶接部と平行方向のき ず(縦きず)がある場合、図 5 の様に渦電流は 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。プローブの真下に縦きずが ある場合、渦電流の流れは変化するが、左右 対称となるためきず信号は発生しない。

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縦きずと横きずが あっても、一度の走査できず信号を検出する ことができる。

図 6(a)のように、従来の一様渦電流プロー ブでは励磁コイルに電圧を加えると、励磁コ イル両端の電流密度が小さいことや、溶接部 の形状や溶接部の電磁気特性の影響により、 試験体表面に発生する試験体と平行方向の磁 束は励磁コイル中央で大きくなると考えられ る。図 6(b)のように今回用いた新型のプロー ブでは、励磁コイルが3つに分かれており両 端と中央に異なる電圧をかけられるため両端 と中央から発生する磁束を調整でき、磁束を 一様に近づけることが可能である。



Flàw

Scan direction

図5 渦電流による探傷原理



図6 従来のプローブと今回用いたプローブ による溶接部と平行方向の磁束

3.実験条件および実験方法

今回用いたプローブの励磁コイルは3つに 分かれており、左右の励磁コイルは直列につ ながれている。また、励磁コイルの幅と巻き 数は両端と中央共に等しい。プローブの寸法 は、励磁コイルの長さが60mm、高さと幅が 30mm である。検出コイルは長さ45mm、幅 が4mm である。励磁コイルと検出コイル共 に溶接幅よりも十分に長い。

まず励磁コイル巻線に対して垂直方向の磁 束を測定するために、縦巻きの検出コイルを 固定し、励磁コイルを垂直方向に通過させて 起電力を測定した。励磁コイルの両端の電圧 を10V一定とし、中央の電圧を変化させた。

次に、これらの異なる電圧を加えたプロー ブを図7のように溶接部に沿って走査探傷を 行った。試験体は長さ300mm、幅200mm、 厚さ10mmのSM490A鋼で、この試験体の 中央に幅が18mm、余盛りの高さが2mm程 度の溶接が施されている。溶接部上には放電 加工によりつけられた縦きずがある。各きず の形状は同じであり、きずの位置が異なる。 長さは10mm、幅0.2mm、深さ2mmであり、 位置は図7のように溶接部の止端部(Flaw a)、 中央部(Flaw b)、溶接幅の2/3の位置(Flaw c) の3種類である。

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

4. 実験結果

図8に、プローブの両端の電圧を10V一定 とし、中央に異なる電圧を加えた場合のプロ ーブ位置に対するコイルの起電力変化を表し、 溶接部と平行方向の磁束と等価である。中央 の励磁コイルに10V加えた磁束は、プローブ 位置が中央に近づくほど大きくなった。これ は、磁束が発散するため、左右の励磁コイル による磁束が中央の励磁コイルによる磁束を 増徴させたと考えられる。また、中央の励磁 コイルに 5.2V加えた時の試験体と平行方向 の磁束は励磁コイル下で一様に近い結果が得 られた。

図 9 に溶接余盛がある試験体についての探 傷結果を、きず中央から左右に 30mm をきず





磁束の比較



(b)中央 5.2V、両端 10V で測定 図 9 余盛がある試験体の探傷結果

信号とし、それ以外をノイズとして示した。

(a)図は中央 10 V加えた場合と 5.2 V加え た場合を比較すると、5.2 Vの信号振幅は 10 Vに比べて小さいが、ノイズ小さく探傷でき ていることがわかる。

図 10 に溶接余盛を研磨した試験体につい ての探傷結果を、きず中央から左右に 30mm をきず信号とし、それ以外をノイズとして示 した。(a)図は中央に 10 Vかけて探傷した結果、 (b)図は中央に 5.2 Vかけて探傷した結果であ る。中央に 10 Vかけた場合と 5.2 Vかけた場 合を比較すると、明確にノイズの差が出てい ることがわかる。

表1に探傷結果のSN比を示す。(a)図は余 盛がある場合、(b)図は余盛がない場合である。 余盛がある場合の結果について中央が0Vの 時、すべてのきずでSN比は2以下であり探 傷が困難であると言える。また中央が10Vの 時と5.2Vの場合を比較するとFlawa、Flaw b、Flawc共に中央が5.2Vの方がSN比が高 い。余盛がない場合についてはどの電圧を用 いても探傷可能であると言えるが、中央が5.2 Vの場合に高いSN比を得られた。

5.まとめ

ー度の走査で溶接部全面の探傷をするため に、溶接幅よりも長い矩形の励磁コイルと検 出コイルの一様渦電流プローブを溶接方向に 走査探傷した。また、励磁コイルにより発生 した試験体と平行方向の磁束を一様に近づけ るために、励磁コイルを3つに分割して両端 と中央で違う電圧をかけられる構造とした。

その結果、溶接部と縦きずの検出に際して、 試験体と平行方向の磁束を一様に近づけて探 傷することで、磁束が一様でない場合に比べ てSN比高くきず検出できることが分かった。 また、横きずの検出に際しては、試験体と平 行方向の磁束が一様でない場合と同等のきず 検出が可能であった。なお、磁束の測定を今 回は簡単のため空気中で行った。今後は他の 電圧を用いてSNの改善を計る予定である。



表1 SN比の比較

重圧(V) (中央 - 両端)	Flaw a	Flaw b	Flaw c
0-10	0.60	1.28	1.65
5.2 - 10	1.75	4.89	4.33
10 10	1.52	4.26	3.29

(a)余盛あり

<u>電圧(V)</u> (中央 - 両端V)	Flaw a	Flaw b	Flaw c
0-10	5.34	11.39	7.52
5.2-10	12.99	14.92	13.74
10 - 10	9.23	9.13	9.81
10-10	9.23	9.13	9.81

(b)余盛なし

参考文献

1)K.Krzywosz:Latest Eddy Current Applications in the Nuclear Industry,Proceedings of the 13th International Conference on NDE, pp.61-65,(1995) 2)D.Bouden and I. Lemahieu :Use of Blind Deconvolution to Restore Eddy current Data from Non-destructive Testing of Defects in Welds,Review progress of QNDE,18,pp.743-750,(1998) 3)三登康雄、小山潔、星川洋:「一様渦電流プロープを

3)ニ豆康雄、小山溪、星川洋:「一様洞竜流ノローノを 用いた渦電流探傷試験」、平成17年電気学会 基礎・ 材料・去通部門大会、VII-8(2005)