

磁気飽和型低周波渦電流試験による鋼板厚さ測定の基礎的検討

日大生産工(学部) ○石塚 卓也
日大生産工 小井戸 純司

1 まえがき

オフィスやマンション等のビルには、上下水道、冷温水、排水等の配管が多く存在している。これらの大部分は鋼管であるため腐食が発生する。そのため、管の腐食を点検するの必要があり、鋼板の腐食検出や厚さ測定の検査の需要がある。現在、使われている試験方法として超音波試験や、放射線透過試験があるが、これらはすべて部分的な検査しかできないので信頼性は低い。

そのため、渦電流試験によって全数検査的に粗探傷を行ないたいが、試験体が鉄なので透磁率が高いため表皮効果が強い。また、渦電流試験では、材料の磁気特性のばらつきが抑えきれない場合はその影響を受け、測定精度が低くなる。そこで、試験体を直流磁気飽和することでこれらの影響を抑制する。

しかし、現在、市販されている装置では、センサに差動コイルを用いるため、絶対的な厚さは測定できないので、磁気飽和を併用した渦電流試験において、単一コイルを用いることを提案する。さらに、信号の取り出し方を工夫して厚さと信号との相関関係を高めることにより、絶対的な鋼板の厚さ測定を可能とすることが本研究の目的である。

2 実験方法および測定方法

プローブと測定システムを図1に示す。渦電流試験のセンサは自己誘導形単一方式の上置コイルである。これを取り囲んで巻線を施したコの字型の磁気コアを設置する。この磁気飽和用電磁石は、高速大電力増幅器の出力に接続され、増幅器には任意波形の制御入力を、PCのDAコンバータの出力より加える。これにより、鋼板の励磁方法を任意にかつ容易に制御することができる。

渦電流試験器のベクトル出力は、PCのADコンバータの入力に加えられ、デジタルデータとして採取される。本研究による方法は、無励磁のときと磁気飽和したときの試験コイルのインピーダンスの差と厚さの相関を利用するものである。鋼板が消磁されていれば、磁気的な状態は図2の原点Oに示される点にある。しかし、現実的には何らかの励磁を受けてしまい、B-H曲線のH=0の軸上の任意の位置にあるため、これを基準点とすると状態が定まらないために、インピーダンス差がばらつくことになる。そこで、図2に示したように、一度励磁磁界を H_m まで上げた後にH=0まで下げ、磁化の状態を残留磁荷に対応するC点に定めることにより、インピーダンス差のばらつきを軽減できるものとする。そこで、2度励磁電流を流した後に、3度目に励磁電流を流したときと、その後、励磁電流を0にしたときのインピーダンスに対応する渦電流探傷器の出力電圧を測定する。

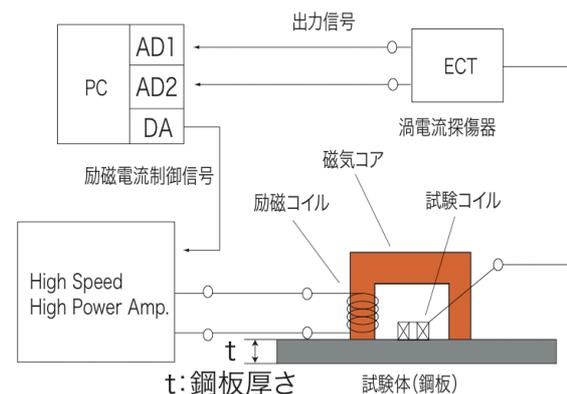


図1 磁気飽和型LFECTの測定システム

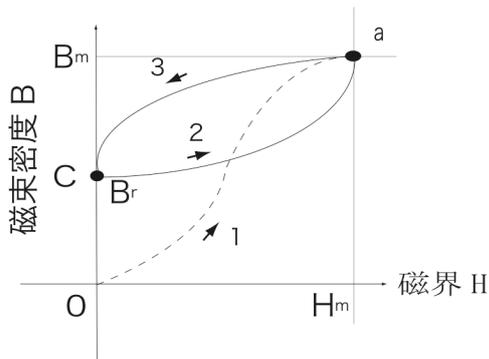


図2 鋼板の励磁方法の模式図

4 実験結果および検討

試験体としては、厚さが1~6mmのSS400の鋼板を用意した。渦電流試験のプロローブは、図1に示した構造のものを作製した。磁気コアはケイ素鋼板を40枚積層したものをを用いた。高速大電力増幅器は直流電流を60Aまで流せる。検出コイルは、外径10mm、巻き数100回の単一方式である。本研究では励磁に対する過渡特性を測定するために、インピーダンスメータに替わり渦電流試験器を用いた。試験周波数は10kHzとした。

図3は、厚さ4mmの鋼板に励磁磁界（励磁電流12A）を加えた瞬間から1秒間の渦電流信号の変化を示している。

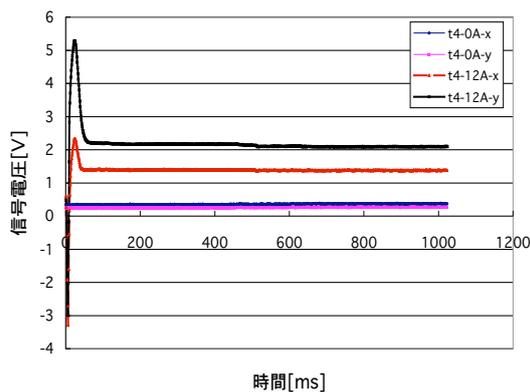


図3 渦電流信号の過渡特性

直流磁界が加えられると鋼板内の磁気的な状態は変化し、有限の時間経過後に安定する。約100ms後は状態が安定しているように見えるが、厚さによって異なるので、今後の検討が必要である。

図4は、鋼板厚さ1~4と6mmに対し、それぞれの900msから1sの間の渦電流探傷器の出力電圧差の平均値で描いた、複素電圧平面上のベクトル出力電圧の軌跡である。同図では、磁気飽和してから励磁を0Aにしたときの、残留磁荷の状態を基準としている。

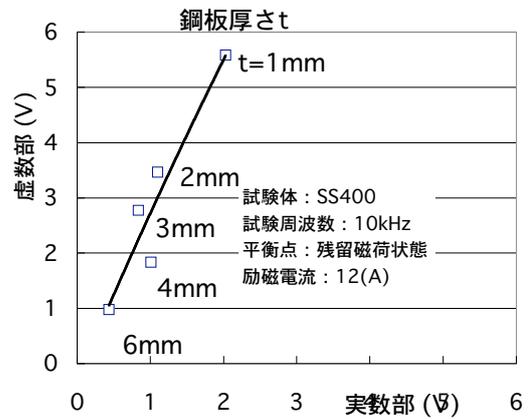


図4 出力電圧軌跡

厚さ6mmでは、飽和させたときの電圧が1V程度であるが、鋼板が薄くなるにつれて電圧は直線的に高くなる。直線的であることから、位相にほぼ変化がないことがわかる。また、鋼板の厚さと信号電圧変化の絶対値との関係は、図5のように良好である。

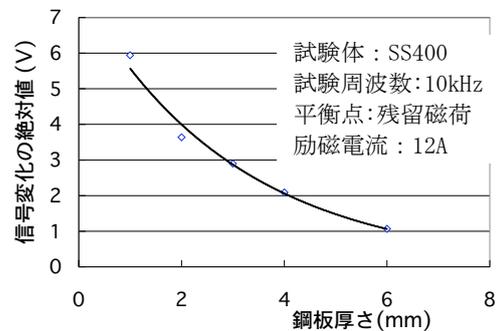


図5 鋼板厚さ対信号振幅

5 まとめ

磁気飽和後の残留磁荷の状態と、磁気飽和時の状態に対応した渦電流信号の差は、鋼板の厚さと良い相関がある。

今後の課題としては、渦電流信号が安定するまでの過渡特性と鋼板厚さとの関係を検討する。これにより、厚さに関する情報が増加するものと期待され、これによって、リフトオフの影響を抑制することを検討したい。

「参考文献」

- 1) 斎藤、小井戸、低周波渦電流試験による鋼板厚さ測定の基礎的検討、非破壊検査協会、平成19年度春季大会後援概要集、pp. 213-214(2007)
- 2) 近角、物性科学入門、愛華房、p. p279-281(1999)